

I. Atala / Sección I

**Bizkaiko Lurralde Historikoko Foru Administrazioa
Administración Foral del Territorio Histórico de Bizkaia****Foru Aldundia / Diputación Foral****Herri Lan eta Garraio Saila**

Bizkaiko Foru Aldundiaren 91/2012 FORU DEKRETUA, apirilaren 24koa, Errepideetako Tuneletako Segurtasun eta Ustiapen Jarraibide Teknikoak onartzen dituena.

ARRAZOIEN AZALPENA

Azken hamarkadetan, Europako hainbat tuneletan gertatu diren istripu larriek kostu zuzen nahiz zeharkako altuak eragin dituzte, eta, gainera, kontuan hartzen badugu tunelak eta horien instalazioak apurka-apurka zahartzen ari direla, azpiegitura horiek geroz eta trafiko handiagoa jasaten dutela eta tunelak geroz eta gehiago erabiltzen direla ingurumenean eragin baxua duten eta irtenbide ekonomiko ezin hobea osatzen duten eraikuntza-irtenbide gisa, gizarteak azpiegitura horien segurtasuna, eta, ondorioz, pertsonen segurtasuna hobetuko duten erabaki politikoak hartzeko eskatu du.

Horrenbestez, 2004. urtean, Europako Parlamentuak eta Europar Batasuneko Kontseiluak 2004/54/CE Zuzentaraua ezarri zuten 2004ko apirilaren 29an, Europa Barneko errepideen sareko tuneletako errepideen erabiltzaileei gutxieneko segurtasun-maila bermatzeko, 500 metrotik gorako luzera duten errepideetan, horiek proiektu-fasean nahiz eraikuntzan egon.

Zuzentarau honek estatu-kideak behartzen ditu neurri hau beren esparru juridikoetan aplikatzera, eta, gainera, ezaugarri horiek dituzten tunelak egokitzeko epeak ezartzen ditu.

Bizkaiko Foru Aldundiak bere Lurralde Historikoko errepide eta bideen planifikazio, proiektu, eraikuntza, kontserbazio, aldaketa, finantziario, erabilera eta ustiapenean duen eskumen eksklusiboan oinarrituta, Autonomia Erkidegoko Erakunde Komununen eta horien Lurralde Historikoetako organo foralen arteko harremanei buruzko azaroaren 25eko 27/1983 Legearen arabera, Aldundiak errepideetako tuneletako segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua onartu zuen. Dekretu horrek, nahitaez bete beharreko barne-araudia errespetatuta, Zuzentaraua Bizkaiko berezitasunetara egokitu zuen eta eskakizunak Bizkaiko errepideen foru-sareko tunel guztietara hedatu zituen.

Dekretu horrek honakoa dio xedapen gehigarri bakarrean: «Foru Administrazioak, Euskal Autonomia Erkidegoko Errepideen Plan Orokorra Arautu duen Legean ezarritakoaren arabera, Tunelen Segurtasunerako Jarraibide Tekniko hauek jarriko ditu indarrean». Halaber, azken xedapenetako lehenagoak honakoa ezartzen du: «Bizkaiko Foru Aldundiak, Herri Lan eta Garraio Sailak proposatuta, dekretu hau garatzeko araudia onetsiko du», hau da, errepideetako tuneletako Segurtasun eta Ustiapen Jarraibide Teknikoak.

Ondorioz, Foru Aldundiak, abuztuaren 20ko 134/2008 Foru Dekretuaren bidez, onartu egin zituen errepideetako tuneletako Segurtasun eta Ustiapen Jarraibide Teknikoak, orain arte indarrean egon direnak eta, zalantzarik gabe, Bizkaiko errepideetako tuneletako segurtasuna finkatzeko orduan lagundu dutenak. Bere zehaztasun-maila, kalitate tekniko eta berritasunari esker, neurri handi batean, dekretua errepide bidezko garraioaren sektorerako erreferente bilakatu da.

Argitaratu zenetik konplexutasun handiko tunelak gauzatu dira obra handietan eta eskala handiko proiektuak garatu dira. Horrenbestez, segurtasunari, eta, bereziki, ezarritako neurrien eraginkortasunari eta hasierako beste baldintza batzuk aplikatzeko zailtasunari buruzko esperientzia garrantzitsua batu ahal izan da.

Departamento de Obras Públicas y Transportes

DECRETO FORAL de la Diputación Foral de Bizkaia 91/2012, de 24 de abril, por el que se aprueban las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras.

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

En las últimas décadas, los graves accidentes ocurridos en varios túneles europeos con sus elevados costes tanto directos como indirectos, unido al envejecimiento paulatino que se venía produciendo en los túneles existentes y sus instalaciones, con el incremento del volumen de tráfico que soportan estas infraestructuras y al cada vez mayor uso de los túneles como soluciones constructivas de menor impacto ambiental y óptima solución económica, han movido a la sociedad a exigir la adopción de decisiones políticas encaminadas a mejorar la seguridad de estas infraestructuras y en consecuencia la seguridad de las personas.

Así en el año 2004, el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión europea adoptan el 29 de abril de 2004 la Directiva 2004/54/CE con el objetivo de garantizar un nivel mínimo de seguridad a los usuarios de la carretera en los túneles de la Red Trans-europea de carreteras, cuya longitud supere los 500 metros, tanto si están en fase de proyecto como en construcción.

Esta Directiva obliga a los Estados miembros a transponerla a sus respectivos marcos jurídicos y marca además plazos para la adaptación de los túneles existentes de esas características.

En base a la competencia exclusiva de la Diputación Foral de Bizkaia en la planificación, proyecto, construcción, conservación, modificación, financiación, uso y explotación de carreteras y caminos de su Territorio Histórico, según Ley 27/1983, de 25 de noviembre de Relaciones entre las Instituciones Comunes de la Comunidad Autónoma y los órganos forales de sus Territorios Históricos (LTH), la Diputación aprobó el Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto sobre seguridad de túneles en carreteras que supuso, respetando la normativa interna de obligado cumplimiento, la adaptación de la Directiva a las especificidades de Bizkaia y la extensión de los requerimientos a todos los túneles de la red foral de carreteras de Bizkaia.

Este Decreto en su disposición adicional única señala, «La Administración Foral, de acuerdo con lo establecido en la Ley Reguladora del Plan General de Carreteras del País Vasco, pondrá en vigor las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación de túneles». Y asimismo en la disposición final primera establece «La Diputación Foral de Bizkaia, a propuesta del Departamento de Obras Públicas y Transportes aprobará la normativa de desarrollo del presente Decreto Foral», es decir las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en túneles de carreteras.

Consecuentemente, la Diputación Foral aprobó por Decreto Foral 134/2008, de 20 de agosto, las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en túneles de carreteras, que han permanecido en vigor hasta la fecha y han contribuido, sin duda, a afianzar el aseguramiento de la seguridad en los túneles de carreteras de Bizkaia. Su grado de especificidad, calidad técnica y primicia ha contribuido, en buena medida a ser considerada referente para el sector del transporte terrestre por carretera.

Desde su publicación, se han realizado grandes obras que incluían túneles de gran complejidad, así como desarrollo de proyectos de gran escala, que han permitido acumular una experiencia importante sobre la seguridad y en especial, sobre la eficacia de las medidas establecidas así como de la dificultad de la aplicación de otros requisitos iniciales.

Horrez gain, kontuan hartu beharra dago tuneletako segurtasun-instalazioetan erabilitako teknologiak etengabe garatzen ari direla eta aldaketa teknologikoetara egokitu beharra dagoela. Era berean, aplikatu beharreko araudi berrietara ere egokitu behar da.

Beste herrialde europar batzuetan gertatzen ari den bezala, ezinbestekoa da gizartearen eskaera berrietara, garraioa erabiltzeko ohitura berrietara eta egungo egoera ekonomiko berrira egokitzea. Azken horrek, hain zuzen ere, aurrekontuari eustera behartzen gaitu eta, seguru asko, luzerako izango da.

Hori dela eta, kasuan kasu lortu nahi den segurtasun-maila eskuratzeko beharrezko neurriak ezartzeko orduan malgutasun handiagoa izan behar da, antzeko tunelen artean batasun-irizpideak mantenduta. Hortaz, neurri eraginkorrak eskatu behar dira segurtasunari kalterik eragin gabe, eta, horregatik, errepideetako tuneletako Segurtasun eta Ustiapen Jarraibide Tekniko Berriak onartzeko planteatu da.

Beraz, lehen adierazitakoa kontuan hartuta, Foru Dekretu honen helburua tunel baten bizi-zikloko fase guztietan zaindu beharreko segurtasun-elementuei buruz eskatutako baldintza teknikoak zehaztea da: proiektua, eraikuntza, abiaraztea eta ustiapena. Dekretuaren aplikazio-eremua Bizkaiko Lurralde Historikoko errepideen sareko tunelak izango dira, Bizkaiko errepideei buruzko marxoaren 24ko 2/2011 Foru Arauari jarraiki.

Horren arabera, Herrilan eta Garraioko foru diputatuak proposatuta, eta Gobernu Kontseiluak 2012ko apirilaren 24ko bileran eztabaidatu eta onartu ondoren, honakoa

XEDATU DUT:

Artikulu bakarra

Onartu egingo da jarraian adieraziko diren Errepideetako Tuneletako Segurtasun eta Ustiapen Jarraibide Tekniko berriak zehazten dituen Foru Dekretua. Horren gaineko testu osoa Eranskin gisa erantsi da.

- Errepideetako Tuneletako Segurtasun eta Ustiapen Jarraibide Teknikoak:
 - I: Azpiegitura.
 - II: Energia elektrikoa.
 - III: Argiztapena.
 - IV: Aireztapena.
 - V: Suteetatik babesteko sistema.
 - VI: Segurtasun, zaintza eta kontrolerako sistemak.
 - VII: Tunelen ustiapena.

XEDAPEN INDARGABETZAILE

Bakarra

Indargabetuta geratu dira abuztuaren 20ko 134/2008 Foru Dekretua eta administrazioko xedapen orokorrak, baldin eta horien edukia Foru Dekretu honetan ezarritakoaren aurka badoa, xedapen iragankorretan adierazitakoari kalterik eragin gabe.

XEDAPEN IRAGANKORRAK

Lehenengoa.—*Proiektu-fasean dauden eta Administrazioko Agintaritzak onartu ez dituen tunelak*

6 hilabeteko epe iragankorra ezarri da, Dekretu hau indarrean sartzetik aurrera, hasita dauden eta 134/2008 Foru Dekretuko jarraibide teknikoetan xedatutako eskakizunen arabera diren proiektuen tramitazioa amaitu ahal izateko. Epe iragankor horretan, errepideetako tuneletako segurtasunari buruzko 135/2006 Foru Dekretuko II. eranskinean deskribatzen den proiektua onartzeko prozedura osatu beharko da.

Epe hori iraganda, proiektu guztiek Dekretu honetan ezartzen diren baldintzak bete beharko dituzte.

Bigarrena.—*Onartutako proiektua duten eta eskaini ez diren tunelak*

134/2008 Foru Dekretuko jarraibide teknikoetan xedatutako baldintzen arabera onartutako proiektua duten eta Dekretu hau inda-

Es necesario, además, tener en cuenta que las tecnologías utilizadas en las instalaciones de seguridad de los túneles están en continuo desarrollo, y se exige la adaptación a los cambios tecnológicos. Sin olvidar la necesidad de adaptarse igualmente a las nuevas normativas que sean de aplicación.

De manera análoga a lo que viene ocurriendo en otros países europeos, se hace imprescindible adaptarse a las nuevas exigencias de la sociedad, a los nuevos hábitos del uso del transporte, así como a la situación económica que nos embarga con una exigencia de contención presupuestaria que se prevé duradera en el tiempo.

Resulta así pues conveniente, dotar de una mayor flexibilidad al establecimiento de las medidas que sea precisas para alcanzar el nivel de seguridad deseable en cada caso, manteniendo criterios de uniformidad entre túneles similares. Se trata, por tanto, de exigir medidas eficaces pero más eficientes sin menoscabo de la seguridad y es por ello que se plantea la aprobación de las nuevas Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en túneles de carretera.

Por ello, teniendo en cuenta lo antes indicado, el objetivo del presente Decreto Foral es definir, los requisitos técnicos exigidos sobre los componentes de seguridad que deberán guardarse en todas las fases del ciclo de vida de un túnel: proyecto, construcción, puesta en servicio y explotación, siendo su ámbito de aplicación los túneles de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según la Norma Foral 2/2011, del 24 de marzo de carreteras de Bizkaia.

En su virtud, a propuesta de la diputada foral de Obras Públicas y Transportes y previa deliberación y aprobación del Consejo de Gobierno en sesión celebrada el 24 de abril de 2012,

DISPONGO:

Artículo único

Se aprueba el Decreto Foral por el que se determinan las nuevas Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras que a continuación se detallan, y cuyo texto íntegro se adjunta a la presente a modo de Anexo:

- Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras:
 - I: Infraestructura.
 - II: Energía eléctrica.
 - III: Alumbrado.
 - IV: Ventilación.
 - V: Sistema de protección contra incendios.
 - VI: Sistemas de seguridad, vigilancia y control.
 - VII: Explotación de túneles.

DISPOSICIÓN DEROGATORIA

Única

Queda derogado el Decreto Foral 134/2008, de 20 de agosto, y todas aquellas disposiciones administrativas de carácter general cuyo contenido se oponga a lo establecido en el presente Decreto Foral, sin perjuicio de lo indicado en las Disposiciones Transitorias.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera.—*Túneles en fase de proyecto no aprobado por la Autoridad Administrativa*

Se establece un periodo transitorio de 6 meses, a partir de la entrada en vigor de este Decreto, para que se pueda finalizar la tramitación de aquellos proyectos, que estando iniciados, sean conformes a los requisitos dispuestos en las instrucciones técnicas del DF 134/2008. En este periodo transitorio deberán completar el procedimiento de aprobación del proyecto que se describe en el anexo II del DF 135/2006 de seguridad de túneles en carreteras.

Transcurrido dicho plazo, todos los proyectos deberán cumplir los requisitos que en este Decreto se establecen.

Segunda.—*Túneles con proyecto aprobado y no licitados*

En el caso de túneles con el proyecto aprobado conforme a los requisitos dispuestos en las instrucciones técnicas del Decreto Foral

rrean jarri den unean eskaini ez diren tunelen kasuan, tunelaren kudeatzaileak baldintza berrietara egokitzen ote den aztertu beharko du, eta, beharrezkoa bada, proiektua aldatzeko agindu beharko du, obrak fisikoki hasi baino lehen.

Ikuskaritza Organismoak gainbegiratu beharko du horrela eguneratutako proiektuaren aldaketa, eta, obrei benetako hasiera emateko, adostasuna adierazten duen txostena egin beharko da.

Hirugarrena.—Eraikuntza-fasean edo egokitzapenean dauden tunelak

Eraikuntza edo egokitzapen horren zuzendari edo arduradunek emandako informazioari jarraiki Administrazio Agintaritzaren ustez Foru Dekretu hau indarrean sartu ondorengo 4 hilabeteen barruan amaituko ez diren eta eraikuntza-fasean edo egokitzapenean dauden tunelen kasuan, tunelaren kudeatzaileak berau Dekretu honen baldintzetara egokitzen ote den aztertu beharko du, eta, beharrezkoa bada, obran egin beharrezko aldaketak aginduko ditu, Dekretu honetan ezartzen diren segurtasuneko zehaztapen tekniko berrietara egokitze aldera.

Lanak amaitzean jarraitu beharrezko prozedurak, errepideetako tuneletako segurtasunari buruzko 135/2066 Foru Dekretuko II. eranskinen adierazitakoak, Dekretu honetan ezartzen diren baldintza berrien arabera izango dira.

Laugarrena.—Martxan dauden tunelak

Dekretu hau indarrean jartzean martxan dauden tunel guztiak berorren baldintzetara egokitu beharko dira.

Horretarako, tunelaren kudeatzaileak tunelak Dekretura egokitzeko plana gauzatu beharko du, eta, aurrekontu-inbertsiorako gaitasunarekin bat eginez, egokitzapen-aldi horiek ez dira inoiz 10 urtetik gorakoak izango, Dekretu hau indarrean jartzen denetik zenbatzen hasita.

Edonola ere, 2004/54/CE Zuzentarauan 500 metrotik gorako luzera duten eta Europa Barneko errepideen sarean dauden tuneletarako ezartzen diren epeak bete beharko dira.

AZKEN XEDAPENA

Foru dekretu hau «Bizkaiko Aldizkari Ofizialean» argitaratu eta biharamunean jarriko da indarrean.

Bilbon, 2012ko apirilaren 24an.

Herrilan eta Garraioko foru diputatua,
ITZIAR GARAMENDI LANDA

Ahaldun Nagusia,
JOSE LUIS BILBAO EGUREN

ERREPIDEETAKO TUNELEN SEGURTASUNERAKO FORU DEKRETUA

SEGURTASUN ETA USTIAPEN JARRAIBIDE TEKNIKOAK

I. ERANSKINA

AZPIEGITURA

1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jartzean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan oinarritzko azpiegiturak betetzeko xedapen eta zehaztapen teknikoak definitzea da.

Dokumentu honen helburua da Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburu hauek erdiestea:

Tuneletako plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eman nahi da, nork bere etapan segurtasunaren eskakizunei buruzko diseinuaren, eraikuntzaren eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezaten; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.

Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea; hala, eskatzekoa den legezko eremu gisa balioko du.

Zerbitzu-maila altuari eustea errepideetako tunelen ustiapenean, tunelen barruko aldeetan pertsonen segurtasuna eta ongi-zatea hobetzeko, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobea izan dadin lagungarria izateko ere.

134/2008, que no se hayan licitado a la entrada en vigor del presente Decreto, el Gestor del túnel deberá realizar el análisis de adecuación a los nuevos requisitos, y si fuera menester, deberá ordenar el modificado del proyecto previo al inicio físico de las obras.

El modificado del proyecto así actualizado deberá ser auditado por el Organismo de Inspección, siendo necesario un informe de conformidad para dar inicio real a las obras.

Tercera.—Túneles en fase construcción o en adecuación

Para aquellos túneles en fase de construcción o adecuación, cuya obra no se prevea finalizar, a juicio de la Autoridad Administrativa en base a la información aportada por los Directores o responsables de dicha construcción o adecuación, dentro de los 4 meses siguientes a la entrada en vigor del presente Decreto Foral, el Gestor del túnel deberá realizar el análisis de adecuación a los requisitos del presente Decreto, y si fuera menester, deberá ordenar los cambios a realizar en la obra, para ajustarse a las nuevas especificaciones técnicas de seguridad que se establecen en este Decreto.

Los procedimientos a seguir en la finalización de los trabajos, señalados en el anexo II del DF 135/2006 de seguridad de túneles en carreteras, serán de acuerdo a los nuevos requisitos que se establecen en este Decreto.

Cuarta.—Túneles en servicio

Todos los túneles en servicio a la fecha de entrada en vigor de este Decreto, deberán adaptarse a los requisitos del mismo.

Para ello el Gestor del túnel deberá realizar un Plan de adaptación de sus túneles al Decreto y en coherencia con la capacidad de inversión presupuestaria, fijar los periodos de adaptación. Estos periodos de adaptación nunca podrán ser superiores a 10 años desde la entrada en vigor de este Decreto.

Sin perjuicio del cumplimiento de los plazos establecidos en la Directiva 2004/54/CE para aquellos túneles de longitud superior a 500 metros incluidos en la red transeuropea de carreteras.

DISPOSICIÓN FINAL

El presente Decreto Foral entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial de Bizkaia».

Bilbao, a 24 de abril de 2012.

La diputada foral de Obras Públicas y Transportes,
ITZIAR GARAMENDI LANDA

El Diputado General,
JOSE LUIS BILBAO EGUREN

DECRETO FORAL DE SEGURIDAD DE TÚNELES EN CARRETERAS

INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD Y EXPLOTACIÓN

ANEXO I

INFRAESTRUCTURA

1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las infraestructuras básicas en los túneles en explotación, puesta en servicio, construcción, proyecto y planeamiento pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia, a saber:

Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.

Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.

Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

Honako alderdi hauek aztertu beharko dira oinarrizko azpiegituraren diseinuaren barruan:

- Diseinu geometrikoa:
 - Ibilbidea.
 - Zeharkako sekzioa.
- Tunelaren beste elementu batzuen diseinua:
 - Bide-zoruak.
 - Estaldura.
 - Estaldura estetikoak.
 - Drainatzea.

Tuneletako segurtasunaren gaineko azpiegitura osagarriak honako helburu hauek ditu, besteak beste:

- Ihes egiteko eta sorospena emateko lanak erraztea.
- Mantentze lanak erraztea.
- Gorabeheren eraginak murriztea.
- Gorabeherak saihestea.

Hauexek sartzen dira azpiegitura osagarriaren barruan:

- Erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak.
- Larrialdietarako ibilgailuentzako instalazioak.
- Segurtasun-nitxoak.
- Sute-nitxoak.
- Bazterguneak.

2. IRISMENA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiari ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitze fasean, proiektu fasean edo planeamenduko fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepidei buruzko martxoaren 24ko 2/2011 Foru Arauan ezarritakoaren arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaez bete beharreko segurtasun-baldintzak zehaztu ditu.

Praktikan betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurritz kanpokoak izanez gero, Administrazio Agintaritzak arriskua murrizteko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurriok segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak ikuskatuko du; Segurtasun Irizpina bidailiko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balorazioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratistaren edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen-organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen, gainbegiratze- eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erraiak itzea, seinaleak jartzea).

3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Honakoak dira tunelen oinarrizko azpiegiturekin lotutako alderdiak aipatzen dituzten arauak eta araudiak:

- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, Bizkaiko errepideetako tuneletan izan beharreko segurtasunari buruzkoa.

Dentro del diseño de infraestructura básica se deben analizar los siguientes aspectos:

- Diseño Geométrico:
 - Trazado.
 - Sección transversal.
- Diseño de otros elementos del túnel:
 - Firmes.
 - Revestimiento.
 - Revestimiento estético.
 - Drenaje.

La infraestructura auxiliar de seguridad en los túneles tienen, entre otros, los siguientes objetivos:

- Facilitar las labores de escape y socorro.
- Facilitar las labores de mantenimiento.
- Reducir las afecciones producidas por incidentes.
- Evitar incidentes.

Dentro de la infraestructura auxiliar se incluyen:

- Instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia.
- Instalaciones destinadas a vehículos de emergencia.
- Nichos de seguridad.
- Nichos de incendios.
- Apartaderos.

2 ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/2011, del 24 de marzo de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

En el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

A continuación se citan Normas y Reglamentos que hacen referencia a aspectos relacionados con las infraestructuras básicas en los túneles:

- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras de Bizkaia.

- Europako Parlamentuak eta Kontseiluak 2004ko apirilaren 29an emandako 2004/54/CE Zuzentaraua, Europaz gaindiko Sareko Tuneletako segurtasunaren gutxieneko eskakizunei buruzkoa.
- 2004/54/EE Zuzentarauko akats-zuzenketa.
- Martxoaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tunelen segurtasunerako gutxieneko baldintzei buruzkoa.
- 2006ko uztailaren 31ko 635/2006 Errege Dekretuko akatsen zuzenketa.
- Errepideen Jarraibidea, 3.1-IC Araua, Trazaketa.
- Euskal Autonomia Erkidegoko errepideen sareko bide-zoruen neurriak ezartzeko arau teknikoa. 2007ko uztailaren 12ko Agindua.
- «Bide-Zoruen Atalak» 6.1-IC Errepideen jarraibidea.
- «Bide-Zorua Birgaitzea» 6.3-IC Errepideen jarraibidea.
- «Drainaketa» 5.1-IC Errepideen jarraibidea.
- «Azaleko drainaketa» 5.2-IC Errepideen jarraibidea.
- UNE arauak.
- Ministerioen arteko 2000-63 zirkularren 2. eranskina, 2000ko abuztuaren 25ekoa, errepideen sare nazionalen tunelen segurtasunari buruzkoa (Frantzia).
- Ministerio arteko 2006-20 zirkularra, 2006/03/29koa, 300 metrokoak baino luzeagoak diren errepide-tunelen segurtasunari buruzkoa. 2000/08/25eko ministerio arteko 2000-63 zirkularra baliogabetu du, 2. eranskina izan ezik. Horrek indarrean jarraitzen du. (Frantzia).
- CETU- Dossier pilote des tunnels. (Frantzia).
- 312/2005 Errege Dekretua, martxoaren 18koa, eraikuntza-produktuen eta eraikuntza-elementuen sailkapena, suaren aurrean dituzten erantzun- eta erresistentzia-ezaugarrien arabera, onetsi duena.
- Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre requisitos mínimos de seguridad en Túneles de la Red TransEuropea de carreteras.
- Corrección de errores de la Directiva 2004/54/CE.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 635/2006, de 31 de julio 2006.
- Instrucción de Carreteras, Norma 3.1-IC, Trazado.
- Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco. Orden del 12 de julio de 2007.
- Instrucción de Carreteras 6.1-IC «Secciones de firmes».
- Instrucción de Carreteras 6.3-IC «Rehabilitación de firmes».
- Instrucción de Carreteras 5.1-IC «Drenaje».
- Instrucción de Carreteras 5.2-IC «Drenaje superficial».
- Normas UNE.
- Anexo 2 de la Circular interministerial Número 2000-63 del 25 de agosto de 2000 relativa a la seguridad en los túneles de la red nacional de carreteras (Francia).
- Circular Interministerial Número 2006-20 del 29/03/2006, relativa a la seguridad de túneles de carreteras de longitud superior a 300 metros. Anula a la Circular Interministerial número 2000-63 del 25/08/2000, a la excepción del Anexo 2, que se mantiene en vigor (Francia).
- CETU- Dossier pilote des tunnels. (Francia).
- Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y resistencia frente al fuego.

4. DISEINU GEOMETRIKOA

4.1. Sarrera

Funtzionaltasunaren gaineko elementuez, luraren ezaugarri geologikoez eta geoteknikoez eta ingurumenaren eskakizunez gain, tunelaren diseinu geometrikoa oso alderdi garrantzitsua da, bai errepideko erabiltzailearen ikuspuntutik, bai eraikuntzaren, mantentzearen, ustiapenaren eta segurtasunaren aldetik.

Errepideko gainerako tarteez eta horien ezaugarriek baldintzatu ohi dute tunelaren trazaketa; izan ere, tarte horiekin bat etorri behar du. Hala eta guztiz ere, tuneleko trazaketak istripuekin lotuta segurtasunaren aldetik duen eraginak baldintza geometriko zorrotzagoak eskatzen ditu, aire zabaleko errepidean baino handiagoak, hain zuzen.

Errepideko proiektuaren abiadurari dagozkion parametroekin egingo da tuneleko elementuen trazaketa.

Jarraibide honen ondorioetarako, ibilgailu astunen ehunekoak EBlaren %15 gainditzen duenean edo urtaroko eguneko batez besteko intentsitateak (EBI) nabarmen gainditzen duenean urteko batez bestekoa, ebaluatu egingo da aparteko arrisku hori.

4.2. Diseinuko abiadura

Noranzko bakarrekotunel guztietan, gehieneko abiadura 100 km ordukoa izango da, tunelen ezaugarri geometrikoen edo beste ezaugarri batzuen ondorioz muga zorrotzagoak ezarri behar badira izan ezik.

II. eta III. motetako tuneletan, tunela dagoen errepidearen gehieneko abiadura-muga bera ezarriko da, abiadura-muga baxuagoa ezartzea gomendatzen duten arrisku zehatzak baldin badaude ezik, eta, zehazki, arrisku-indizea (AI) 35ekoa baino gehiagokoa bada (arrisku ertaina).

Noranzko biko eta galtzada bakarrekotunel guztietan debeatuta egongo da aurreratzea, eta gehieneko abiadura 80 km ordu-

4. DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1. Introducción

Además de los elementos de funcionalidad, de las características geológico-geotécnicas del terreno y de las exigencias medioambientales, el diseño geométrico del túnel es un aspecto de vital importancia, tanto desde el punto de vista del usuario de la carretera, como del de la construcción, mantenimiento, explotación y seguridad.

Normalmente el trazado del túnel se haya condicionado por el del resto de la carretera y sus características, con las cuales debe mantener una cierta homogeneidad. Ahora bien, la incidencia que el trazado del túnel tiene en la seguridad frente a incidentes, obliga a introducir unas mayores exigencias geométricas que en el caso de que la carretera discorra por cielo abierto.

El trazado de los elementos del túnel se realizará con los parámetros correspondientes a la velocidad de proyecto de la carretera en la se sitúa.

A efectos de esta instrucción, cuando el porcentaje de pesados supere el 15% de la IMD, o cuando la IMD estacional supere significativamente la media anual, el riesgo adicional, se evaluará.

4.2. Velocidad de diseño

En todos los túneles unidireccionales de tipo I, se limitará la velocidad máxima a 100 km/h, salvo que su geometría u otras características obliguen a mayores limitaciones.

En los túneles de tipo II y III, se empleará en general la limitación de velocidad genérica de la vía en la que se encuentra el túnel, salvo que existan riesgos específicos que recomienden una limitación inferior de la velocidad, particularmente si el índice de peligrosidad (IP) es superior a 35 (peligrosidad media).

En todos los túneles bidireccionales de una sola calzada se prohibirá el adelantamiento y se limitará la velocidad máxima a 80

koa izango da, tunelen ezaugarri geometrikoen edo beste ezaugarri batzuen ondorioz abiadura-muga baxuagoak ezarri behar badira izan ezik.

Tunel baten abiadura-muga lehen adierazitako mugetaraino areagotu ahal izateko, nahitaezkoa izango da neurri hori hartzea justifikatzen duen azterlan bat egitea. Azterlan horretan, arriskuaren aurreko segurtasun-mailak ebaluatu beharko dira, eta, horretarako, hainbat faktore garrantzitsu analizatuko dira, hala nola: tunelaren trazadura, diseinua, instalazioak, tunel-mota (arriskuari dagokionez), daukan trafikoa, astunen ehuneko eta salgai arriskuak igarotzen diren, bideak dituen zerbitzu-mailak, istripu-indizeak, etab., eta, egokia bada, beharrezkoak diren aldaketak proposatuko dira (seinaleak jartzea, jarduera-protokolo eta -sistemata egokitzea, etab.) indarrean dagoen araudia betetzeko, ezarpena egin baino lehen.

4.3. Oinplanoko trazaketa

Oinplanoko trazaketak, oro har, errepideetarako Trazaketaren 3.1-IC Arauan ezarritakoa bete beharko du, baita proiektuaren abiadura ere.

Gainera, tuneletako bestelako alderdi espezifikokoak izan beharko dira kontuan.

4.3.1. Tunelera hurbiltzea

Tunelera hurbiltzeko trazaketan, kontrakoa justifikatzen bada izan ezik, gidariak tuneleko ahoa tunelean sartu baino 15 segundo lehenago ikusiko duela bermatu behar da, zirkulazioa tunelari datzekion ezaugarrietara egokitzeko.

Hau da, honako ikuspen-distantzia hauek bete beharko dira:

$$D = 4,17 \times V$$

D = Tuneleko ahoaren ikuspen-distantzia (m).

V = Errepidearen proiektuko abiadura (km/h).

Hiriko tuneletan eta hainbat tunel jarraian dauden errepideetan, aipatutako denbora laburragoa izan daiteke.

4.3.2. Tuneleko irteera

Eguneko argitasunak tuneleko irteeran ibilgailuen gidariak itsu litzakeela ikusten bada, horrelako jazoerak ez gertatzeko neurriak hartuko dira, bereziki, zona horretako errepidearen lerrokadurak eguneko zenbait ordutan eguzki-izpien orientazioarekin bat egiten duenean.

Oro har, ez da proiektatuko ekialde-mendebaldearekin bat datozen alienaziorik.

Tunelaren irteera aztertuko da, trazaketaren kalitatea ez kaltezeko eta abiadura gutxitzea ez eragiteko.

4.3.3. Ikuspena

Gelditzeko gutxieneko distantzia baino handiagoa izango da tunelaren barruko ikuspen-distantzia, proiekturako abiadurarekin kalkulatu, eta ahal dela gelditzeko distantzia gaudituko du, proiektuko abiadura gehi 20 km orduko abiadurarekin kalkulatu.

Ikuspen-distantzia kalkulatzeko, ikuspena oztopatzen duten tuneleko elementu guztiak hartuko dira aintzat.

4.3.3.1. Gelditzeko distantzia

Ibilgailu bat lehenbailehen eta nahitaez gelditzeko eginiko guttizko distantziari deritzo D_p gelditzeko distantzia; gelditu beharra dakarren objektua agertzen denetik hasita neurtuko da distantzia hori. Pertzepzio, erreakzio eta balaztatze denboretan eginiko distantzia ere sartzen da distantzia horretan. Adierazpen honen bidez kalkulatu da:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

Hauxe izanik:

D_p = Gelditzeko distantzia (m).

V = Abiadura (km/h).

f_1 = Gurpil-zoladuraren marruskadura longitudinalerako koefizientea.

km/h, salvo que su geometría u otras características impongan menores velocidades.

La limitación de velocidad en un túnel existente solo se podrá incrementar, hasta los límites marcados anteriormente, tras un estudio justificativo. En este estudio se deberán evaluar los niveles de seguridad frente a la exposición al riesgo y para ello se analizarán factores relevantes tales como: el trazado y geometría del túnel, su diseño, las instalaciones, su tipología en relación a los riesgos, el tráfico existente, el porcentaje de pesados y el paso de mercancías peligrosas, los niveles de servicio que presenta la vía, los índices de accidentabilidad, etc., proponiéndose en su caso las modificaciones necesarias (señalización, adaptación de protocolos de operación y sistemas, otros) para adaptarse a la normativa vigente, como paso previo a su implantación.

4.3. Trazado en planta

El trazado en planta cumplirá en general lo indicado en la Norma de Trazado 3.1-IC para carreteras con la correspondiente velocidad de proyecto.

Adicionalmente, se deben tener en cuenta otra serie de aspectos específicos de los túneles.

4.3.1. Aproximación al túnel

El trazado de aproximación al túnel deberá garantizar, salvo justificación en contrario, que el conductor perciba la boquilla de entrada 15 segundos antes de entrar, para que adecue la circulación a las características propias del túnel.

Esto conduce a una distancia de visibilidad de:

$$D = 4,17 \times V$$

D = Distancia de visibilidad de la boquilla del túnel (m).

V = Velocidad de proyecto de la carretera (km/h).

En túneles urbanos, y en circunstancias en que se produzca una sucesión de túneles, el tiempo requerido podrá ser inferior.

4.3.2. Salida del túnel

Se adoptarán medidas conducentes a eliminar o paliar el posible efecto del deslumbramiento del conductor del vehículo a la salida del túnel, en especial cuando la alineación de la vía en esta zona coincida con la orientación de los rayos solares en algunas horas del día.

En general, no se proyectarán alineaciones en planta con orientación este-oeste.

Se estudiará la salida del túnel con objeto de evitar pérdidas de calidad en el trazado que supongan requerimientos de disminución de velocidad.

4.3.3. Visibilidad

La distancia de visibilidad dentro del túnel será superior a la distancia de parada mínima, calculada con la velocidad de proyecto, siendo deseable que supere la distancia de parada calculada con la velocidad de proyecto incrementada en 20 km/h.

Para el cálculo de la distancia de visibilidad se considerarán todos los elementos del túnel que produzcan obstrucciones visuales.

4.3.3.1. Distancia de parada

Se define como distancia de parada (D_p) la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado. Se calculará mediante la expresión:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

Siendo:

D_p = Distancia de parada (m).

V = Velocidad (km/h).

f_1 = Coeficiente de rozamiento longitudinal rueda-pavimento.

i = Sestraren makurdura (bateko portzentajea).

t_p = Pertzepzio eta erreakzio denbora (s).

Arau honen ondorioetarako, gelditzeko gutxieneko distantzia izango da proiektuko abiadura oinarritzat hartuta lorturikoa.

Hainbat abiaduratarako marruskadura longitudinalako koefizientea kalkulatzeko, 3.1. taulatik lortuko dira balioak Tarteko abiadura-balioen kasuan, taula horretan linealki interpolatu ahaliko da. Pertzepzio eta erreakzio denboraren balioa bi segundokoa izango da ($t_p = 2$ s).

4.1. Taula – Marruskadura longitudinalako koefizientea

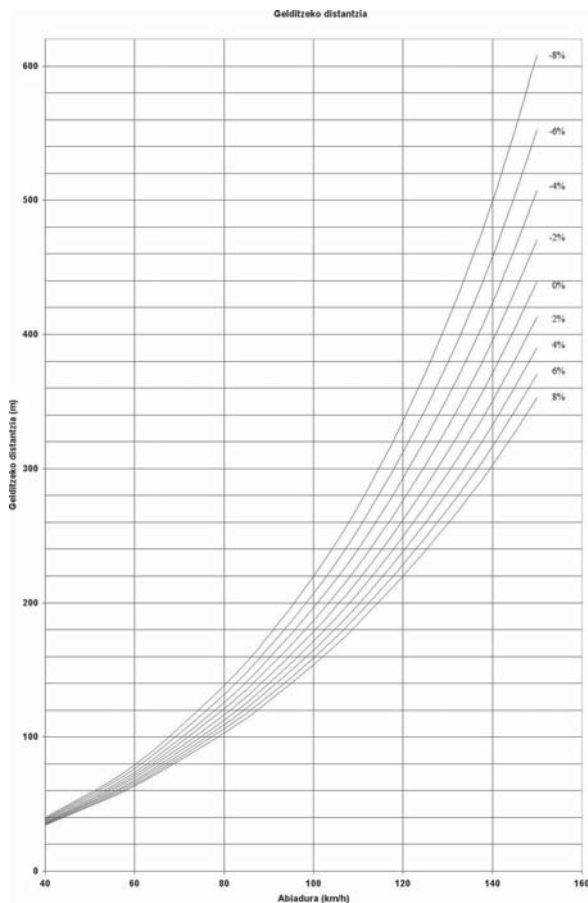
V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
μ	0,432	0,411	0,390	0,369	0,348	0,334	0,320	0,306	0,291	0,277	0,263	0,249

3.2. taulan, hainbat abiaduratan eta makurduran lortutako balioak agertzen dira.

4.2. Taula – Gelditzeko distantzia

Makurdura (%)	Abiadura (km/h)									
	40	60	80	90	100	110	120	130	140	150
-%8	40	79	138	176	220	272	335	410	499	607
-%7	40	78	135	171	213	263	323	394	478	578
-%6	39	76	132	166	207	255	312	379	458	552
-%5	39	75	129	162	201	247	302	365	440	528
-%4	38	74	126	158	196	240	293	353	424	507
-%3	38	73	124	155	191	234	284	342	409	488
-%2	38	72	121	152	187	228	276	331	395	470
-%1	37	71	119	148	183	222	268	321	383	454
%0	37	70	117	145	179	217	261	312	371	439
%1	36	69	115	143	175	212	255	304	360	425
%2	36	68	113	140	171	207	249	296	350	413
%3	36	67	111	138	168	203	243	289	341	401
%4	36	66	109	135	165	199	238	282	332	390
%5	35	66	108	133	162	195	233	276	324	380
%6	35	65	106	131	159	191	228	270	317	370
%7	35	64	105	129	157	188	224	264	310	361
%8	35	63	103	127	154	185	219	259	303	353

4.1. irudia – Gelditzeko distantzia



i = Inclinación de la rasante (en tanto por uno).

t_p = Tiempo de percepción y reacción (s).

A efectos de la presente Norma, se considerará como distancia de parada mínima, la obtenida a partir de la velocidad de proyecto.

A efectos de cálculo el coeficiente de rozamiento longitudinal para diferentes valores de velocidad se obtendrá de la Tabla 4.1. Para valores intermedios de velocidad se podrá interpolar linealmente en dicha tabla. El valor del tiempo de percepción y reacción se tomara igual a dos segundos ($t_p = 2$ s).

Tabla 4.1 – Coeficiente de rozamiento longitudinal

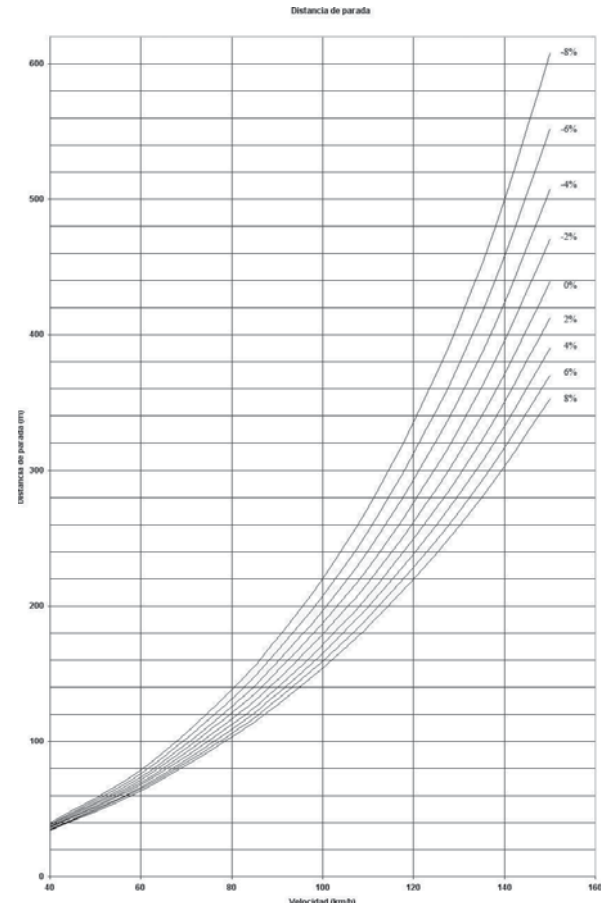
V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
μ	0,432	0,411	0,390	0,369	0,348	0,334	0,320	0,306	0,291	0,277	0,263	0,249

En la Tabla 4.2 se muestran los valores que se obtienen para distintas velocidades e inclinaciones.

Tabla 4.2 – Distancia de Parada

Inclinación (%)	Velocidad (km/h)									
	40	60	80	90	100	110	120	130	140	150
-8%	40	79	138	176	220	272	335	410	499	607
-7%	40	78	135	171	213	263	323	394	478	578
-6%	39	76	132	166	207	255	312	379	458	552
-5%	39	75	129	162	201	247	302	365	440	528
-4%	38	74	126	158	196	240	293	353	424	507
-3%	38	73	124	155	191	234	284	342	409	488
-2%	38	72	121	152	187	228	276	331	395	470
-1%	37	71	119	148	183	222	268	321	383	454
0%	37	70	117	145	179	217	261	312	371	439
1%	36	69	115	143	175	212	255	304	360	425
2%	36	68	113	140	171	207	249	296	350	413
3%	36	67	111	138	168	203	243	289	341	401
4%	36	66	109	135	165	199	238	282	332	390
5%	35	66	108	133	162	195	233	276	324	380
6%	35	65	106	131	159	191	228	270	317	370
7%	35	64	105	129	157	188	224	264	310	361
8%	35	63	103	127	154	185	219	259	303	353

Figura 4.1 – Distancia de parada



4.3.3.2. Eragozpen-garriketa

Formula hau aplikatuz lortuko da, kurba zirkular batean, ikuspen jakin bat izateko beharrezko eragozpen-garriketaren balioa (3.2. irudia):

$$e = R - R \cdot \cos \left(\frac{31,83 \cdot D}{R} \right)$$

Hauek izanik:

e = horma pikotik gidariaren ibilbiderainoko gutxieneko distantzia (m).

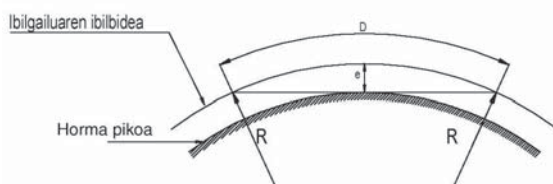
R = Gidariaren ibilbidearen radioa (m).

D = Ibilgailuaren ibilbidearen batezbesteko ikuspina (m).

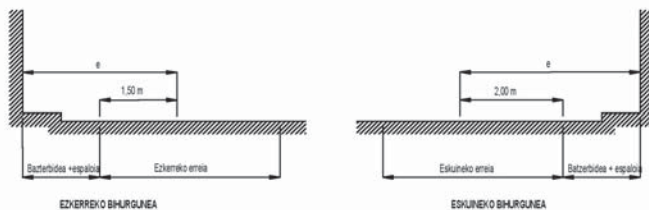
Aurreko formularen angeluaren balioa goniotan dago adierazita.

Gidariaren kokapena (3.3. irudia), eskuinera eginiko kurbetan, erreieren eskuineko ertzetik 2,00 metrora dagoela ulertuko da. Ezkerrean eginiko kurbetan, berriz, erreieren ezkerreko ertzetik 1,50 metroko distantziara dagoela ulertuko da.

4.2 irudia – Ikuspen-distantzia kurban dagoen tunel batean



4.3 irudia – Ikuslearen kokapena ezkerrean eta eskuinera eginiko kurbetan



4.4. Altzaerako trazaketa

Altzaerako trazaketak, oro har, errepidearen proiektuko abiadurarako ezarritakoa beteko du, baina honako baldintza osagarri hauek izango ditu.

4.4.1. Gutxieneko makurdura

Tunelaren malda longitudinalak bertara doazen uren drainaketa egingo dela bermatu beharko du, baita isurketak galtzadaren gainetik bizkor kentzea ere.

Tunelaren gutxieneko makurdura ehuneko zero koma bostekoa izango da (%0,5). Salbuespenezko kasuetan, ordea, balio txikiagoa izan dezake sestrak, betiere ehuneko zero koma bitik gorako izanik (%0,2). Gehieneko maldaren lerroko makurdura ez da ehuneko zero koma bostekoa baino txikiagoa izango plataformaren edozein puntutan (%0,50).

4.4.2. Gehieneko makurdura

Galtzada bereziak dituzten errepideetan kokatutako tuneletan ez dira egongo ehuneko hirutik (%3) gorako arrapalak, ahal dela, eta maldak ez dira ehuneko bostetik gorakoak izango (%5). Galtzada bakarreko errepideetan ez da egongo ehuneko hirutik gorako sestrako makurdurarik (%3). I. motako tunelen kasuan, sestraren makurduraren inguruko azterketa espezifikoa egin beharko da.

Oro har, tuneletako arrapalaren makurduraren eta luzeraren konbinazioak ez du eragin beharko derrigorrez erre gehiago diseinatzetik, eta, kontrako justifikatuta badago izan ezik, tunelaren trazaketak tunel osoan ibilgailu astunen abiadura gutxienez hirurogei kilometroko ordukoa izatea ahalbidetuko du (60 km/h).

4.3.3.2. Despejes

El valor del despeje necesario para disponer de una determinada visibilidad en una curva circular (Figura 4.2) se obtendrá aplicando la fórmula:

$$e = R - R \cdot \cos \left(\frac{31,83 \cdot D}{R} \right)$$

Siendo:

e = Distancia mínima del hastial a la trayectoria del conductor (m).

R = Radio de la trayectoria del conductor (m).

D = Visibilidad medida en la trayectoria del vehículo (m).

El valor angular de la fórmula anterior está expresado en gonios.

La posición del conductor (Figura 4.3) se considerará en las curvas a la derecha a 2,00 m del borde derecho del carril. En las curvas a la izquierda se considerará a 1,50 m del borde izquierdo del carril.

Figura 4.2 – Distancia de visibilidad en un túnel en curva

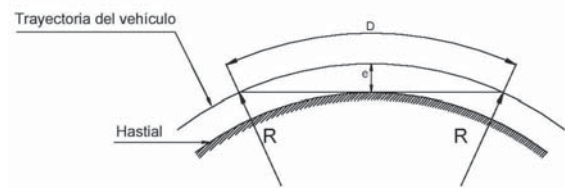
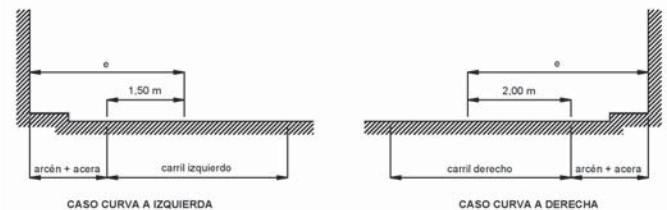


Figura 4.3 – Posición del observador en Curva a izquierda y derecha



4.4. Trazado en alzado

En general el trazado en alzado cumplirá lo dispuesto para la velocidad de proyecto de la carretera, con los siguientes condicionantes adicionales.

4.4.1. Inclinación mínima

La pendiente longitudinal del túnel debe garantizar el drenaje de las aguas que afloran al mismo, así como la rápida evacuación de vertidos sobre la calzada.

La inclinación mínima en túnel será de cinco décimas por ciento (0,5%). Excepcionalmente la rasante podrá alcanzar un valor menor, no inferior a dos décimas por ciento (0,2%). La inclinación de la línea de máxima pendiente en cualquier punto de la plataforma no será menor que cinco décimas por ciento (0,50%).

4.4.2. Inclinación máxima

En los túneles ubicados en carreteras con calzadas separadas, se evitarán rampas mayores del tres por ciento (3%), y pendientes mayores del cinco por ciento (5%). En carreteras de calzada única, se evitarán inclinaciones de rasante mayores del tres por ciento (3%). Para los túneles Tipo I la inclinación de la rasante será objeto de un estudio específico.

En general, la combinación de inclinación y longitud de las rampas en túneles, deberá ser tal que no obligue al diseño de carriles adicionales y salvo justificación en contrario, el trazado en alzado del túnel será tal que en toda su longitud la velocidad de los vehículos pesados no sea inferior a sesenta kilómetros por hora (60 km/h).

Esandakoetatik gorako makurdurak dituzten tuneletan neurri osagarriak edo indartuak ebaluatuko dira segurtasuna hobetzeko, edo biak batera, arrisku-azterketa bat oinarri hartuta.

4.4.3. *Sestra aldaketak*

Tuneletako beheko tokiak direla-eta, ura ateratzeko ponpaketa-sistema izan behar da. Bestalde, toki altuek aireztapen arazoak eragiten dituzte. Horrexegatik, ahal dela, ez da aldatuko tuneletako makurdura-maila.

Edozein luzerako tunelek sestra-makurdura bakarria izango dute, aurkakoa justifikatzen bada izan ezik.

4.4.4. *Ibilgailu astunak*

Tuneletako arrapalari makurduraren eta luzeraren konbinazioak, ohar har, errei osagarrien diseinua ez behartzeko modukoa izan beharko du.

Nolanahi ere, kontrakoa justifikaturik badago izan ezik, tune-laren altxaera ibilgailu astunak altxaera osoan gutxienez hirurogei kilometro orduko (60 km/h) abiadura joan ahal izateko modukoa izango da, 3.1-IC arauan adierazitakoaren arabera kalkulaturik.

4.5. *Zeharkako sekzioa*

4.5.1. *Tunel-zuloen kopurua*

Tunel berrietan, bi norabideko tunel-zulo batekin diseinatuko dira tunelak, norabide bakoitzean errei bat, noiz-eta errei bakoitzerako EBlak eginiko 15 urterako aurreikuspena eguneko 10.000 ibilgailutik gora (egunean eta errei bakoitzeko) gainditzen ez bada.

Balio horretatik gora, norabide bakarreko trafikoko bi tunel-zulo diseinatuko dira. Trafikoko gorengo mailaren banaketa asimetrikoa bada argi eta garbi eta ez badago ibilgailu motelentzako erreirik, 3 errei dituen tunel-zulo bat defini daiteke, horietako bat bihur-garria.

Hiriko tuneletan, horietako hargune bat 800 metrotik beherako distantziara badago foru sarearen eta udal sarearen arteko mugatik, baldintzei buruzko azterketa espezifikoa egin beharko da, norabide bakarrekoa edo bi norabidekoa izango den ala ez finkatu ahal izateko; halako kasuetan, bi norabideko tunelak edo sasi tunelak jartzeko posibilitatea onartuko da, aurreko lerroaldetan ezarritako intentsitate horako intentsitateetan ere bai. Kasu horietan, erdibitzaileen new jersey erako barrera bat jartzea aurreikusitako beharko da, eta gainera segurtasuneko azpiegiturari buruzko azterketa espezifikoa egin beharko da, erabiltzaileen ebakuazioa bermatzea ahalbidetuko duena hain zuzen.

4.5.2. *Erreiak*

4.5.2.1. *Errei-kopurua*

Aurreikuspeneko urtean proiektaturiko trafikoaren intentsitatearen eta osakeraren arabera finkatuko da zeharkako sekzioaren erreien kopurua, hain zuzen ere tunela zerbitzuan hasi eta hogei urte igaro ondoren (20).

4.5.2.2. *Erreien zabalera*

Erreiek, oro har, 3,50 m-ko zabalera izango dute. Salbuespe- neko kasuetan, 3,25 m-ra murriztea onartuko da hiriko tuneletan. Erdiko bide-marken zati proportzionala sar daiteke zabalera horretan, baina ez du izango bide-bazterreko ertzeko bideko marka.

Tunelean 3,50 m baino zabalera txikiagoko ibilgailu astunei zuzendutako errea badago, eta bertatik ibilgailu astunek ere zirkulatu badezakete, neurri gehigarriak edo indartuak, edo biak batera, hartuko dira, betiere segurtasuna areagotzeko helburuarekin.

4.5.3. *Sekzio aldaketak*

Behar bezalako justifikaziorik egon ezik, ezin izango da inolako konexiorik, loturarik edo biribilgunerik egin, ezta errei kopuruetan aldaketarik ere, ez tunelaren barruan, ez tunelaren sekzio bat baino berrehun eta berrogeita hamar metro lehenago edo ondoren (250 m).

Halaber, justifikaziorik egon ezik, errei-kopuru berari eutsi behar- ko zaio, tunelaren barruko aldean zein inguruetan. Sekzio aldake- ta guztiak tuneleko ur hargunetik nahikoa distantziara egin behar-

En los túneles con inclinaciones superiores a las indicadas anteriormente se evaluarán las medidas adicionales o reforzadas o ambas para incrementar la seguridad, basándose en un análisis de riesgo.

4.4.3. *Cambios de rasante*

Los puntos bajos en túneles obligan a disponer bombeo para evacuar el agua. Por otra parte los puntos altos provocan problemas de ventilación. Por esto se evitarán los cambios de signo de la inclinación en túneles.

Los túneles de cualquier longitud tendrán una sola inclinación de la rasante, salvo justificación en contrario.

4.4.4. *Vehículos pesados*

En general, la combinación de inclinación y longitud de las rampas en túneles, deberá ser tal que no obligue al diseño de carriles adicionales.

En cualquier caso, salvo justificación en contrario, el trazado en alzado del túnel será tal que en toda su longitud la velocidad de los vehículos pesados no sea inferior a sesenta kilómetros por hora (60 km/h), calculado según lo indicado en la norma 3.1-IC.

4.5. *Sección transversal*

4.5.1. *Número de tubos*

En túneles de nueva construcción, se diseñarán túneles con un tubo bidireccional de un carril por sentido cuando la previsión a 15 años vista de la IMD por carril no exceda los 10.000 vehículos por día y carril.

Cuando se exceda este valor se procederá a diseñar dos tubos de tráfico unidireccional. En aquellos casos en que la distribución de puntas de tráfico sea claramente asimétrica y no exista carril de vehículos lentos, se podrá definir un tubo con 3 carriles uno de ellos reversible.

En túneles de carácter urbano, con ubicación de una de sus bocas a menos de 800 metros del límite entre la red foral y la red municipal se realizará un análisis específico sobre las condiciones para su configuración en lo relativo a su carácter unidireccional o bidireccional, admitiéndose en estos casos la posibilidad de túneles o falsos túneles bidireccionales incluso con intensidades superiores a la indicada en los párrafos anteriores, debiéndose prever en estos casos la implantación de una barrera tipo new jersey en la mediana, realizándose un análisis específico de la infraestructuras de seguridad que permita garantizar la evacuación de los usuarios.

4.5.2. *Carriles*

4.5.2.1. *Número de carriles*

El número de carriles de la sección transversal se fijará en función de la intensidad y composición del tráfico en la hora de proyecto del año horizonte, situado veinte (20) años después de la entrada en servicio.

4.5.2.2. *Anchura de carriles*

Los carriles tendrán en general una anchura de 3,50 m. Excepcionalmente, se admitirán reducciones a 3,25 m en túneles urbanos. Este ancho puede incluir la parte proporcional de marcas viales en el centro, pero no debe incluir la marca vial del borde de arcén.

En el caso de que el túnel posea un carril para vehículos lentos de anchura inferior a 3,50 m y se permita la circulación de vehículos pesados, se adoptarán medidas adicionales o reforzadas, o ambas, para incrementar la seguridad.

4.5.3. *Cambios de sección*

Salvo debida justificación, no se podrá realizar ningún tipo de conexión, nudo o glorieta en la calzada, ni modificación del número de carriles, en el interior del túnel, ni en los doscientos cincuenta metros (250 m) anteriores o posteriores a una sección en túnel.

Asimismo y salvo justificación, se tratará de mantener el mismo número de carriles tanto dentro como en el entorno del túnel. Cualquier cambio de sección se producirá a una distancia suficiente

ko dira; distantzia hori, gutxienez, ibilgailuak baimendutako gehieneko abiaduraz 10 segundoan eginiko distantzia izango da. Orografia dela-eta ezin bada aurreko hori bete, eginiko azterketaren ondoriozko neurri osagarriak hartu beharko dira eta justifikazioa eman beharko da horretarako.

Gainera, baldin eta tuneleko irteeratik laurehun eta berrogeita hamar metrora (450 m) baino distantzia laburragora konexio, lotura edo biribilgunerik badago galtzadan, edo aldaketaren bat badago erreien kopuruan, elementu horiek tunelerainoko auto-pilaketak eragin ditzaketean ala ez aztertu beharko da.

4.5.4. Zeharkako sekzioa

4.5.4.1. Galtzada banatuak dituzten errepideak

BI ERREIKO GALTZADA, HANDITZEKO AURREIKUSPENIK EZ DUENA

Hona hemen sekzio tipoa:

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko } 2 \text{ errei} \\ + 2,5 \text{ m-ko bide-bazterra} = 10,5 \text{ m}$$

Abiadura mugatua edo kontrolaturiko abiadura dagoen tuneletan, edo trafiko txikia dagoenean edo lur desegokietan, sekzio murriztagoa izatea justifikatu ahal izango da, baina ezingo da gutxienezko muga hauek txikiagoa izan:

$$0,5 \text{ m-ko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko } 2 \text{ errei} \\ + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 8,5 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko (75 cm) zabalera duen espaloi altxatua jarriko da.

BI ERREIKO GALTZADA, HANDITZEKO AURREIKUSPENA DUENA

Hona hemen sekzio tipoa, galtzada handitu ondoren:

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko } 3 \text{ errei} \\ + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 12,5 \text{ m}$$

Handitze-lanak egin baino lehen, 12,5 metroko plataformaren barruan honako sekzio hau jarriko da:

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko } 2 \text{ errei} \\ + 2,5 \text{ m-ko bide-bazterra} = 10,5 \text{ m}$$

Gainera, 2,0 metroak eskuineko aldean kokatuko dira, aipaturiko horietatik ez igarotzeko. Gune horretan zebra-marrak jarri ahal-ko dira, nahasketarik ez izateko eta ibilgailuen zirkulazioa eta horren ondoriozko gorabeherak ekiditeko.

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko (75 cm) zabalera duen espaloi altxatua jarriko da.

HIRU ERREI DITUZTEN GALTZADAK

Hona hemen sekzio tipoa:

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko } 3 \text{ errei} \\ + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 12,5 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko (75 cm) zabalera duen espaloi altxatua jarriko da.

4.5.4.2. Galtzada bakarreko errepideak

Sekzio tipoa simetrikoa izango da, oro har, bide-bazterrean ibilgailu bat gelditzeko tokirik izan barik; bide azkarretan eta C-100 eta C-80 errepideetan zebra-marrak hornitutako tarte bat jarriko da tartean (tarte horretan debekatuta egongo da zirkulazioa), abiadura gehiegi ez murrizteko eta kontrako erreia okupatzeko aukera murrizteko.

Honako hau da sekzio tipoa kasu simetrikoetan:

BIDE AZKARRAK

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko erreia} + 1,5 \text{ m-ko erdibitzailea} \\ + 3,5 \text{ m-ko erreia} + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 10,5 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko (75 cm) zabalera duen espaloi altxatua jarriko da.

OHIKO ERREPIDEAK: C-100 ETA C-80

$$\text{Metro 1eko bide-bazterra} + 3,5 \text{ m-ko erreia} + \text{metro 1eko erdibitzailea} \\ + 3,5 \text{ m-ko erreia} + \text{metro 1eko bide-bazterra} = 10,0 \text{ m}$$

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko (75 cm) zabalera duen espaloi altxatua jarriko da.

de la boca del túnel; esta distancia será como mínimo, la distancia recorrida en 10 segundos por el vehículo a la velocidad máxima autorizada. Si por circunstancias orográficas no se pudiese cumplir lo anterior, se justificará y se tomarán medidas adicionales que se deriven en su caso del análisis realizado

Adicionalmente en el caso de que se disponga a menos de cuatrocientos cincuenta metros (450 m) de la salida de un túnel algún tipo de conexión, nudo o glorieta en la calzada, o una modificación del número de carriles, se deberá estudiar la posibilidad de que estos elementos causen retenciones que lleguen a afectar al túnel.

4.5.4. Sección transversal

4.5.4.1. Carreteras con calzadas separadas

CALZADA CON DOS CARRILES SIN PREVISIÓN DE AMPLIACIÓN

La sección tipo estará formada por:

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + 2 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 2,5 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$$

En caso de túneles con velocidad limitada o controlada con señalización variable, con tráfico poco intenso, o en terrenos geológicamente desfavorables, se podrá justificar la reducción a una sección más estricta no inferior a:

$$\text{Arcén } 0,5 \text{ m} + 2 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 8,5 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

CALZADA CON DOS CARRILES CON PREVISIÓN DE AMPLIACIÓN

La sección tipo una vez ampliada será:

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + 3 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 12,5 \text{ m}$$

Antes de la ampliación se dispondrá dentro de la plataforma de 12,5 m una sección de:

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + 2 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 2,5 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$$

Los 2,0 m restantes se ubicarán en el lado derecho para evitar el tránsito por ellos. Esta zona podrá ser cebreada con objeto de evitar la confusión y posible circulación de vehículos que pudieran ocasionar incidentes.

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

CALZADA CON TRES CARRILES

La sección tipo una será:

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + 3 \text{ carriles de } 3,5 \text{ m} \\ + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 12,5 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

4.5.4.2. Carreteras de calzada única

En general, la sección tipo será simétrica, sin espacio para la detención de un vehículo en el arcén; se incluirán en las vías rápidas y en las carreteras C-100 y C-80 una zona intermedia cebreada en la que no se permitirá la circulación de vehículos, que evite la reducción excesiva de velocidad y reduzca la posibilidad de invasión del carril contrario.

La sección tipo para los casos simétricos estará formada por:

VÍAS RÁPIDAS

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + \text{carril de } 3,5 \text{ m} + \text{mediana de } 1,5 \text{ m} \\ + \text{carril de } 3,5 \text{ m} + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

CARRETERAS CONVENCIONALES C-100 Y C-80

$$\text{Arcén } 1,0 \text{ m} + \text{carril de } 3,5 \text{ m} + \text{mediana de } 1,0 \text{ m} \\ + \text{carril de } 3,5 \text{ m} + \text{arcén } 1,0 \text{ m} = 10,0 \text{ m}$$

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

OHIKO ERREPIDEAK: C-60

Metro 1eko bide-bazterra + 3,5 m-ko 2 erre
+ metro 1eko bide-bazterra = 9,0 m

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko (75 cm) zabalera duen espaloi altxatu bat jarriko da.

OHIKO ERREPIDEAK: C-40

0,5 m-ko bide-bazterra + 3,5 m-ko 2 erre
+ 0,5 m-ko bide-bazterra = 8,0 m

Alde banatan, gutxienez hirurogeita hamabost zentimetroko (75 cm) zabalera duen espaloi altxatua jarriko da.

4.5.5. Galiboa

Altuera libre ez da izango bost metrokoa baino txikiagoa (5 m) plataformako edozein tokitan, ezta ibilgailuak sar daitezkeen alde-etan ere.

Espaloi gaineko altuera libre ez da izango inola ere bi metro eta hogeita hamar zentimetrokoa baino txikiagoa (2,30 m).

4.5.6. Espaloiak

Espaloiak jarriko dira tuneletan larrialdietan edo artapeneko jardueretan erabiltzeko. Espaloiek gutxienez 0,75 m-ko zabalera izango dute, gehienbat mantentze lanetarako erabiltzen direnean. Kasu horietan, espaloiek ertzean zintarri igogarri bat izango dute, beharrezkoa izanez gero ibilgailuak espaloi horretara igo ahal izateko modukoa.

Salbuespenez, hiriko tuneletan oinezkoak ibiltzeko espaloiak jarriko dira, gutxienez 1,5 m-ko zabalera.

Ikuspena hobetzeko inguru-garriketa handiagoa izateko beharrezkoa den kasuetan, espaloietako zabalera handituko da bide-bazterrari dagokiona handitu beharrean.

Dagoeneko eraikita dauden eta larrialdietarako erreibrik eta espaloirik ez dagoen tuneletan, neurri osagarriak edo indartuak hartuko dira, segurtasuna eskaini ahal izateko.

4.5.7. Zeharkako malda**4.5.7.1. Bide zuzeneko ponpaketa**

Bide zuzeneko plataformako ponpaketa halako moldez proiektatuko da non galtzadan eror daitezkeen iragazpen-urak erraz eba-kuatuko baitira, baita balizko isurketak ere.

Bereizirik galtzadak dituzten errepideetan, berriz, galtzada eta bide-bazterrak ehuneko biko (%2) gutxienezko zeharkako makurdura berarekin jarriko dira baina alde bakarrerantz.

Galtzada bakarrek errepideetan, galtzada eta bide-bazterrak ehuneko biko (%2) gutxienezko zeharkako makurdura berarekin jarriko dira baina alde bakarrerantz, galtzadaren ardatzetik hasita. Baldin eta tunelean isurbide jarraituarekin osatutako drainaketa-sistema bat badago, alde bakarrerantz egingo da ponpaketa, sistema bikoiztea ekiditeko.

4.5.7.2. Zeharkako maldak kurbetan

Kurbako peralteak tuneletan ohiko sekzioetan bezala jarriko dira, 3.1-I.C. Arauketaren irizpideak oinarri hartuta.

5. OINARRIZKO AZPIEGITURA**5.1. Bide-zoruak**

Tunelaren barruko bide-zoruak aire zabaleko ohiko bide-zoruek ez bezalako baldintzak dituzte; horien artean, hauexek nabarmentu behar dira:

- Zabaldegiaren kalitatea, oro har, ohiko sekzioetan baino hobea da, zeren eta harkaitz osasuntsuaren edo hormigoien gainean egoten baita bermatuta. Horri esker, beste sekzioetan baino lodiera txikiagoak egon daitezke.
- Komenigarria da azpionarri drainatzaile gisako lehen geruza bat izatea, galtzadaren azpira iragazten den ura biltzeko lana errazagoa izan dadin.

CARRETERAS CONVENCIONALES C-60

Arcén 1,0 m + 2 carriles de 3,5 m
+ arcén 1,0 m = 9,0 m

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo

CARRETERAS CONVENCIONALES C-40

Arcén 0,5 m + 2 carriles de 3,5 m
+ arcén 0,5 m = 8,0 m

A ambos lados se dispondrá una acera elevada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho mínimo.

4.5.5. Gálibo

La altura libre no será inferior a cinco metros (5 m) en cualquier punto de la plataforma ni en las zonas accesibles a vehículos.

La altura libre sobre las aceras no será inferior a dos metros y treinta centímetros (2,30 m).

4.5.6. Aceras

Se dispondrán aceras en los túneles para uso en emergencias u operaciones de conservación. Las aceras tendrán una anchura mínima de 0,75 m en aquellos túneles en los que el tránsito sea fundamentalmente de mantenimiento. En estos casos las aceras terminarán con un bordillo remontable que permita a los vehículos en caso necesario invadir dicha acera.

Excepcionalmente en túneles urbanos se dispondrán aceras para tránsito peatonal, con una anchura mínima de 1,5.

En aquellos casos en que sea necesario aumentar el despeje para aumentar la visibilidad, se incrementará la anchura de las aceras en vez del arcén.

En los túneles ya existentes que no tengan ni carril de emergencia ni acera, se tomarán medidas adicionales o reforzadas para proporcionar seguridad.

4.5.7. Pendiente transversal**4.5.7.1. Bombeo en recta**

El bombeo de la plataforma en recta se proyectará de modo que se evacuen con facilidad las aguas de infiltración, así como los posibles vertidos, que caigan sobre la calzada.

En carreteras de calzadas separadas la calzada y los arce-nes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del dos por ciento (2%) hacia un solo lado.

En carreteras de calzada única, la calzada y los arce-nes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del dos por ciento (2,00%) hacia cada lado a partir del eje de la calzada. Si en el túnel se dispone de un sistema de drenaje formado por sumidero continuo, el bombeo se realizará hacia un solo lado, para evitar duplicar el sistema.

4.5.7.2. Pendientes transversales en curva

Los peraltes en curva se dispondrán en los túneles igual que en las secciones normales siguiendo los criterios de la Normativa 3.1-I.C.

5. INFRAESTRUCTURA BÁSICA**5.1. Firmes**

El firme en el interior del túnel tiene unos condicionantes diferentes a las habituales a cielo abierto, entre los que destacan los siguientes:

- En general la calidad de la explanada es mejor que en las secciones normales, ya que suele estar apoyada sobre roca sana o sobre hormigón. Esto permite disponer espesores menores que en otras secciones.
- Es conveniente disponer de una primera capa de subbase drenante, para facilitar la recogida del agua que se infiltra bajo la calzada.

- Ez da zoladura drainatzailerik erabiliko tuneletan, produktu sukoiak nahi gabe isuriz gero, zoladura drainatzailea sua denbora luzean iraunaraz lezakeen erregai-erreserba izan litekeelako.

Tuneletan jarri beharreko zoladurak aire zabalean dagoena-rekin bat etorri behar du nolabait, salbu eta errodadura-geruza drainatzaileak erabiltzen direnean.

5.2. Egiturako estaldura

5.2.1. Helburuak

Ohiko tekniken eta arautegiaren arabera egingo da behin-behineko euskarrien eta egiturako estalduren proiektua.

Aireztapen mekanikoa duen tunel zulatu orok edukiko du hormigoi enkofratuzko eraztun batekin osaturiko estaldura. Eraztun hori hormigoi proiektatuarekin, zertekin eta buloiekin eginda egon ohi den euskarriaren gainean jarriko da, betiere indusketako mugimenduak egonkortu ondoren.

Egiturako estaldura hormigoi enkofratuzko eraztun bat da, tune-laren sekzioaren inguruan egiten dena indusketa eta euste-lana burutu ondoren; barneko aldea sekzioaren ikusten den paramentua da.

Hona hemen estaldurarekin lortzen diren helburu nagusiak:

- *Egiturakoa*: Estaldurak egonkortasuna ematen dio egiturari epe laburrean, baina denboraren poderioz, hondatu egin daiteke, batez ere ura dagoenean.
- *Iragazgaizpena*: PVCzko xafla baten bidez iragazgaiztea komeni da, baina horrek hormigoi enkofratuzko estaldura jartzea eskatzen du. Ondoko lurrazpiko lokaletan ere jarriko da iragazgaizpena.
- *Aireztapena*: Barne paramentu uniformeak eta zimurtasun txikikoak hobetu egiten du jarritako aireztapen-ekipoen errendimendua.
- *Argiztapena*: Barne paramentu uniformeak eta kolore argikoak hobetu egiten du jarritako argiztapen-elementuen errendimendua.
- Mantentze-lanak – Estaldurak ia ez du mantentze-lanik behar.

5.2.2. Egiturako estalduraren eskakizunak

7. puntuaz azaldutako suaren kontrako erresistentzia izan behar du estaldurak. Tuneleko temperatura igotzeak kalte fisiko eta kimiko handiak eragin ditzake eraikuntzako elementuetan, eta horren ondorioz, narriatu eta funtzionaltasuna gal dezakete. Hormigoian, 250°C-tik gorako tenperaturan, barruan sortzen den ur-lurrinak eragiten duen presioak ikusten den aldea zartatzen du (Spalling). 300°C-tik gorako tenperaturetan ur-galerak gertatzen dira zementuaren gelean eta transformazioak agregakinetan; hala, bada, lehenbiziko pitzadurak agertzen dira. 600°C-tik gorako tenperaturetan, berriz, hormigoia disgregatzen hasten da eta kalte handia eragiten dio bere egitura-ahalmenari. Bestalde, altzairuak, 450°C-tik gorako tenperaturetan, ez ditu osorik berreskuratzen ezaugarri mekanikoak giroko tenperaturara itzultzen denean. Armaturak gutxienez 3 cm-ko geruzarekin estaltzea gomendatzen da. Ahalik eta diametrorik txikieneko barra bateragarriak aukeraturiko dira, modu uniforme bananduak.

5.3. Estaldura estetikoak

5.3.1. Helburua

Hormigoi enkofratuzko estaldura duten tunelen estaldura estetikoaren helburu nagusia erosotasuna hobetzea da:

- Argiaren islatze-maila areagotzen du
- Tunelaren geometria aurreikusteko lagungarria da, alboko gida dinamikoa sortzen baitu.

Estaldura estetikoaren beste abantaila bat hormak garbitzeko lanak errazten dituela da.

- No se deben emplear firmes drenantes en túneles, ya que en caso de vertido accidental de productos inflamables, el firme drenante puede constituir una reserva de carburante que alimente el incendio durante un tiempo prolongado.

El firme a colocar en los túneles deberá mantener cierta homogeneidad con la solución adoptada a cielo abierto, exceptuando el empleo de capas de rodadura drenantes.

5.2. Revestimiento estructural

5.2.1. Objetivos

El proyecto de sostenimientos provisionales y de los revestimientos estructurales se realizará siguiendo las técnicas al uso y la normativa correspondiente.

Todos los túneles perforados en los que se instale ventilación mecánica, contarán con un revestimiento formado por un anillo de hormigón encofrado que se colocará sobre el sostenimiento constituido habitualmente por hormigón proyectado, cerchas y bulones, una vez estabilizados los movimientos de la excavación.

El revestimiento estructural consiste en un anillo de hormigón encofrado que se realiza en el contorno de la sección del túnel, una vez completada la excavación y sostenimiento, constituyendo su cara interior el paramento visto de la sección.

Los objetivos principales que se consiguen con la ejecución del revestimiento son los siguientes:

- *Estructural*: El sostenimiento proporciona estabilidad estructural al túnel a corto plazo, pero con el paso del tiempo puede deteriorarse, especialmente en presencia de agua.
- *Impermeabilización*: Es conveniente una impermeabilización con lámina de PVC, lo que obliga a la ejecución de un revestimiento de hormigón encofrado. La impermeabilización se ejecutará asimismo en las dependencias anejas subterráneas.
- *Ventilación*: Un paramento interior uniforme y de baja rugosidad mejora el rendimiento de los equipos de ventilación instalados.
- *Iluminación*: Un paramento interior uniforme y de color claro mejora el rendimiento de los elementos de iluminación instalados.
- *Mantenimiento*: El revestimiento no precisa prácticamente mantenimiento.

5.2.2. Requisitos del revestimiento estructural

El revestimiento deberá contar con la resistencia al fuego indicada en el punto 7. El incremento de temperatura en el túnel puede provocar alteraciones físico-químicas y portantes de sus elementos constitutivos originando su degradación y pérdida de funcionalidad. En el hormigón, a partir de 250°C, el vapor de agua generado en su interior crea una presión que produce el desmenuamiento de la cara vista (Spalling). A partir de los 300°C se producen pérdidas de agua en el gel del cemento y transformaciones en los áridos, apareciendo las primeras grietas. A partir de los 600°C el hormigón se empieza a disgregar, dañando seriamente su capacidad estructural. Por otra parte el acero a partir de 450°C no recupera íntegramente sus características mecánicas cuando vuelve a la temperatura ambiente. Es aconsejable un recubrimiento mínimo de las armaduras de 3 cm. Se escogerán barras del menor diámetro compatibles y espaciadas uniformemente.

5.3. Revestimiento estético

5.3.1. Objetivo

El objetivo principal del revestimiento estético en túneles con revestimiento de hormigón encofrado es incrementar el confort:

- Aumenta la reflectancia de la luz.
- Ayuda a anticipar la geometría del túnel al crear una guía lateral dinámica.

Otra ventaja del revestimiento estético es que facilita las labores de limpieza de las paredes.

Estaladura estetiko mota guztietako tuneletan ezarriko da. Estaladura jarri den eremuaren gutxieneko altuera 2,50 metrokoa izango da New Jerseyaren gainean.

Hauek dira instalatuko diren estaladura-motak:

- Horma pikoetara ainguratutako egitura euskarriaren gainean jarritako panel aurrefabrikatuak
- Pintura epoxidikoak

I. Motako eraikuntza berriko tunel guztietan jarriko dira egitura euskarriaren gainean kokatutako panel aurrefabrikatuak.

Gainerako motetako tunel berrietan nahiz dauden eta estaladura estetikorik ez duten tunel birmoldaketetan, bi aukeren artean aukeratu ahalko da.

Eraikita dauden eta estaladura estetikoak duten tuneletan, daukaten tipologia mantendu ahalko da.

Sistema batek bestearekin alderatuta dituen abantailak honakoak dira:

- Pintura epoxidikoak erabiliz gero, sekzio txikiagoa egin daiteke panel aurrefabrikatuen kokapenaren kasuan baino.
- Panel aurrefabrikatuen bidezko estalduak horma pikoetan jarritako elementu guztiak barne hartzeko aukera ematen du, adibidez, SOS paldoak, suteetako ur-hargune ekipatuak, etab., eta ez da beharrezkoa tunelaren sekzioa aldatzea.
- Panel aurrefabrikatuak tuneleko eta irteera eta sarreretakoz zarata-maila jaisten dute.
- Pintura epoxidikoen bidezko estalduak merkeagoak dira egitura euskarriaren gaineko panel aurrefabrikatuak kokatzea baino.
- Panel aurrefabrikatuak ez dute tunelaren horma pikoetan ager litezkeen hezetan txikien eraginik jasaten; pintura epoxidikoen bidezko estalduak, aldiz, hezeguneen eragina jasaten dute.
- Panel aurrefabrikatuen bidezko panelak erabiliz, akaberak kalitate handiagokoak dira.
- Panel aurrefabrikatuen estaladura baten bizitza erabilgarria pintura epoxidikozko estalduaren baino luzeagoa da.

5.3.2. Estaladura estetikoaren eskakizunak

5.3.2.1. Egitura euskarrian jarritako panel aurrefabrikatuak

Estalduak, oro har, honako eskakizun hauek bete behar ditu:

- Erregaitzak izatea. Materialeak A1 edo A2-s1,d0 edo B-s3,d0 motetakoak izan behar dute. (Eraikuntza-produktuen eta eraikuntza-elementuen sailkapena, suaren aurrean dituzten erantzun- eta erresistentzia-ezaugarrien arabera, onetsi duen martxoaren 18ko 312/2005 Errege Dekretuak ezarritako sailkapenaren arabera).
- Suaren kontrako erresistentzia, 7. puntuan azaldutakoaren arabera.
- Sua dagoenean gas toxikorik ez igortzea.
- Ibilgailu astunek eragindako 2,5 kN/m²-ko presioari eta depresioari eutsi behar dio, baita 1 kN-ko karga puntualari ere.
- Elementu guztiak normalizatuak izango dira, elementuok aldatzea errazagoa gerta dadin.
- Honako hauetako ekipoak modu egokian biltzea ahalbidetzen duten elementuen integrazioa erraztu behar du sistemak: SOS zutoinak, suteetako ur-harguneak, sute-ahokak, etab.
- Elementuek korrosioa jasatea eragotzi behar da.
- Banako panelak bizkor muntatzea eta desmuntatzea ahalbidetuko du sistemak, elementurik kaltetu gabe.

Euskarriko egiturak, gainera, honako eskakizun hauek bete behar ditu:

Se instalará revestimiento estético en todos los tipos de túneles. La altura mínima de la zona revestida será de 2,50 m sobre la New Jersey.

Los distintos tipos de revestimiento a instalar son:

- Paneles prefabricados colocados sobre estructura portante anclada a los hastiales
- Pinturas epoxidicas

En todos los túneles Tipo I de nueva construcción se instalarán paneles prefabricados colocados sobre estructura portante.

El resto de tipologías de túneles nuevos así como en remodelaciones de túneles existentes que no tengan revestimiento estético se podrá optar entre ambas alternativas.

En los túneles existentes con revestimiento estético se podrá mantener la tipología de la que dispongan.

Las ventajas de un sistema frente al otro son:

- La utilización de pinturas epoxidicas permite realizar una sección de menor tamaño que en el caso de la colocación de paneles prefabricados.
- El revestimiento con paneles prefabricados permite integrar todos los elementos colocados en los hastiales, tales como postes SOS, BIEs, etc..., sin necesidad de alterar la sección del túnel.
- Los paneles prefabricados disminuyen el nivel sonoro en el túnel y en las entradas y salidas.
- Los revestimientos con pinturas epoxidicas son más económicos frente a la instalación de paneles prefabricados sobre estructura portante.
- Los Paneles prefabricados no se ven afectados por pequeñas humedades que puedan aparecer en los hastiales del túnel, mientras que los revestimientos con pinturas epoxidicas sí que se ven afectados por la presencia de humedades.
- Los acabados con el uso de paneles prefabricados son de mayor calidad.
- La vida útil de un revestimiento con paneles prefabricados es mayor que la correspondiente a pinturas epoxidicas.

5.3.2. Requisitos del revestimiento estético

5.3.2.1. Paneles prefabricados colocados sobre estructura portante

El conjunto del revestimiento estético debe cumplir los siguientes requisitos:

- Incombustibilidad. Los materiales deben ser de tipo A1 o A2-s1,d0 o B-s3,d0. (Según la clasificación establecida por el Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y resistencia frente al fuego).
- Resistencia al fuego según lo indicado en el punto 7.
- No emisión de gases tóxicos en caso de incendio.
- Debe soportar una presión y depresión cíclica provocada por el tráfico de vehículos pesados de 2,5 kN/m², así como una carga puntual de 1 kN.
- Todos los elementos estarán normalizados, con objeto de facilitar la sustitución de los mismos.
- El sistema debe facilitar la integración de elementos que permitan recoger de forma adecuada los equipos de postes SOS, BIEs, hidrantes, etc.
- No se debe permitir que los elementos sufran corrosión de ningún tipo.
- El sistema debe permitir el montaje y desmontaje rápido de paneles individuales sin deterioro de ninguno de los elementos del conjunto.

La estructura de soporte debe cumplir adicionalmente con los siguientes requisitos:

- Euskarriko egitura osoak izan behar du altzairu herdoilgaitzezkoa
- Estaldura behar bezala kokatzea ahalbidetzen duten altzairu herdoilgaitzezko ainguraketa-bernoak erabiliko dira, torloju blokeatzaileak dituen euspen egitura kokatzeko mekanismoarekin.
- Euskarri-profilak altzairu herdoilgaitzezkoak izango dira, instalaziorako ezaugarri egokien arabera, AISI arauaren arabera.
- Profil normalizatuak izan behar dute, horiek hornitzeko aukera zabalak ziurtatu ahal izateko.
- Euste-elementuen arteko torloju guztiek altzairu herdoilgaitzezkoak eta autoblokeatzaileak izan behar dute, eta UNE-EN arauaren arabera normalizaturiko sistema izan behar dute, eta banan-banan desmuntatu ahal izateko moduan diseinatuko dira.

Estaldura-panelek, honako eskakizun osagarri hauek bete behar dituzte:

- Ikusten den aldeak graffiti eta hautsaren kontrako tratamendua izan behar du garbiketa errazagoa izan dadin, baita azidoen, soluzio alkalinoen eta organikoaren kontrako erresistentzia ere.
- Goiko alde margotuak arraien kontra duen erresistentzia edo gogortasuna justifikatuko da.
- Ikusten den aldeak presioa altuan garbitzean duen egonkortasun mekanikoa justifikatuko da.
- Ikusten den aldeak detergente alkalino, azido eta disolbatzaileen eta abarren kontra duen erresistentzia justifikatuko da.
- Panelak erreflexio-koefiziente altua izan beharko du.
- Xurgapen-ahalmen murriztua panela 48 orduz murgildu ondoren.
- Zirkulazioan izan daitezkeen elementuen talken kontrako erresistentzia, EN 356 arauaren arabera neurtua.
- Ez dute ertz ebakitzailerik izango, eta talka gertatuz gero, ez du zati ebakitzailerik edo zorrotzik eragingo.
- Ikusten den aldeak erresistentzia ona izan behar du ibilgailuetatik irteten diren gasen eta keen aurka.

Panelak finkatzeko sistemak, gainera, honako eskakizun hauek bete beharko ditu:

- Altzairu herdoilgaitzezkoak izango dira torlojuak eta euste-bernoak, baita juntura-estalkiak ere.
- Panelak eta elementuak muntatzea eta desmuntatzea ahalbidetu beharko du sistemak.
- Korrosioaren kontrako erresistentzia.
- Askatzea ekidin beharko du.

Panelak metalezko elementuak baldin badituzte, beti konektatuko dira lurzorura Elektrizitate-indarraren Jarraibide Teknikoan ezarritakoa betez.

5.3.2.2. Estaldura pintura epoxidikoz egitea

Zeramikazko estalduraren ezaugarri nagusiak, segurtasunaren arloari dagokionez, honakoak izango dira:

- Su hartzeko puntua: Ez da horrelakorik egongo.
- Sua azalera hedatzea: estaldurak ez du sua zabalduko.
- Kea botatzea: estaldurak ez du tunelaren barruko pertsonen arnastea eragozten duen kerik botako.
- Aplikatzen den azalarekiko duen itsaspena justifikatuko da.
- Geruzak urraduraren kontra duen erresistentzia eta gogortasuna justifikatuko dira.
- Arraien kontra duen erresistentzia justifikatuko da.

— Toda la estructura soporte debe ser de acero inoxidable.

- Se emplearán pernos de anclaje de acero inoxidable que permitan una correcta fijación al revestimiento, con mecanismo de posicionado de la estructura portante con tornillos autoblocantes.
- Los perfiles de soporte deberán ejecutarse en acero inoxidable de características adecuadas a la instalación según norma AISI.
- Los perfiles deberán ser normalizados con objeto de asegurar la amplia posibilidad de suministro de los mismos.
- Toda la tornillería entre elementos de fijación será ejecutada en acero inoxidable, deberá ser autoblocante, con sistema normalizado según norma UNE-EN, y deberá ser diseñada de forma que permita el desmontaje de cada uno de los elementos de forma individual.

Los paneles del revestimiento deben cumplir adicionalmente los siguientes requisitos:

- La cara visible deberá contar con tratamiento antigrafiti y antipolvo, que favorezcan su limpieza, así como su resistencia a ácidos, soluciones alcalinas y orgánicas.
- Se justificará la resistencia a la rayadura o dureza de la cara coloreada.
- Se justificará la estabilidad mecánica de la cara visible al lavado de alta presión.
- Se justificará la resistencia de la cara visible a detergentes alcalinos, ácidos y disolventes, etc...

- El panel deberá disponer de un elevado coeficiente de reflexión.
- Capacidad de absorción reducida tras inmersión del panel durante 48 horas.
- Resistencia a los choques y a los impactos de elementos que puedan provenir de la circulación, medida según la norma EN 356.
- No debe presentar bordes cortantes, y en caso de colisión, no debe producir trozos cortantes o puntiagudos.
- Buena resistencia de la cara visible a los humos y gases de escape de los vehículos.

El sistema de fijación de los paneles debe cumplir adicionalmente los siguientes requisitos:

- Todos los tornillos y pernos de fijación serán de acero inoxidable, así como las cubrejuntas.
- El sistema debe permitir el montaje y desmontaje de paneles y elementos independientes.
- Resistencia a la corrosión.
- Deberá evitar su desprendimiento.

Los paneles siempre que contengan elementos metálicos se conectarán a tierra de acuerdo a lo establecido en la Instrucción Técnica de Energía Eléctrica.

5.3.2.2. Revestimiento con pinturas epoxídicas

Las características principales del recubrimiento cerámico en lo referente a materia de seguridad serán las siguientes:

- Punto de inflamación: Ninguno.
- Expansión del fuego sobre la superficie: el recubrimiento no tiene que propagar el fuego.
- Emisión de humo: el recubrimiento no debe emitir humos que dificulten la respiración de las personas que se encuentran dentro del túnel.
- Se justificará su adherencia a la superficie sobre la que se aplique.
- Se justificará la resistencia a la abrasión y la dureza de la película.
- Se justificará la resistencia a la rayadura.

- Detergenteen, azidoen, disolbagarrien... kontra duen erresistentzia justifikatuko da.
- Argia islatzea: estaldura argiaren islatze-ehuneko altua izan beharko du, ISO 2814 arauaren arabera, 45/0ko metroislagailu bat erabiliz.
- Distira: ISO 2813 arauaren arabera, estalduaren distirak ertaina izan behar du.
- Tanten jaioa: bero-baldintzetan, estaldura ez da urtu behar eta ez du tantarik jariatuko beharko tunelaren barruko jendearen gainean edo/eta sua itzaltzera doazen suhiltzaileen gainean.
- Karbonizazioaren kontrako sistema: akaberak ura xurgatzea eragotzi behar du, baita karbono dioxidoa xurgatzea ere, eta, ondorioz, karbonizazioa ere bai.

Estaldura jarri baino lehen, estaliko den azalera ez du paramentua bera ez den ezer izango, eta eremuak ur-presiozko prozeduraren bidez garbituta egon beharko du nahitaez.

5.3.3. Instalazio-irizpideak

Estaldura estetikoa jarriko da tunel guztietako horma pikoetan, New Jersey erako barreraren gainean, eta horma pikoetan instalatutako elementu guztiak barne hartzea erraztuko du.

5.4. Barrerak

5.4.1. Barrerak horma pikoetan

New Jersey erako barrerak jartzea aurreikusten da tunel osoan, eta pitetan kanpai-itxura izango dute.

Barrera M motakoa edo handiagoa izango da, «Ibilgailuen euspen-sistemei buruzko oharrak» atalaren arabera, Herri Lan, Garraio eta Ingurumen Ministerioko 321/95 T eta P Zirkular Agindua aintzat hartuta.

Tunelen hormetako pikoei dagokienez, egiturazko estalduaren alboko barrera hormigoiz hornitu ahal izango da.

Espaloiaren gainean jarriko da barrera eta libre utziko dira pasatzeko beharrezko 75 cm-ak.

5.4.2. Barrerak erdibitzaileen

New Jersey erako barrerak jartzea aurreikusten da tunel osoan.

Barrera M motakoa edo handiagoa izango da, «Ibilgailuen euspen-sistemei buruzko oharrak» atalaren arabera, Herri Lan, Garraio eta Ingurumen Ministerioko 321/95 T eta P Zirkular Agindua aintzat hartuta.

5.5. Seinaleztapena-Balizamendua

8.1-IC «Seinaleztapen Bertikala» Errepideen Jarraibidean ezarritakoa beteko da.

Gainera, bi noranzkoko eta galtzada bakarreko tunel guztietan, erdibitzaileen, jarriko dira kaptafaro zuriak eta horien artean 5 metroko tartea egongo da.

Balizamendua kaptafaroekin egingo da, 10 metroko, muturraren lerroen kanpoko aldean, kasu guztietan. Tunelaren geometriaren edo beste ezaugarri batzuen ondorioz komenigarria bada, horma pikoetara ainguratutako balizamendu-elementuak jarriko dira, 70 zentimetro inguruko altueran eta 10 metroko tartearekin.

Salgai arriskutsuak igarotzea mugatuta duten tunelak merkantzia arriskutsuak nazioartean errepidez garraiatzeko Akordio Europarean (ADR) adierazitakoaren arabera egongo dira seinaleztaturik.

5.6. Drainatzea

Likidoak isurtzeko sistema bat izan beharko da tuneletan eta ondoko lokaletan.

Oro har, drainaketa eta isurketak banatzeko sistema bat egongo da galtzadaren gainean. Sistema horrek alde batetik mazizoko iragazpen-ura bilduko du, eta bestetik galtzadaren gaineko isurketak. (Tunela garbitzea, sua itzaltzea, etab.).

— Se justificará la resistencia a detergentes, ácidos, disolventes, ...

— Reflectancia de la Luz: el recubrimiento debe de ser de un porcentaje alto de reflectancia de luz según el ISO 2814 utilizando un metroreflector de 45/0.

— Brillo: según la ISO 2813 el brillo del recubrimiento ha de ser intermedio.

— Goteo: bajo condiciones de calor, el recubrimiento no debe de derretirse y gotear sobre la gente que se encuentre en el interior del túnel, y/o los bomberos que acudan a sofocar el fuego.

— Anti-Carbonización: el acabado debe de prevenir la absorción tanto del agua como del dióxido de carbono y por tanto la carbonización.

Previamente a la disposición del recubrimiento, la superficie a cubrir deberá estar totalmente libre de objetos ajenos al propio paramento, y el área deberá necesariamente estar limpia mediante el procedimiento de presión de agua.

5.3.3. Criterios de instalación

Se instalará revestimiento estético en los hastiales de todos los túneles, por encima de la barrera tipo New Jersey, favoreciendo la integración de todos los elementos instalados en los hastiales.

5.4. Barreras

5.4.1. Barreras en hastiales

Se preverá la instalación de barreras tipo New Jersey en toda la longitud del túnel, con acampanamiento en las boquillas.

La barrera será de clase M o superior, según las «Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos», Orden Circular 321/95 T y P, del Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente.

En el caso de los hastiales de los túneles, se admitirá hormigonar la barrera junto al revestimiento estructural.

La barrera se situará sobre la acera dejando libre los 75 cm de paso requeridos.

5.4.2. Barreras en mediana

Se preverá la instalación de barreras tipo New Jersey en toda la longitud del túnel.

La barrera será de clase M o superior, según las «Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos», Orden Circular 321/95 T y P, del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

5.5. Señalización-Balizamiento

Se cumplirá con lo establecido en la Instrucción de Carreteras 8.1-IC «Señalización Vertical».

Además en todos los túneles bidireccionales de una sola calzada se colocará en la mediana de separación capatafaros de color blanco y separados 5 metros entre sí.

El balizamiento se hará con captafaros, cada 10 metros por el exterior de las líneas de borde, en todos los casos. Cuando la geometría u otras características del túnel así lo aconsejen, se colocarán elementos de balizamiento anclados a los hastiales, a una altura aproximada de 70 centímetros y separados también 10 metros.

Los túneles en los que se restrinja el paso de mercancías peligrosas deberán estar señalizados según lo indicado en el Acuerdo Europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR).

5.6. Drenaje

Los túneles y sus dependencias anejas deberán disponer de un sistema de evacuación de líquidos.

En general se dispondrá de un sistema separativo de drenaje y evacuación de vertidos sobre la calzada. Este sistema recogerá por una parte el agua de infiltración del macizo, y por otra los vertidos sobre la calzada. (Limpieza del túnel, extinción de incendios, etc.).

Tuneletako ur-harguneetan, duten sestrari esker ura barrurantz sartzen denean, ura hartzeko sistemak ezarriko dira. Halaber, erregimen naturalera itzultzeko lanari jarriko zaio arreta.

5.6.1. Galtzadaren drainaketa

5.6.1.1. Xedea

Galtzadako uren etorria biltzeko sistemen helburua barruko isurketa-produktuak biltzea da; honako hauek izan daitezke produktuon jatorriak:

- Ohikoak: Ibilgailuek euria edo elurra denean arrastan eramandako uren etorria nahiz horma pikoien garbiketako urak.
- Ezbeharretakoak: Istripuetan galtzadaren gainean isuritako hainbat produktu.

5.6.1.2. Hautaketa-irizpideak

A) Printzipio orokorrak.

III. motako tuneletan ez da beharrezkoa lur gaineko urak biltzeko sistema bat ezartzea.

II. motako tunelen kasuan, berriz, kanalizazio nagusi gisa erabil daiteke biltzeko-sistema, betiere beste kolektorerik behar izan barik.

I. motako tuneletan, biltzeko-sistemarekin batera, nahitaez jarri beharko da kolektore bat, eta kolektore horrek barrutik kutxetekin konektaturik egon beharko du, gehienez 100 metroko tartean egongo diren sifoi su-ebakitzailerekin, eta, ahal dela, 50 metroko tarteekin. Ipiniko den kolektorearen beharrezko neurriak dagokien kalkularen bidez justifikatu beharko dira.

B) Bide-zoruak.

Ez dago baimenduta errodadura-geruza drainatzailerik erabiltzea.

C) Ertz-erretanak.

Ertz-erretanak denbora laburrean xurgatu behar ditu isurketak, isurketek bustitako azalera mugatu ahal izateko.

Baldin eta merkantzia arriskutsuak pasatzeko baimena ematen bada, jarraitua izan behar du ertz-erretanak, eta irekidura bertikalekoa izan daiteke, edo irekidura horizontalekoa baina sareta-rekin. Oro har, lehenengo motakoa gomendatzen da.

5.6.1.3. Dimentsioen gaineko irizpideak

A) Ertz-erretan jarraituak:

Irizpide hauek errespetatu behar dituzte ertz-erretan jarraituak:

- Gehienezko altuera: 60 cm.
- Bide-bazterraren gehieneko okupazioa: 50 cm
- Kolektoreak gutxienez 60 litro libratu beharko ditu segundoko.
- Gehieneko emariaren %70erako gutxienezko abiadurak 0,5 m/seg izan behar du.
- Xurgapen-ahalmena: bat-batean isuritako likido baten 5 m³ xurgatzeko gauza izan behar du 10 segundoren barruan, 50 m-ko luzeran.
- 6 tonako gurgil batek 25 cm x 25 cm-ko azalera baten gainean isolatuta duen karga baliokideari eusteko gauza izan behar dute.

B) Sifoi kutxeta suhesiak:

6 tonako gurgil batek 25 cm x 25 cm-ko azalera baten gainean isolatuta duen karga baliokideari eusteko gauza izan behar dute kutxetek.

Sifoietan ura etengabe dagoela bermatu beharko da.

Ahalik eta estankoenak izango dira sifoiak ixteko elementuak.

Ez da sifoi kutxetarik jarriko suaren kontrako ekipoetatik, segurtasun-nitxoetatik edo instalazioen sarretatik 10 metrora baino distantzia laburragoan, erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko eta larrialdietako zerbitzuak sartzeko.

En las bocas de los túneles, cuya rasante favorezca la entrada de agua hacia el interior, se proyectarán dispositivos de captación de agua. Asimismo se prestará atención a la restitución al régimen natural.

5.6.1. Drenaje de la calzada

5.6.1.1. Objeto

Los dispositivos de recogida del agua de escorrentía de la calzada tienen por objeto recoger los productos de escorrentía interiores, cuyo origen puede ser:

- Normal: Aguas de escorrentía arrastradas por los vehículos en tiempo de lluvia o nieve, aguas de limpieza de los hastiales.
- Accidental: Productos diversos vertidos sobre la calzada en caso de accidente.

5.6.1.2. Criterios de elección

A) Principios generales.

En túneles de Tipo III no es necesario implantar un sistema de recogida de aguas superficiales.

Para túneles de Tipo II, el dispositivo de recogida puede utilizarse como canalización principal, sin ser necesario un colector adicional.

Para túneles de Tipo I, el dispositivo de recogida debe estar obligatoriamente acompañado de un colector conectado con el anterior por arquetas con sifón cortafuegos separadas un máximo de 100 metros, y preferiblemente cada 50 metros. Se deberá justificar mediante su correspondiente cálculo las dimensiones necesarias del colector a colocar.

B) Firmes.

No se autoriza el empleo de capas de rodadura drenantes.

C) Caces.

El caz debe de poder absorber los vertidos en un tiempo corto, con el fin de limitar la superficie mojada por el vertido.

En el caso de que se permita el paso de mercancías peligrosas, el caz debe ser continuo, pudiendo ser de abertura vertical, de abertura horizontal, o de abertura horizontal con rejilla. En general se recomienda el primer tipo.

5.6.1.3. Criterios de dimensionamiento

A) Caces continuos:

Los caces deben respetar los siguientes criterios:

- Altura máxima de 60 cm.
- Ocupación máxima del arcén: 50 cm.
- Como mínimo el colector deberá poder evacuar 60 l/seg.
- La velocidad mínima para el 70% del caudal máximo debe ser 0,5 m/seg.
- Capacidad de absorción tal que permita evacuar un vertido brusco de 5 m³ de un producto líquido en menos de 10 segundos, en una longitud de 50 m.
- Capacidad resistente para soportar una carga equivalente a una rueda aislada de 6 toneladas sobre una superficie de 25 cm x 25 cm.

B) Arquetas sifónicas cortafuegos:

Las arquetas deben ser capaces de soportar una carga equivalente a una rueda aislada de 6 toneladas sobre una superficie de 25 cm x 25 cm.

Se deberá garantizar la presencia permanente de agua en los sifones.

Los elementos de cierre de los sifones serán lo más estancos posibles.

No se colocarán arquetas sifónicas a menos de 10 metros de equipos contra-incendios, nichos de seguridad, o del acceso a instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia.

C) Ur zikinak berreskuratzeko tanga:

I. motako tuneletan, merkantzia arriskutsuak igarotzea baimenduta baldin badago, ur zikinak berreskuratzeko tanga estanco bat jartzea komeni den ala ez aztertuko da, isurtzeak bide naturalen bidez desagerrarazi baino lehenago tratatzeko.

5.6.2. Lurrazpiko uren drainaketa

5.6.2.1. Xedea

Jarritako dispositiboen xedea honako jatorri hauetatik datozen lurrazpiko urak biltzea da:

- Estalduraren estradoseko zirkulazioa.
- galtzadako zabaldegia.

Drainen bidez egiten da bilketa hori iragazgaizpen-sistemarekin konektaturiko horma pikoen oinarrietan, baita galtzadaren azpiko drainen bidez ere.

5.6.2.2. Iragazpeneko ura biltzea

II eta III. motetako tuneletan, erregistroko kutxeten mazizoko iragazpeneko urak biltzeko sistema jarri beharko da, gehienez 100 metroko tartea dagoela kutxeten artean. Kutxeta horiek helburu horretarako aurreikusitako nitxo txikietan jarriko dira.

I. motako tuneletan, mazizoko urak biltzeko sistema kolektorearekin konektatuko da, ahal dela; eta gehienez 100 metroko tartea egon behar du kutxeten artean.

5.6.2.3. Zabaldegiko drainaketa

Galtzadako ertzetan jarriko diren drain longitudinalen bidez bilduko dira azpisestratik datozen iragazpenak. Hodiaren diametroa gutxienez 200 mm-koa izango da mantentze-lanak errazagoak izan daitezten.

Erregistroko kutxetak jarriko dira, eta plataformako drainaketa kutxetak izan ahalko dira, betiere bi emariak nahasteko modua ematen ez badute.

5.7. Komunikazioetarako hodiak

Kontrako justifikaziorik aurkeztu ezean, espaloia azpian, tune-laren alde banatan, komunikazioetarako hodiak jartzea aurreikusiko da, galdatutako segurtasun- eta kontrol-sistemak ezarri daitezten.

Hornidura bermatzeko beharrezkoak direnak aurreikusiko dira, eta gutxienez 50 mm-ko diametroa edo sekzioan horren balio-kidea izango duten zortzi (8) hodi aurreikusiko dira tunelaren alde banatan, baita gehienez 50 m-ko distantziara jarriko diren kutxetak ere.

Tuneletako espaloien arteko galtzadako pasabideak aurreikusiko dira, baita ebakuazio-galerien pareko deribazio-kutxetak eta ibilgailuak tunelen artean pasatzeko bideak ere.

5.8. Energia hornitzeko eta banatzeko hodiak

Justifikaziorik egon ezik, tentsio altuko edo ertaineko energia elektrikoa hornitzeko hodiak jartzea aurreikusiko da (200 mm-ko diametroko 2 hodi gutxienez) eta behe-tentsiokoak (gutxienez 110 mm-ko diametroko 8 hodi, eta kutxeta gehienez 50 m-ra jarriko da), energia elektrikoa hornitzeari eta banatzeari buruzko jarraibide teknikoak betez.

Galtzadako pasabideak aurreikusiko dira, baita ebakuazio galerien pareko deribazio-kutxetak eta ibilgailuak tunelen artean pasatzeko bideak ere.

Gomendagarria da energia elektrikoaren hodien igoera segurtasun-barreraren gaineko kutxetatik irtenaraztea. Era berean, horma pikoa erretena egitea gomendatzen da, babes handiagoa lortzeko.

Gainera, lurren sarea Elektrizitate-indarraren Jarraibide Teknikoan ezarritakoa betez egin beharko da.

5.9. Suaren kontrako babes-hodiak

Kontrako justifikaziorik aurkeztu ezean, hodiak jartzea aurreikusiko da Suaren Kontrako Babes Sistemaren Jarraibidea betetzeko.

C) Depósito de recuperación de efluente:

En los túneles tipo I en el caso de que se permita el tráfico de mercancías peligrosas, se estudiará la conveniencia de disponer de un depósito de recuperación de efluentes estanco, que permita tratar el vertido antes de su disipación por los cauces naturales.

5.6.2. Drenaje de aguas subterráneas

5.6.2.1. Objeto

Los dispositivos que se colocan tienen como objeto recoger las aguas subterráneas provenientes de:

- La circulación en el trasdós del revestimiento.
- La explanada de la calzada.

Esta recogida se efectúa a través de drenes en la base de los hastiales, conectados con la impermeabilización y por drenes bajo la calzada.

5.6.2.2. Recogida de agua de infiltración

Para túneles de Tipo II y III, se debe instalar en el sistema de recogida de las aguas de infiltración del macizo arquetas de registro separadas un máximo de 100 metros. Estas arquetas se instalarán en nichos de pequeñas dimensiones previstos para este fin.

Para túneles de Tipo I, la recogida de aguas del macizo se conectará preferentemente a un colector por medio de arquetas de registro separadas un máximo de 100 metros.

5.6.2.3. Drenaje de la explanada

Las infiltraciones provenientes de la subrasante se recogerán por medio de drenes longitudinales situados en los extremos de la calzada. El diámetro del tubo será como mínimo de 200 mm, para facilitar el mantenimiento.

Se dispondrán arquetas de registro, que podrán coincidir con las del drenaje de la plataforma, siempre que no se permita la mezcla de los dos caudales.

5.7. Tubos para comunicaciones

Salvo justificación se preverá la instalación de tubos para comunicaciones, preferentemente bajo la acera, en ambos lados del túnel con objeto de permitir la instalación de los sistemas de seguridad y control requerido.

Se preverán los que sean necesarios para garantizar el suministro y como mínimo ocho (8) tubos de diámetro no inferior a 50 mm o su equivalente en sección y arquetas a distancia no superiores a 50 m en cada uno de los lados del túnel.

Se preverán pasos de calzada entre aceras de los túneles y arquetas de derivación enfrentadas a las galerías de evacuación y pasos de vehículos entre túneles.

5.8. Tubos para suministro y distribución de energía

Salvo justificación, se preverá la instalación de tubos para suministro de energía eléctrica en alta o media tensión (mínimo 2 tubos de diámetro 200 mm) y baja tensión (mínimo 8 tubos de diámetro 110 mm con arqueta situada a distancia no superior a 50 m) para cumplimiento de la Instrucción Técnica de suministro y distribución de energía eléctrica.

Se preverán pasos de calzada entre aceras de túneles y arquetas de derivación enfrentadas a las galerías de evacuación y pasos de vehículos.

Se recomienda realizar la salida de las subidas de los tubos de energía eléctrica desde las arquetas sobre la barrera de seguridad. Asimismo, se recomienda ejecutar una roza en el hastial con el objetivo de lograr una mayor protección.

Además se deberá realizar la red de tierras de acuerdo a lo indicado en la Instrucción Técnica de Energía Eléctrica.

5.9. Tubos de protección contra incendios

Salvo justificación, se preverá la instalación de tubos para cumplimiento de la Instrucción de Sistemas de Protección Contra Incendios.

6. SEGURTASUN AZPIEGITURA

6.1. Erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak

Erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak funtsezkoak dira oinarriko segurtasuna emateko. Beharrezko ebakuazio-ibilbideak eta horien ezaugarri fisikoak, egiturakoak eta ezaugarri funtzionalak definituko ditu proiektuak.

350 metrokoak baino luzeagoak diren I. motako tuneletan 175 - 350 metroko distantzia duten instalazioak jarriko dira.

Hauexek dira ebakuazio-bide guztien eskakizun komunak:

- Ez labaintzeko zoladura.
 - Altuera libre: 2,20 m.
 - Zabalera libre: 2,20 m.
 - Eskubanda izango dute, beharrezkoa izanez gero.
 - Ez da exijitutako gutxieneko mailatik beherako zabalera murrizten oztoporik egongo.
 - Gomendaturiko gehieneko malda: %8.
 - Ebakuazio-bideko sarrerak Eraikuntzaren Kode Teknikoan adierazitakoa beteko du, maldei dagokienez.
 - Ahal dela ez da eskailerarik erabiliko, eta arreta berezia eman-goa zaie mugikortasun murriztua duten pertsonen segurtasunari.
 - Trazaketarekin lotutako arrazoen ondorioz mugikortasun murriztua duten pertsonen ebakuazioa ezinezkoa den kasuetan, eremu seguru horizontal bat egongo da.
 - Drainaketa-sistema bat izango du, pertsonak dabilzan tar-teak lehor izateko uneoro.
 - Ke eta gasik gabe egongo dira.
 - Tunelekiko loturak seinalezaturik egongo dira.
 - Kontroleko zentroarekin komunikatzeko instalazioak izango dira.
 - Barruko aldean eskuzko su-itzalgailua jarriko da.
 - Beroaren hedapena baliabide egokien bidez galaraziko da.
- Honakoen artean hautatuko da instalazio-mota, ondoko hurrenkeraren arabera lehentasunarekin:
- Zuzeneko komunikazioa tunelaren kanpoko aldearekin zentzuzko baldintzetan egin daitekeenean.
 - Tunel-zuloen arteko komunikazioa bi tunel-zulo daudenean eta komunikazio hori atarte presurizatuaren bidez egin daitekeenean.
 - Zerbitzuko tunel paraleloa beste arrazoi batzuk direla-eta justifikatuta badago.
 - Suaren kontrako babesa duten ebakuazio galeriak dauden babeslekuak, salbuespenezko kasuetan aurreko instalaziorik izateko modurik ez badago.

6.1.1. Kanporako zuzeneko ebakuazioa

Tunelen galtzada lur gainetik 15 metrora baino distantzia txikiagora dagoenean, eta bereziki tunel aizunetan, kanpoko aldearekiko zuzeneko konexioak izango dira erabiltzaileak ebakutzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak.

Konexio horiek oinezkoak soilik sartzeko modukoak izango dira eta gutxienez 2,20 metroko zabalera izango dute eta 2,20 metroko altuera. Oinplanoan gutxienez 5 m² dituen atarte presurizatu batekin egongo dira bananduta tuneletik. Ateek gutxienez 1,80 m-ko zabalera tarte libre utzi behar dute eta 2 metroko altuera, eta tuneletik kanporantz zabaldu behar dira. Atearen eta tunelaren horma pikoaren areko atzeraeramangune bat aurreikusiko da (metro bat nahikoa izan daiteke), kanpotik sartzen den langileriak babesleku bat izan dezan. Konexioak eta atarteak 0,70 m-ko zabalera eta 2,30 m-ko luzerako ohatila bat pasatzeko modukoak izan behar dute. Atarteko bi atekaldi berean zabaldu ahalko dira ohatila pasa ahal izateko.

6. INFRAESTRUCTURA DE SEGURIDAD

6.1. Instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y accesos de emergencia

Las instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia constituyen un elemento de seguridad esencial. El proyecto definirá las rutas de evacuación necesarias, sus características físicas, estructurales y funcionales.

En los túneles de más de 350 m de Tipo I se dispondrán estas instalaciones con distancia comprendida entre 175 - 350 metros.

Los requisitos comunes a todas las rutas de evacuación serán los siguientes:

- Pavimento antideslizante.
 - Altura libre 2,20 m.
 - Anchura libre 2,20 m.
 - Estarán dotados de pasamanos, aquellas que lo requieran.
 - Inexistencia de obstáculos que reduzcan su anchura por debajo de la mínima exigida.
 - Pendiente máxima recomendada 8%.
 - El acceso a la ruta de evacuación cumplirá con lo indicado en el Código Técnico de Edificación, en lo relativo a pendientes.
 - Se evitará en lo posible el uso de escaleras, prestándose especial atención a la seguridad de las personas con movilidad reducida.
 - Se dispondrá de una zona segura horizontal en aquellas galerías que por motivos de trazado impida la evacuación de personas con movilidad reducida.
 - Dispondrá de un sistema de drenaje que mantenga en seco la superficie de tránsito de personas.
 - Permanecerán libres de humos y gases.
 - Los entronques con el túnel estarán señalizados.
 - Dispondrá de instalaciones de comunicación con el centro de control.
 - En el interior se instalará un extintor manual.
 - Se impedirá por medios adecuados la propagación del calor.
- El tipo de instalación se seleccionará entre las siguientes, en orden de preferencia:
- Comunicación directa con el exterior cuando se pueda realizar en condiciones razonables.
 - Comunicación entre tubos cuando existan dos tubos, y esa comunicación se pueda dar a través de un vestíbulo presurizado.
 - Túnel de servicio paralelo si está justificado por otros motivos.
 - Refugios con galería de evacuación protegida contra el fuego si no se puede disponer ninguna de las instalaciones anteriores en casos excepcionales.

6.1.1. Evacuación directa con el exterior

En el caso de túneles en que la calzada esté a menos de 15 metros de la superficie, y en particular en falsos túneles, las instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia consistirán en conexiones directas con el exterior.

Estas conexiones, accesibles solamente a peatones, deben contar con una anchura mínima de 2,20 metros y una altura de 2,20 metros. Estarán separadas del túnel mediante un vestíbulo presurizado con una superficie en planta de por lo menos 5 m². Las puertas deben dejar un espacio libre de al menos 1,80 m de anchura y 2 metros de altura, y se deben abrir en la dirección desde el túnel hacia el exterior. Se preverá un retranqueo de la puerta con respecto al hastial del túnel (1 m puede ser suficiente), que permita una zona de refugio para el personal que pudiera acceder desde el exterior. La conexión y el vestíbulo deben permitir el paso de una camilla de 0,70 m de anchura y 2,30 m de largo. Las dos puertas del vestíbulo se podrán abrir simultáneamente para permitir el paso de una camilla.

Larrialdietako irteerako azken muturrean, kanpoan segurtasun-sarraila bat egongo da, eta posible izango da barrutik irekitzea.

Baimenik gabeko pertsonak galarazita dute konexio horietara kanpoko aldetik sartzea.

Baldin eta tuneletako galtzada lur gainetik 15 metrora baino distantzia luzeagora badago, ez da nahitaezkoa kanpoaldearekiko zuzeneko konexioa egotea, eta lurrazpiko instalazioekin konparatu beharko dira.

6.1.2. Ebakuazioa tunelaren bitartez

Ez badago kanpoko aldearekin zuzenean komunikatzerik, erabiltzaileak ebakuatzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako sarrerak ondorengo xedapenen arabera egingo dira, bi zulo-tunelak izan zein zulo bakarreko tunelak izan:

- Bi zulo dituzten tunelak: Bien arteko lotura.
- Zulo bakarreko tunelak: Segurtasun-galeriak. Babeslekuak.
- a) Bi tunel-zulo dituzten tunela.k

Tunel-zuloen arteko konexioa irtenbide ona da erabiltzaileak ebakatu ahal izateko (eta horixe da hiriarteko tunelak gehienetan aukeratu ohi dena), baina baldintza honekin: gorabehera edo istripua gertatzen den tunel-zuloko konexioa beste tunel-zuloko errei batekin (tunel-zulo hori zirkulazioan egon daiteke oraindik) zuzenean ez egitea ate bakarraren bidez.

Oinezkoen zuzenduriko komunikabideek 2,2 m izango dituzte zabaleran, gutxienez, suteen kontrako materialak ere igaro ahal izateko (tutu malguten karreteak, batik bat), eta 2,2 m izango dituzte altueran. Ateek zabaleran 1,80 metroko tartea eta altueran 2 metrokoa libre utzi beharko dute. Ateak irekitzeko norabidea tuneletik konektatzea izango da. Komenigarritzat jotzen da ateen atzeraeramanguneak egitea tunelarekiko. Komenigarria izango litzateke, era berean, 2 m-tik gorako segurtasun-distantzia uztea, bidaiariak seguru izan daitezen tuneleko irteerako ebakuazioa egin behar denean. Baldin eta maila-diferentzia badago tunel-zuloen artean eta horren ondorioz ezin pasa badaiteke tutu malguten karretea (eskailera baten presentzia), tunel-zuloen arteko komunikazioak eta ateen kanporako zuzeneko komunikazioetarako 6.1. puntuan azaldutako gutxienezko neurriak bete beharko dituzte. Ohiko baldintzetan, itxita egongo dira ateen airea eta keak tunel-zulo batetik bestera ez igarotzeko.

Ahal denean, oinplanoan gutxienez 15 m² dituen atarte presurizatua jarriko da. Ezinezkoa bada (adibidez, hormigoizko horma batekin banatutako tunel-zuloetan), komenigarria da tunel-zulo bakarreko tuneletarako azaldutako irtenbideetako bat hartzea.

Konexio-galeria duten tunel guztiek trafikoa kontrolatzeko sistema bat izan beharko dute, eta sistema horrek istripurik ez dagoen tuneleko zirkulazioa etetea ahalbidetu beharko du du.

6.2.1. puntuan adierazten da zein kasutan izan behar duten tunel-zuloen arteko komunikazio batzuek larrialdietarako ibilgailuak bertatik igarotzeko modukoak eta zein ezaugarri izan behar dituzten.

- b) Tunelaren segurtasun-galeria paraleloa.

Tunelarekiko segurtasun-galeria bat eraikiko da hala egitea justifikatuta dagoenean arrazoi teknikoak daudenean soilik (tunel-piloto gisa, esate baterako). Oinezkoak sartzeko modukoak izango dira, printzipioz, tunelaren eta segurtasun-galeriaren arteko komunikazioak. Ahal bada, atarte presurizatua izango da horietan guztietan. Segurtasun-galeriek, konexioek eta atarte presurizatuak (horrelakorik baldin badago) gutxienez bi tunel-zuloen arteko komunikazioetarako a) puntuan adierazitako ezaugarriak izango dituzte.

- c) Babeslekuak.

Tunelak baino babestuago dauden guneak dira babeslekuak; zaurituei, mugikortasun murriztua duten pertsonen eta adinekoei laguntzeko, suhiltzaileen erreleboak egiteko, etab. Jarraibide honen ondorioetarako, halakotzat jotzen dira istripua izan den tunela ez den beste bide batetik kanpotik sartzeko bidea dutenak soilik.

Baldin eta azaldutako irtenbideak bideraezinak badira teknikaren aldetik eta ekonomiaren aldetik, babeslekuak eraikiko dira erabiltzaileei toki seguru bat eskaintzeko ebakuatuak izan arte itxa-

En el extremo final de la salida de emergencia se dispondrá de una puerta que disponga de cerradura de seguridad por el exterior y posibilidad de apertura desde el interior.

No se debe permitir el acceso de personas no autorizadas a estas conexiones desde el exterior.

En el caso de túneles en que la calzada esté a más de 15 metros de la superficie no es obligatoria la conexión directa con el exterior, debiendo compararse con las instalaciones subterráneas.

6.1.2. Evacuación a través de túnel

En ausencia de comunicación directa con el exterior, las instalaciones para la evacuación y protección de usuarios y acceso de emergencia se realizarán según las disposiciones siguientes, según se trate de túneles con dos tubos o con un solo tubo:

- Túneles con dos tubos: Conexión entre ambos.
- Túneles con un solo tubo: Galerías de seguridad. Refugios.
- a) Túneles con dos tubos.

La conexión entre tubos constituye una buena solución para la evacuación de los usuarios (y es la que se suele seleccionar en la mayor parte de túneles interurbanos), con la condición de que la conexión desde el tubo en el que el incidente o accidente ocurre a un carril del otro tubo (que puede estar todavía en circulación) no se realice directamente a través de una única puerta.

Las comunicaciones destinadas a peatones tendrán por lo menos una anchura de 2,2 m para permitir igualmente el paso de materiales contra-incendios (en particular carretes de mangueras), y una altura de 2,2 metros. Las puertas deben dejar una anchura libre de 1,80 m y una altura libre de 2 metros. Las puertas se abrirán en la dirección desde el túnel hacia la conexión. Se considera conveniente un retranqueo de las puertas con respecto al túnel. Sería conveniente una distancia de seguridad superior a 2 m que permita una zona segura de los viajeros en caso de evacuación a la salida al túnel. Si existe una diferencia de nivel entre los tubos que no permite pasar un carrete de manguera (presencia de una escalera), la comunicación entre los tubos y las puertas respetarán las dimensiones mínimas descritas en el punto 6.1 para las comunicaciones directas al exterior. En condiciones normales las puertas permanecerán cerradas para evitar el paso de aire y humos de un tubo al otro.

Quando sea posible se dispondrá entre ambos tubos un vestíbulo presurizado con una superficie mínima en planta de 15 m². Si esto no es posible (por ejemplo en tubos separados por un simple muro de hormigón), conviene adoptar una de las soluciones descritas a continuación para los túneles de un tubo.

Los túneles que dispongan de galería de conexión deberán contar con un sistema de control de tráfico que permita interrumpir la circulación en el túnel no siniestrado.

En el punto 6.2.1 se indican en qué casos algunas de las comunicaciones entre tubos deben ser accesibles a los vehículos de emergencia, y cuales deben ser sus características.

- b) Galería de seguridad paralela al túnel.

Solamente se construirá una galería de seguridad paralela al túnel cuando se justifique por razones técnicas (por ejemplo como túnel piloto). Las comunicaciones entre el túnel y la galería de seguridad serán en principio accesibles únicamente por peatones. Cuando sea posible, estarán provistas de un vestíbulo presurizado. La galería de seguridad, las conexiones y los vestíbulos presurizados si los hubiera, presentarán como mínimo las características indicadas en el punto a) para las comunicaciones entre dos tubos.

- c) Refugios.

Los refugios son espacios más protegidos que el túnel para atención de heridos, personas de movilidad reducida y personas de edad avanzada, relevo de bomberos, etc. A efectos de esta Instrucción sólo se consideran como tales aquellos que tengan acceso exterior por camino distintos del túnel siniestrado.

Quando ninguna de las soluciones descritas anteriormente, sea técnica y económicamente viable, se construirán refugios para ofrecer a los usuarios un lugar seguro donde esperar a ser evacua-

ron dezaten. Babesleku bakoitzak gutxienez 50 m²ko azalera, 4 metroko gutxieneko azalera, 2,20 metroko gutxieneko altuera eta 2,50 metroko batez besteko altuera izango ditu. Sarrera atondo presurizatu bat egongo da, eta kanporako zuzeneko komunikazioetarako a) idatz-zatian adierazitako ezaugarri berak izango ditu.

Alde segurutzat hartzeko, gainera, atmosfera egokia ziurtatuko duen aparteko aireztapena izango dute kanpoko aldetik. Babeslekuko batez besteko argiztapenak 20 lx-eko izan behar du.

Babeslekuak suaren kontrako babesa duen eta larrialdietarako den bide batekin egongo dira konektaturik. Bide horri esker, babeslekuetan bildutako pertsonak ebakuatu ahal izango dira. Hala eta guztiz ere, babeslekuetan bildutako pertsonak ezingo dute bide hori larrialdietako edo jarduketetako zerbitzuek gidatu barik erabili. Bestalde, ez da beharrezkoa bideak segurtasun-galeriaren ezaugarriak biltzea. Bideak gutxienez 1,50 metroko altuera libre utzi behar du 1,40 metroko zabalera, eta 2 metroko altuera, aldiz, 0,90 metroko zabalera (1,40 m-ko aurreko zabalera duen tokian kokatuta). Bideko lurrak gutxienez 2,5 kPa-ko karga banatuari eutsi behar dio azalera osoan. Baldintza horrek ez dakar ustiapenaren beharrekin lotutako beste eskakizun batzuk bete behar ez izatea. Aireztapen-zulo bat erabili ahal izango da helburu horretarako, baina baldintza batekin: suak iraun bitartean, aire freskoa leuntasunez igorri ahal izatea (aireztapen-metodo horrek larrialdi-egoera posibleekin bateragarria izan behar du). Ezin erabili daitezke keak ateratzeko bihur daitezkeen aire freskoko tunel-zuloak. Bide horien eta babeslekuen arteko konexioek lehenago azaldukoak baino neurri txikiagoak izan ditzakete, baina 0,70 metroko zabalera eta 2,30 metroko luzera dituen ohatila pasatzea ahalbidetu behar dute.

d) Larrialdietarako motordun ekipo egokituak erabiltzea.

3.000 m-tik gorako tuneletan, trafiko askotxo badabil bertatik, segurtasun-galeriek edo babeslekuetarako sarbideek beren geometriari egokitutako larrialdietarako motordun ekipoek erabiltzeko modukoak izan beharko dute.

6.2. Larrialdietarako ibilgailuetarako instalazioak

Honako neurri hauek dituen larrialdietako ibilgailu batek erabiltzeko modukoak izan behar dute larrialdietarako ibilgailuetarako instalazioek: 8 m luze, 2,5 m zabal eta hormen arteko 19 m-ko biraketa-diámetroa.

6.2.1. Tuneleko instalazioak

1.300 m-tik gorako tuneletan, tunel-zulo batetik bestera larrialdietako ibilgailuak pasatzeko modua egongo da, gutxi gorabehera 1.050 m-ko distantziarekin bi tunel-zulo badaude eta kokapena posiblea bada, edo bestela ibilgailuak itzultzea ahalbidetuko da.

6.1. puntuan ezarritakoarekin bat etorri bi tunel-zuloen arteko komunikazioa duten tuneletan, zenbait konexio larrialdietako ibilgailuak sartzeko modukoak izanda egiten da hori.

Ibilgailuak sar daitezkeen galeriek 5 m-ko gutxieneko zabalera izan behar dute hormen artean. 3,50 m-ko zabalera zirkulagarria izan beharko dute, eta 3,50 m-ko altuera libre zabalera horretan. Gehienez %8ko makurdura izango du. 3,50 m zabal bider 3,50 m altuko gune libre utzi behar duten atea izango dituzte. Ertzen eta atean geometria lehenago azalduko moduko larrialdietako ibilgailu bat atzera egin barik pasatu ahal izateko modukoa izango da. Ikuspuntu horretatik, 6.1.2. atalean adierazi den moduan, zirkulazioa erraztuko du atzeraemanguneak eta gune segurua emango du ebakuazioa egin behar denean. Ate txikiagoak jarriko dira oinezkoak igarotzeko, eta ate horiek 0,90 m-ko zabalera eta 2 m-ko altuerako neurri libreak izango dituzte. Ohiko baldintzetan, itxita egongo dira atea airea eta keak tunel-zulo batetik bestera ez igarotzeko.

Ebakuazio-galeriarik aurreikusten ez bada, larrialdietako ibilgailuek soilik erabiltzeko konexioak jarriko dira (lurgainarekin zuzeneko ebakuazio-konexioak dituzten tunel aizunen kasuan, erdiko horma pikoan jarritako atea baino ez dira). Larrialdietako edo ekintza zerbitzuek ireki ditzakete soilik atea.

Hori ez da aplikatuko tunel-zulo biak elkarren gainean badaude edo oso maila ezberdinetan badaude.

Cada refugio contará con una superficie mínima de 50 m², una anchura mínima de 4 m, una altura mínima de 2,20 m, y una altura media de 2,50 metros. La entrada contará con un vestíbulo presurizado que presentará las características indicadas en el apartado a) para las comunicaciones directas al exterior.

Para considerarlos zona segura deberán cumplir además ventilación independiente desde el exterior que asegure una atmósfera adecuada. La iluminación media en el refugio debe ser de 20 lx.

Los refugios estarán conectados con el exterior del túnel por un camino protegido del incendio y destinado para emergencias. Este camino deberá también permitir evacuar a las personas refugiadas en los refugios. Sin embargo, las personas refugiadas no deben poder utilizar el camino sin ser guiadas por los servicios de emergencia o de operación. No es necesario que el camino tenga las características de una galería de seguridad. El camino debe dejar libre como mínimo una altura de 1,50 en una anchura de 1,40 m, y una altura de 2 m en una anchura de 0,90 m (situada en el interior de la anchura precedente de 1,40 m). Su suelo debe soportar como mínimo una carga repartida equivalente a 2,5 kPa en toda su superficie. Esta condición no implica que no deban cumplirse otras exigencias ligadas a necesidades de explotación. Se podrá utilizar un conducto de ventilación para este fin a condición de que se pueda insuflar suavemente aire fresco mientras ocurra el incendio (este método de ventilación debe ser compatible con los escenarios de emergencia adoptados). No se podrán utilizar conductos de aire fresco que puedan invertirse para la extracción de humos. Las conexiones entre estos caminos y los refugios pueden tener dimensiones menores que las descritas previamente, pero deben permitir el paso de una camilla de 0,70 m de anchura y 2,30 m de largo.

d) Uso de equipos de emergencia motorizados adaptados.

En túneles con longitud superior a 3.000 m con tráfico importante, la galería de seguridad o el camino de acceso a los refugios deben poder ser usado por equipos de emergencia motorizados adaptados a su geometría.

6.2. Instalaciones destinadas a los vehículos de emergencia

Las instalaciones destinadas a los vehículos de emergencia deberán poder ser empleadas por un vehículo de emergencia de 8 m de largo, 2,5 m de ancho y con un diámetro de giro entre paredes de 19 metros.

6.2.1. Instalaciones en el túnel

En los túneles con longitud superior a 1.300 m, se debe permitir con distancia máxima de 1.050 m aproximadamente el paso de vehículos de emergencia de un tubo al otro, si hay dos tubos y esta disposición es posible, o bien permitir dar la vuelta a los vehículos en otro caso.

En túneles donde se dispone comunicación entre los dos tubos de acuerdo con lo dispuesto en el punto 6.1, esto se realizará haciendo algunas de las conexiones accesibles a vehículos de emergencia.

Las galerías accesibles a vehículos deberán tener una anchura mínima entre paredes de 5 m. Deberán contar con una anchura circulaible de 3,50 m y una altura libre en esa anchura de 3,50 m. Su inclinación no sobrepasará el 8%. Estarán provistas de puertas que dejen un espacio libre de 3,50 m de anchura por 3,50 m de altura. La geometría de sus extremos y de las puertas debe permitir que un vehículo de emergencia como el descrito anteriormente pase sin dar marcha atrás. Desde este punto de vista, el retranqueo, tal como se ha indicado en el apartado 6.1.2, facilitará la circulación y permitirá disponer de una zona segura en caso de evacuación. Se dispondrán puertas más pequeñas, con dimensiones libres de 0,90 m de anchura y 2 m de altura, para el paso de peatones. En condiciones normales las puertas permanecerán cerradas para evitar el paso de aire y humos de un tubo al otro.

Si no se prevén galerías de comunicación, se dispondrán conexiones para el uso exclusivo de vehículos de emergencia (en el caso general de falsos túneles con conexiones de evacuación directas con la superficie, se trata de simples puertas dispuestas en el hastial central). Estas solamente podrán ser abiertas por los servicios de emergencia o de operación.

Lo dispuesto anteriormente no se aplica si los dos tubos están superpuestos o a niveles muy diferentes.

Tunel-zulo bakarrekotuneletan, edo ibilgailuetarako komunikazioa izateko aukerarik gabeko bi tunel-zulokoetan, atzera egiteko marxa bermatu beharko da gutxienez 3,5 m-ko altueraren azpian. Itzultze-galerien bidez lor daiteke hori, eta galeria horien neurriak tunelaren zabalera zirkulagarriaren eta puntu horretako zabalgu-ne posiblearen arabera izango dira.

6.2.2. *Ur-harguneetako instalazioak*

Larrialdietako ibilgailu bat aparkatzeko 12 m luze eta 3 m zabal-leko toki bat jarriko da tunelaren kanpoko aldean, ur-harguneetatik hurbil, sarrerako erreirearen edo erreien eskuineko aldean eta gune zirkulagarritik kanpo.

Gainera, I. Motako bi zuloakotuneletan konexioak jarriko dira bi ur-harguneetatik hurbil, eta horri esker larrialdietako ibilgailuek galtzada batetik bestera joan ahal izango dute. Konexio horiek 3.1-1.C Arauketan erdibideko pasabideari buruz deskribatutakoa beteko dute.

Zulo bakarrekotuneletan, bi harguneetatik hurbil, larrialdietako ibilgailuek norabidea aldatzeko tokiak egongo dira.

Tunelaren inguruetan ezin bada aipatutakoa egin, ahalik eta hurbilen jarriko da.

6.3. *Bazterguneak*

1.500 metrotik gorako bi norabideko tuneletan, errei bakoitzeko EBla 2.000 ibilgailukoa baino altuagoa bada, bazterguneak jarri beharko dira, baina horien arteko distantziak gehienez 1.000 metrokoak izango dira baldin eta bazterbideetan ibilgailu bat aparkatzeko modurik ez badago.

1.000 metrotik gorako norabide bakarrekotuneletan, 2,50 metrokoak baino bide-bazter txikiagoa dutenetan, bazterguneak 900 metroko tarte bakoitzeko jartzea komeni den ala ez aztertuko da, norabide bakoitzeko errei kopuruaren arabera.

Honako neurri hauek izango dituzte bazterguneek: 3 m zabal eta 12 m luze ibilgailu arinetarako bazterguneetan, eta 3 m zabal eta 24 m luze ibilgailu astunetarako bazterguneetan.

Baztergune horiek dagozkien Jarraibide Teknikoetan deskribatutako instalazioekin egongo dira ekipaturik.

7. *SUAREN KONTRAKO ERRESISTENTZIA*

7.1. *Sarrera*

Hainbat faktoreren arabera izango da tunelek suaren aurrean duten sentsibilitatea; besteak beste, nabarmentzekoak dira:

- Tunelak zein motatako lurretan egin diren.
- Estaldura-mota.
- Iragazgaizpen-xaflak dituzten.
- Metalezko estalki arinak, hormigoizko sabai aizun aurrefabrikatuak, etab. dituzten

Eraikuntzako materialek eta elementuek suaren aurrean izango duten jokabideari buruzko ezaugarriak zein diren jakitea ahalbidetzen duten oinarriko bi irizpide daude:

- Suaren aurreko erreakzioa.
- Suaren kontrako erresistentzia.

7.2. *Suaren aurreko erreakzioa*

7.2.1. *Suaren aurreko erreakzioaren printzipioak*

Materialek suaren aurreko erreakzioaren harira bete behar dituzten baldintzak 312/20 Errege-Dekretuaren arabera lortu behar den klasea ezarri definitzen dira.

Klase horiek honakoa dira: A1, A2, B, C, D, E eta F. A1 klaseak adierazten du materialak ez duela berorik askatzen eta ez dela probarik egin behar ke-ekoizpenaren edo tanta gartuen harira. A2 klaseko materialak oso bero txikia askatzen du, erregaia da baina ez sukoa; horren ondorioz, errekuntza eten egiten da kanpoko beroguneak beroa botatzeari uzten dionean. B, C, D, E eta F klaseko materialek neurriko sukoitasuna edo sukoitasun ertaina edo

En los túneles de un solo tubo, o de dos tubos sin posibilidad de comunicación para vehículos, la inversión de marcha se garantizará con marcha atrás bajo una altura mínima de 3,50 m. Esto se puede obtener mediante galerías de retorno cuyas dimensiones dependen de la anchura de la anchura circulable en el túnel y de un eventual ensanche en ese punto.

6.2.2. *Instalaciones en las bocas*

Se dispondrá un emplazamiento de 12 m de largo y 3 m de ancho para el estacionamiento de un vehículo de emergencia en el exterior del túnel, cerca de las bocas, en el lado derecho del carril o carriles de entrada y fuera de la zona circulable.

Adicionalmente, en túneles Tipo I con dos tubos se dispondrán cerca de ambas bocas conexiones que permitan a los vehículos de emergencia pasar de una calzada a otra. Estas conexiones cumplirán lo descrito en la Normativa 3.1-1.C referente a los pasos de mediana

En túneles de un solo tubo se deben prever, cerca de ambas bocas, zonas en las que los vehículos de emergencia puedan invertir la marcha.

Si lo anterior no puede disponerse en las inmediaciones del túnel, se dispondrán tan cerca como sea posible.

6.3. *Apartaderos*

En los túneles bidireccionales de longitud superior a 1.500 m, con una IMD por carril superior a 2000 vehículos deberá habilitarse apartaderos con distancias entre si no superiores a 1 000 m, en el caso de que los arcones no permitan el estacionamiento de un vehículo.

En los túneles unidireccionales con longitud superior a 1.000 metros y con arcén menor de 2,50 metros, se estudiará la conveniencia de instalación de apartaderos cada 900 metros, en función del número de carriles por sentido.

Las dimensiones de los apartaderos serán de 3 m de anchura y 12 m de longitud para apartaderos destinados a vehículos ligeros, y 3m de anchura y 24 m de longitud para apartaderos destinados a vehículos pesados.

Estos apartaderos estarán equipados con las instalaciones descritas en las Instrucciones Técnicas correspondientes.

7. *RESISTENCIA AL FUEGO*

7.1. *Introducción*

La sensibilidad de los túneles frente al fuego depende de varios factores, entre los que cabe destacar:

- Tipo de terreno en el que están excavados.
- Tipo de revestimiento.
- Presencia de láminas de impermeabilización.
- Presencia de cubiertas metálicas ligeras, falsos techos prefabricados de hormigón, etc...

Existen dos criterios básicos que permiten caracterizar el comportamiento ante el fuego de los materiales y elementos de construcción:

- La reacción al fuego.
- La resistencia al fuego.

7.2. *Reacción al fuego*

7.2.1. *Principios de la reacción al fuego*

Las exigencias de reacción al fuego de los materiales se definen fijando la clase que deben alcanzar conforme al Real Decreto 312/2005.

Estas clases se denominan: A1, A2, B, C, D, E y F. La clase A1 indica que el material tiene liberación de calor nula y no es necesario ensayo para la producción de humo ni gotas inflamadas. Un material de clase A2 presenta una liberación de calor muy baja es combustible pero no inflamable, lo que implica que su combustión no se mantiene cuando cesa la aportación de calor desde un foco exterior. Los materiales de clase B, C, D, E y F pueden conside-

altua dutela esan daiteke, hurrenez hurren. Hormigoia, beira, harria eta adreilua A1 klasekoak dira.

Tunelean eta tuneli atxikiriko lokaletan erabili beharreko erai-kuntzako edozein elementu suaren aurreko jokabideari dagokionez bete behar eskakizunak betetzen dituztela egiaztatzeko, ondoko arauetan bildutako entseguen bermea izan beharko dute: UNE-EN-ISO 1182:2002, UNE-EN-ISO 1716:2002, UNE-EN-13823:2002 eta UNE-EN-ISO 11925-2:2002.

7.2.2. Suaren aurreko erreakzioarekin lotutako baldintzak

Egitura nagusiaren eta sekundarioen eraikuntzako materialek, galtzadako elementuek izan ezik, A1 edo A2-s1,d0 klasekoak izan behar dute suaren kontrako jokabidearen aldetik. Klase hori dago-kie, era berean, drainaketa-sistema osatzen duten materialei, ertz-erretanak eta galtzako ura biltzeko balizko kolektoreak barne. Salbuespen bakarra gainalde arineko elementuak dira; izan ere, horietarako, C-s3,d0 klasea onartzen da: elementuetako baten tokiko galera ez da segurtasunerako eragozpena izango baldin eta sua hedatzeko arriskuak mugatuak badira. Are gehiago: kea ebakua-tzeko abantailak izan ditzake.

Tunelaren barruko estalduran erabilitako materialek A1 edo A2-s1,d0 klasekoak izan behar dute gangan daudenean. B-s3,d0 klaseko materialak onartuko dira alboko estalduretan baldin eta behar bezala justifikatzen bada tunela erabiltzeko baldintzetan sua hedatzeko arriskurik ez dagoela.

B-s3,d0 klasea onartuko da hainbat instalaziotan, bereziki kable-harrierian. Horrez gain, klase horretakoak izango dira drainaketa banatzailea duten tuneletako iragazketa-uren drainaketa-sistema-ko kolektoreak.

7.3. Suaren kontrako erresistentzia

7.3.1. Suaren kontrako erresistentziaren printzipioak

Eraikuntzako elementu batek suaren aurrean izan behar duen erresistentziaren eskakizunak denbora-tarteak erreferentzia gisa hartuz definitzen dira; hau da, UNE-EN 1363 arauarekin bat etorritik normalizaturiko entseguen elementu horrek aplikatzen zaizkion baldintzan zenbat denboran mantendu behar dituen erreferentzia gisa hartuz:

- a) Egonkortasuna edo eramateko ahalmena.
- b) Gas sukoirik ez igortzea ikusten ez den aldean.
- c) Estankotasuna garrak edo gas beroak ez igartzeko.
- d) Ikusten ez den aldean, UNE arau horretan ezarritakoa baino temperatura handiagorik ez izatea ahalbidetzeko moduko erresistentzia termikoa.

a) baldintza aplika daiteke suaren kontrako egonkortasuna eskatzen denean, a), b) eta c) baldintzak garrak geldiarazteko sistemaren kasuan eta guztiak suaren kontrako erresistentzia eskatzen denean.

Oinarrizko arau horrek denbora-escala honen arabera ezarritzen ditu eskakizunak: 15, 30, 60, 90, 120, 180 eta 240 min.

7.3.2. Temperatura – Denbora kurbak

Temperatura igoera motel samarra duten baina iraupen luze-ko tenperatua izan dezaketean suen ezaugarri nagusia aipaturiko arauan zehazten den temperatura-denbora kurba izango da (ISO 834 arauaren antzekoa), eta adierazpen honekin bat etorriko da:

$$T = 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1) + T_0$$

T_0 : Hasierako temperatura $t = 0$ (°C).

T: t denboran lortutako temperatura (°C).

t: Minututan neurturiko denbora.

Kurba horrekiko erresistentziaren eskakizunak CN letrekin adierazten dira, eta ondoren erresistentzia agertzen da minututan adierazia (adibidez, CN 120 kurbak adierazten du: justifikazioa 120 minutuan kurba normalizatuarekiko).

rarse, de un grado de inflamabilidad moderada, media o alta, respectivamente. El hormigón, el vidrio, la piedra, el ladrillo, se clasifican como A1.

Para comprobar que cualquier elemento constitutivo a utilizar en el túnel y sus dependencias anejas satisface los requisitos en su comportamiento frente al fuego, deberá estar avalado por los correspondientes ensayos recogidos en las Normas UNE-EN-ISO 1182:2002, UNE-EN-ISO 1716:2002, UNE-EN-13823:2002 y UNE-EN-ISO 11925-2:2002.

7.2.2. Requisitos de reacción al fuego

Los materiales de construcción de la estructura principal y de las estructuras secundarias, salvo los elementos de la calzada deben pertenecer a la clase A1 o A2-s1,d0 desde el punto de vista de comportamiento ante el fuego. Esta clase se impone también para los materiales que componen los sistemas de drenaje, incluidos los caces y los eventuales colectores de recogida de agua de la calzada. La única excepción se da para los elementos de una cubierta ligera, en los que se admite una clase C-s3,d0: la pérdida local de alguno de los elementos no representa un inconveniente para la seguridad siempre que los riesgos de propagación del fuego sean limitados; puede incluso presentar ventajas para la evacuación del humo.

Los materiales empleados para el revestimiento interior del túnel deben ser de clase A1 o A2-s1,d0 cuando se encuentran en la bóveda. Se admitirán materiales de clase B-s3,d0 en los revestimientos laterales si se justifica adecuadamente la ausencia de riesgo de propagación del incendio en las condiciones de utilización del túnel.

Se permitirá la clase B-s3,d0 para diversas instalaciones, en particular en el tendido de cables. También serán de esta clase los colectores correspondientes al drenaje de las aguas de infiltración en los túneles que dispongan de drenaje separativo.

7.3. Resistencia al fuego

7.3.1. Principios de la resistencia al fuego

Las exigencias de resistencia ante el fuego de un elemento constructivo se definen por los tiempos durante los cuales dicho elemento debe mantener aquellas de las condiciones siguientes que le sean aplicables, en el ensayo normalizado conforme a UNE-EN 1363:

- a) Estabilidad o capacidad portante.
- b) Ausencia de emisión de gases inflamables por la cara no expuesta.
- c) Estanquidad al paso de llamas o gases calientes;
- d) Resistencia térmica suficiente para impedir que se produzcan en la cara no expuesta temperaturas superiores a las que se establecen en la citada norma UNE.

Es aplicable la condición a) cuando se exija estabilidad al fuego (EF), las condiciones a), b) y c) en el caso de parallamas (PF), y todas cuando se exija resistencia al fuego (RF).

Esta norma básica establece sus exigencias conforme a la siguiente escala de tiempos: 15, 30, 60, 90, 120, 180 y 240 min.

7.3.2. Curvas Temperaturas - Tiempo

Los incendios con una subida de temperatura relativamente lenta pero que pueden ser de larga duración serán caracterizados por la curva temperatura-tiempo normalizada definida en la citada norma (idéntica a la de la norma ISO 834), y que corresponde con la siguiente expresión:

$$T = 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1) + T_0$$

T_0 : Temperatura inicial $t = 0$ (°C).

T: Temperatura alcanzada en un tiempo t (°C).

t: Tiempo medido en minutos.

Las exigencias de resistencia con respecto a esta curva se expresan por las letras CN seguidas de la duración de resistencia en minutos (por ejemplo CN120 significa justificación durante 120 minutos respecto a la curva normalizada).

Hala eta guztiz ere, ibilgailu astun batek su hartzen badu, tenperatuaren igoera kurbarena baino askoz azkarragoa izan daiteke, bereziki merkantzian erregaiak edo erraz likidotu daitezkeen likidoak badaude, nahiz eta garraiorako merkantzia arriskutsutzat hartu ez. Era horrelako suen ezaugarri nagusia «hidrokarburoen suaren kurba handitua» izenekoa da, 10 minutu igaro baino lehen 1.200°C-ra iritsi daiteke, eta 1.300°C-koa izan daiteke 20 minutu geroago. Adibidez, honako ekuazio hau erabil daiteke:

$$\Theta = 1.280 (1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}) + 20$$

Θ : gasen tenperatura (°C).

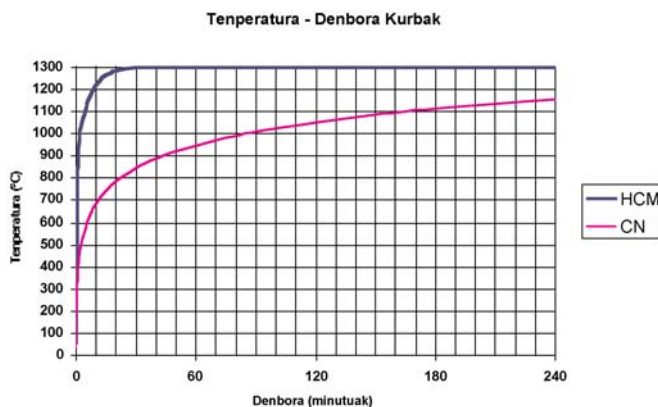
t: denbora (minutuak).

Kurba horrekiko erresistentziaren eskakizunak HCM letrekin adierazten dira, eta ondoren erresistentzia-iraupena agertzen da minututan adierazia.

Bi tenperatura-denbora kurba ezberdinei dagozkien bi epealdi zehazten direnean, aparteko justifikazioa egingo da kurba bakoitzerako zehazturiko iraupenarekin (adibidez: CN 240 HCM 120 kurbak aparteko bi justifikazio adierazten ditu, bata 240 minutuko kurba normalizatuarekin, eta bestea hidrokarburoen suaren kurba handituarekin 120 minutuan).

Jarraian, bi kurba agertzen dira, $T_0 = 20^\circ\text{C}$ -tik hasita kurba normalizaturako:

7.1. irudia – Tenperatura-denbora Kurbak - CN eta HCM denbora



7.3.3. Erresistentzia mailak eta helburuak

Honako helburu nagusi hauek bete beharko ditu egituretan eta instalazioetan eskaturiko suaren kontrako erresistentziak:

- Ebakuazio instalazioetan sartu diren erabiltzaileak (babeslekuetakoz izan ezik) babestea irteeraraino iristeko behar den denboran; denbora hori 60 minutukoa dela ezarri da, irteteko kanpoko laguntza behar duten mugikortasun murriztua duten pertsonak dauden kontuan hartuz.
- Babeslekuan bildutako erabiltzaileei babesa ematen zaiela ziurtatzea, baldin badaude, eta sorospen-zerbitzuek erabiltzaileak ebakutzeko modua izatea babeslekuak ebakutzeko denboran; denbora hori 120 minutukoa dela ezarri da.
- Larrialdietako zerbitzuak arriskuan ez jartzea, bereziki suhiltzaileenak sorospena emateko denboran; denbora hori 120 minutukoa dela finkatu da.
- Suaren sorburuko bi aldeetan elikadura elektrikoari eta komunikazioari eustea suaren gehieneko iraupenean.
- Suaren gehieneko iraupenean hondamendia eragin dezakeen edozein uholde edo ondoko lurretik tunela inbaditzea ekiditea suaren gehieneko iraupenean.
- Tunelaren ondoko edo tuneleko balizko obrak eta eraikuntzak babestea aipaturiko suaren gehieneko iraupenean.

Suaren gehieneko iraupena 240 minutukoa da kurba normalizatuaren arabera, eta 120 minutukoa hidrokarburoaren suaren kurba handituaren arabera.

Sin embargo, el incendio de un vehículo pesado puede presentar un incremento de temperatura mucho más rápido que el de esta curva, particularmente si están implicadas mercancías muy combustibles o líquidos fácilmente licuables, aunque no estén clasificados como mercancías peligrosas para el transporte. Tal tipo de fuegos se caracterizan por una curva llamada «de fuego de hidrocarburos mayorado» que alcanza 1.200°C en menos de 10 minutos y 1.300°C alrededor de 20 minutos más tarde. Se puede por ejemplo utilizar la ecuación siguiente:

$$\Theta = 1.280 (1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}) + 20$$

Θ : Temperatura de los gases (°C).

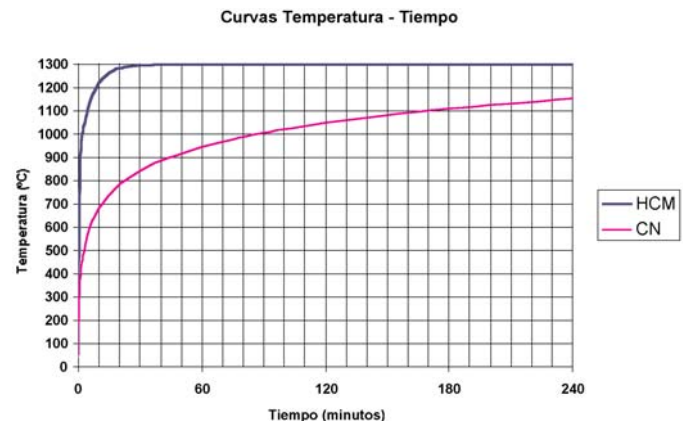
t: Tiempo (minutos).

Las exigencias de resistencia con respecto a esta curva se expresan con las letras HCM seguidas de la duración de resistencia en minutos.

Cuando se especifican dos periodos correspondientes a dos curvas temperatura - tiempo distintas, se realizará una justificación independiente para cada curva con la duración especificada (por ejemplo, CN 240 HCM 120 significa dos justificaciones separadas, una con la curva normalizada durante 240 minutos, y la otra con la curva de fuego de hidrocarburos mayorado durante 120 minutos).

A continuación, se presentan las dos curvas, partiendo de $T_0 = 20^\circ\text{C}$ para la curva normalizada:

Figura 7.1 – Curvas Temperatura - Tiempo CN y HCM



7.3.3. Objetivos y niveles de resistencia

La resistencia al fuego exigida en las estructuras e instalaciones pretende cumplir los principales objetivos siguientes:

- Proteger a los usuarios que han accedido a las instalaciones de evacuación, a excepción de los refugios, durante el tiempo necesario para alcanzar la salida, que se fija en 60 minutos en función de la posible presencia de personas de movilidad reducida que necesiten una ayuda exterior para salir.
- Asegurar la protección de los usuarios refugiados en los refugios, si existen, y permitir su evacuación por los servicios de socorro durante el tiempo de evacuación de los refugios, fijado en 120 minutos.
- No poner en peligro a los servicios de emergencia, particularmente a los bomberos durante el tiempo de socorro, fijado en 120 minutos.
- Mantener la alimentación eléctrica y las comunicaciones a ambos lados del foco durante la duración máxima de incendio.
- Evitar cualquier inundación, así como cualquier invasión del túnel por terreno circundante, que produzca consecuencias catastróficas, durante la duración máxima del incendio.
- Proteger las eventuales obras y construcciones vecinas al túnel o en la superficie del mismo durante la mencionada duración máxima de incendio.

La duración máxima de incendio se fija en 240 minutos según la curva normalizada y en 120 minutos según la curva de fuego de hidrocarburo incrementada.

Egiturei dagokienez, suaren kontrako lau erresistentzia-maila daude, gero eta eskakizun-maila handiagoa eskatzen duten beste horrenbeste mailari dagozkienak. Egitura bakoitzeko aplikazioaren xehetasunak 6.3.4. puntuan azalduko dira.

7.3.3.1. *N0 maila*

Tokian tokiko haustura gertatzean elkarren ondoko kolapso arrisurik ez dagoela egiaztatzeari dagokio maila hau: elementu bat galitzeak ez du egituraren beste zati batzuetarako karga-transferentziarik eragin behar; izan ere, haustea eragin dezake. Hala ere, ez da neurririk hartu behar elementu batek huts egiteak egituraren beste zati batzuetan temperatura igoarazteko arriskuaren kontra, ezta beroketa horrek haustura eragitearen kontra ere.

Egitura orok bete beharreko gutxieneko eskakizuna da honako maila hau. Suak iraun bitartean egiaztatu behar da, eta hozte prozesuak iraun artean ere bai. Eskakizun-maila handiagoak betetzen dituzten egiturek ere bete behar dute eskakizun hau.

Maila hau aplikatzen da suaren sorburutik hurbil tokiko hausturak egoteak ez duenean ondorio kaltegarriak ez erabiltzaileen gain, ez temperatura txikiagoa den tokietan larrialdietako zerbitzuen segurtasunean.

7.3.3.2. *N1 maila*

CN 120 eskakizunari dagokio maila hau. Su gehienetan (surik gogorrenetan izan ezik) egituraren erresistentzia sorospena emateko beharrezkoa den denborarako adinakoa dela bermatzen du. Larrialdi zerbitzuen eginkizunarekin lotutako zeregin garrantzitsua duten egiturako elementuetan aplikatzen da, funtzio hori ez dagoenean inola ere aurreikusita gerta daitekeen surik handienerako.

7.3.3.3. *N2 maila*

Maila hau bat dator HCM 120 eskakizunarekin. Zaindu beharreko instalazioetan aplikatzen da, eta berdin da zein den suaren indarra babeslekua ebakutzeko denboran, eta larrialdietako taldeen ekintza edozein izanda ere.

7.3.3.4. *N3 maila*

Maila hau CN 240 HCM 120 eskakizunei dagokie. Ahalik eta denbora luzeenean surik gogorrenaren kontrako erresistentzia izan behar duten instalazioetan aplikatzen da.

7.3.3.5. *Suaren kontrako erresistentziaren justifikazioa*

Europako Normalizazio Batzordearen (CEN) ondoko dokumentu hauetan ezarritakoarekin bat etorri finka daiteke egiturako elementu horien suaren kontrako erresistentzia:

- Hormigoizko egituretan: ENV 1992-1-2: 1995. 2 Eurokodea: Hormigoizko egituren diseinua. 1-2 parteak: Suaren kontrako erresistentzia.
- Altzairuzko egituretan: ENV 1993-1-2: 1995. 3 Eurokodea: Altzairuzko egituren diseinua. 1-2 parteak: Suaren kontrako erresistentzia.

Entsegu, kalkulu edo bien arteko konbinazioaren bidez justifika daiteke egiturek eta ekipoek suaren kontra duten erresistentzia.

HCM kurbak aplikatu beharreko kasuetan:

- Kalkuluen bidezko justifikazioan, komenigarria da ENV 1991-2-2 Arau Esperimentalean hidrokarbuoren suaren kurbarako azalduetako baldintzetan erabiltzea kurba, eta bereziki konbentziozko transferentzia termikoko koefiziente berarekin: α_c
- Entseguen bidezko justifikazioan, HCM kurbak eragindako ekintza termikoa garatuz egingo dira entseguak, EN 1363-2 Arauan hidrokarbuoren kurbarako ezarritako aplikazio protokoloak eta prozedurak egokituz.

Zenbakizko modulazioaren egungo egoeran ezin izango da kalkuluen bidez soilik justifikatu hormigoizko egitura baten suaren kontrako erresistentzia hormigoia desegiteko arriskua dagoenean.

En lo que concierne a las estructuras se definen cuatro niveles de resistencia al fuego correspondientes a otros tantos niveles crecientes de exigencias. Los detalles de su aplicación a cada tipo de estructura se describen en el punto 7.3.4.

7.3.3.1. *Nivel N0*

Este nivel corresponde a la verificación de la ausencia de riesgo de colapso en cadena en caso de una rotura local: la pérdida de un elemento no debe resultar en la transferencia de carga a otras partes de la estructura, susceptible de provocar su rotura. Sin embargo, no se requiere tomar medidas contra el riesgo de que el fallo de un elemento resulte en un incremento de temperatura en otras partes de la estructura, y que ese calentamiento pueda provocar su rotura.

Este nivel constituye la exigencia mínima que debe satisfacer toda estructura. Debe de verificarse durante el incendio y después durante el enfriamiento. Las estructuras que cumplen con niveles superiores de exigencia deben cumplir también esta exigencia.

Este nivel se aplica cuando una rotura local cerca del foco del incendio no tiene consecuencias perjudiciales sobre la seguridad de los usuarios o de los servicios de emergencia que puedan estar presentes en otras zonas donde la temperatura es menor.

7.3.3.2. *Nivel N1*

Este nivel corresponde con la exigencia CN 120. Para la mayoría de los incendios, salvo los más violentos, garantiza la resistencia de la estructura considerada durante el tiempo de socorro. Se aplica a los elementos de estructura con una función importante en la acción de los servicios de emergencia, cuando esta función no está en ningún caso dimensionada para el máximo fuego posible.

7.3.3.3. *Nivel N2*

Este nivel corresponde con la exigencia HCM 120. Se aplica a instalaciones que deben ser preservadas sin importar la violencia del incendio durante el tiempo requerido para la evacuación de los refugios y la acción de los equipos de emergencia.

7.3.3.4. *Nivel N3*

Este nivel corresponde con los requerimientos CN 240 HCM 120. Se aplica a instalaciones que deben resistir el incendio más violento durante la máxima duración del mismo.

7.3.3.5. *Justificación de la resistencia al fuego*

La determinación de la resistencia al fuego de los elementos estructurales puede realizarse conforme a lo establecido en los siguientes documentos del Comité Europeo de Normalización (CEN):

- Para estructuras de hormigón: ENV 1992-1-2: 1995. Eurocódigo 2: Diseño de estructuras de hormigón. Parte 1-2: Resistencia al fuego.
- Para estructuras de acero: ENV 1993-1-2: 1995. Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de acero. Parte 1-2: Resistencia al fuego.

La justificación de la resistencia al fuego de las estructuras y equipos se puede realizar mediante ensayos, cálculos o por una combinación de ambos.

En los casos en los que sea de aplicación la curva HCM:

- Para la justificación mediante cálculos, conviene emplear la curva en las condiciones descritas para la curva de fuego de hidrocarburos en la Norma Experimental ENV 1991-2-2, y en particular con el mismo coeficiente de transferencia térmica por convección α_c
- Para la justificación mediante ensayos, estos se realizarán desarrollando la acción térmica inducida por la curva HCM, adaptando los procedimientos y protocolos de aplicación de los especificados en la Norma EN 1363-2 para la curva de hidrocarburos.

En el estado actual de la modelización numérica, no se podrá justificar la resistencia al fuego de una estructura de hormigón solo mediante cálculos cuando exista riesgo de desconchado en el hormigón.

Arrisku hori sistematikoki egongo da HCM kurba erabiltzen denean, eta hala egon liteke CN kurba erabiltzen denean erresistentzia handiko hormigoietan.

Hormigoi armatua egiaztatzean, hauexek hartuko dira kontuan: armadurak tenperaturaren kontra duen erresistentzia, estaldura, arrakalak, dilatazioaren ondorioak, baita hormigoia desegiteko auke-ara ere.

7.3.4. Suaren kontrako erresistentzia egituretan

7.3.4.1. Egitura nagusiak

Estalduerarik ez duten induskaturiko tunelek ez dute eskakizun berezirik suaren kontrako erresistentziari dagokionez.

Beste tunel batzuen egitura nagusiak N0 maila bete behar du suaren sorburutik hurbil dagoen tokiko batek ez dakarrenean ondorio kaltegarriak erabiltzaileen segurtasunean edo beste gune batzuetan egon daitezkeen larrialdietako zerbitzuetan. Ondoren azalduko diren beste kasu batzuetan, maila handiago baterako egiaztatu beharko da suaren kontrako egonkortasuna.

A) N1 Maila:

Suaren kontrako egonkortasunaren N1 maila errepide bati edo horien gainean dagoen eta oinezkoak sartzeko modukoa den alde bati eusten dioten egituretan aplikatzen da.

N1 maila aplikatzen da, era berean, egitura beharrezkoa denean beste zulo baten egonkortasunari edo horretako banaketa-elementuari eusteko, kanpoko aldearekin zuzeneko konexioa dagoenean. Suaren kontrako egonkortasun edo suaren kontrako erresistentzia maila honetakoa izan behar du egiturak.

Aurreko kasu guztietan beharrezkoa da neurriak aurreikustea denbora laburrean galarazteko eutsitako bidean edo bigarren zuloan zirkulatzea. Hori ezinezkoa bada, edo esku hartzeko estrategiak eutsitako bidea edo bigarren zuloa zaintzeko eskatzen badu, suaren kontrako erresistentzia maila handiagoa eskatuko da.

Halaber, egonkortasuneko N1 maila aplikatuko da baldin eta egituraren tokiko haustura batean arriskua badago aireztapen-zuloa edo kable longitudinalak mozteko, non suari eustea garrantzitsua baita larrialdietako taldeen jardunerako, baina ez da sartzen N2 maila aplikatzea justifikatzen duten eta azaldu diren kasuen barruan.

B) N2 Maila:

N2 maila aplikatzen da egitura beharrezkoa bada beste zuloaren edo horrekiko banaketa-elementuaren egonkortasunari eusteko, baldin eta kanpoko aldearekiko zuzeneko komunikaziorik ez badago. Maila horretako suaren kontrako egonkortasuna edo suaren kontrako erresistentzia izan behar du egiturak.

Egonkortasuneko N2 maila aplikatuko da baldin eta egituraren tokiko haustura batean arriskua badago aireztapen-zuloa edo kable longitudinalak mozteko; izan ere, beharrezkoak dira horiek kanpoko aldetik sartzeko modua ematen duten ebakuazio-galeriak eta babeslekuak erabiltzeko.

C) N3 Maila:

Suaren kontrako egonkortasunaren N3 maila beharrezkoa da ur-azpiko tuneletan, baita maila freatikoren azpian dauden tuneletan ere; izan ere, azken tunel horiek uholdeak izateko arrisku konparagarriak dituzte tokiko lur-beheraketan. Tokiko haustura batek, tunelean hondamendia eragin dezakeela-eta, egiturarako arriskua dakarrenean ere aplikatzen da, baita lur gainean kalte larriak eragiteko edo hurbileko eraikuntzak edo obrak arriskuan jartzeko arriskua dagoenean ere.

Jendea bizi den edo okupatuta dagoen egitura baten ondoko tunelen kasuan, edo egitura horren azpian daudenean, N3 mailarekin ziurtatu behar da hormen edo bitarteko lauzen suaren kontrako erresistentzia, baita goragoko eraikinei eusten dien egitura-elementuak diren tuneleko zatien suaren kontrako egonkortasuna ere.

7.3.4.2. Egitura osagarriak

Jarraian, egoerarik ohikoena aztertuko dira. Kasu berezi askotan azterlan espezifikoak egin behar da. Baldin eta 7.3.4.1 eta 7.3.4.2. ataletan jasotako xedapenen arabera elementu bat hainbat eska-

Este riesgo está presente de forma sistemática cuando se emplea la curva HCM, y puede existir cuando se emplea la curva CN en hormigones de alta resistencia.

La verificación del hormigón armado debe tener en cuenta la resistencia de la armadura a la temperatura, su recubrimiento, la fisuración, las consecuencias de la dilatación, y deberá tener en cuenta el eventual desconchado del hormigón.

7.3.4. Resistencia al fuego de las estructuras

7.3.4.1. Estructuras principales

Los túneles excavados no revestidos no tienen ninguna exigencia particular de resistencia al fuego.

La estructura principal de otros túneles debe satisfacer el nivel N0 cuando un local cerca del foco del incendio no tiene consecuencias perjudiciales sobre la seguridad de los usuarios o de los servicios de emergencia que puedan estar presentes en otras zonas. En otros casos descritos a continuación, la estabilidad al fuego se deberá verificar para un nivel superior.

A) Nivel N1:

El nivel N1 de estabilidad al fuego se aplica para estructuras que soportan una carretera o una zona accesible a los peatones situada encima de ellas.

El nivel N1 se aplica también cuando la estructura es necesaria para mantener la estabilidad de otro tubo o el elemento de separación con él, cuando existe una conexión directa con el exterior. La estructura debe tener un nivel de estabilidad al fuego o un nivel de resistencia al fuego (RF) de este nivel.

En todos los casos anteriores será necesario prever medidas para prohibir en un tiempo corto la circulación en la vía soportada o en el segundo tubo. Si esto no es posible, o si la estrategia de intervención precisa preservar la vía soportada o el segundo tubo, se exigirá un nivel de resistencia al fuego superior.

Se aplicará asimismo el nivel N1 de estabilidad si una rotura local de la estructura corre el riesgo de cortar un conducto de ventilación o cables longitudinales en los que es el mantenimiento de la continuidad a lo largo del fuego es importante para la actuación de los equipos de emergencia, pero no entra dentro de los casos descritos a continuación, que justifican la aplicación de un nivel N2.

B) Nivel N2:

El nivel N2 se aplica cuando la estructura es necesaria para mantener la estabilidad de otro tubo o el elemento de separación con él en el caso de que no haya comunicación directa con el exterior. La estructura deberá presentar una estabilidad al fuego o un nivel de resistencia al fuego (RF) de este nivel.

El nivel N2 de estabilidad al fuego se usará también si una rotura local de la estructura corre el riesgo de cortar un conducto de ventilación o cables longitudinales necesarios para el uso de los refugios y de las galerías de evacuación que permiten acceder a ellos desde el exterior.

C) Nivel N3:

El nivel N3 de estabilidad al fuego es necesario para los túneles sumergidos, así como para los túneles situados bajo un nivel freático que presenten riesgos comparables de inundación en caso de hundimiento local. Se aplica también si una rotura local de la estructura corre el riesgo de provocar una invasión catastrófica del túnel por el terreno circundante, de provocar daños graves en la superficie o de poner en peligro obras o construcciones vecinas.

Quando un túnel es contiguo a una estructura habitada u ocupada, o se sitúa bajo ella, hace falta asegurar con el Nivel N3 la característica de resistencia al fuego (RF) de las paredes o losas intermedias y la estabilidad al fuego de las partes del túnel que constituyen elementos de la estructura portante de los edificios superiores.

7.3.4.2. Estructuras auxiliares

A continuación, se examinan las situaciones más comunes. Existen muchos casos particulares que exigen un examen específico. Cuando un elemento se pueda clasificar en varios niveles

kizun-mailatan sailka badaiteke, eskakizunik zorrotzena bete behar dela ulertuko da.

- A) Sabai aizunak eta aireztapen-zuloak banatzen dituzten hormak:

Sabai aizunak eta aireztapen-zuloek banatzen dituzten hormek, tunelari dagokionez, N0 maila bete behar dute suaren inguruko jarraitkortasuna galtzeak ondorio kaltegarririk ez dakarrenean tuneleko beste toki batzuetan dauden pertsonen segurtasunerako; gauza bera esan behar da aireztapen-zuloen horma guztien inguruan. Beste kasuetan (ondoren deskribatu dira) maila handiago batekin bermatu beharko da suaren kontrako egonkortasuna.

Sua dagoen aldearen jarraitkortasuna garrantzitsua bada sorospen taldeen lanerako, nahiz eta talde horien babeslekuak aireztatzeko edo ebakuatzeko lanean jardun, tunelarekiko horma komunak suaren kontrako egonkorra izango dira N1 mailarako. Gainera, horma horiek tunelarekin lotzen dituzten irekiunerik ez badute, iraunkorrak izan zein ez, maila honetakoa izango da horma horiek suaren kontra izango duten erresistentzia.

Babeslekuak aireztatzeko zuloen kasuan, tunelarekiko horma komunek suaren kontrako N2 erresistentzia maila izango dute. Babeslekuetan sartzeko ebakuazio-galeria gisa erabil daitezkeen zuloak c puntuan aztertuko dira ondoren.

- B) Lokal teknikoak eta aireztapen-estazioak:

Lokal teknikoak eta, bereziki, aireztapen-estazioak jartzen badira tunelaren gainean, alboan edo azpian, bitarteko hormak edo lauzak bi aldetatik azertu beharko dira: lokal baten barruan sua izateak tunelerako dakarren arriskua eta tunelean sua dagoenean lokalean egiten diren funtzioak galtzeko arriskua.

Lokaleko suari dagokionez, tunelarekiko bitarteko elementuek suaren kontrako N1 erresistentzia maila izango dute.

Tuneleko suari dagokionez, tokiko mailarekiko bitarteko elementuek suaren kontrako N1 mailako erresistentzia izan behar dute gutxienez. N2 maila eskatuko da baldin eta lokaleko ekipoen funtzionamendua kaltetzeko arriskua badago, bereziki aireztapen-ekipoak; izan ere, beharrezkoak dira babeslekuak eta kanpoko aldeetik babeslekuetara sartzeko modukoak diren ebakuazio-galeriak erabiltzeko. N3 maila eskatuko da baldin eta lokalaren galerarekin sua dagoen tokiko argindarraren edo telekomunikazioaren jarraitkortasuna eteteko arriskua badago.

Lokalak zuzeneko komunikazioa badu tunelarekin, komunikazioa zigitatzen duten eraikuntzako elementuek hormaren maila bereko suaren kontrako erresistentzia izan beharko dute; izan ere, lehen ere zehaztu da maila hori. Atarte presurizatua badago, oro har lortu beharko du suaren kontrako erresistentzia maila atarte presurizatuak.

- C) Erabiltzaileak ebakuatzeko eta babesteko instalazioak eta larrialdietako ekipoak sartzeko:

Atarte presurizatuak eta tunela eta kanpoko aldearekiko zuzeneko komunikazioa banatzen dituzten hormek suaren kontrako CN60 erresistentzia orokorra izan behar dute.

Tunel bateko bi zuloen arteko komunikazioak aurreikusten direnean, eta zuloek horma bat komunean badute, komunikazioa eteten duten ateez edota itxidurek hormaren maila bereko suaren kontrako erresistentzia bera izango dute. Bi zuloek horma komunik ez badute, komunikazioa ixten duten eraikuntzako elementuek N2 mailako suaren kontrako erresistentzia izan beharko dute bi zuloen artean. Atarte presurizatua izanez gero, atarteak oro har lortu beharko ditu suaren kontrako erresistentzia mailak.

Segurtasun-galeria bat dagoenean, tunelarekiko komunikazioa ixten duten eraikuntzako elementuek N2 mailako suaren kontrako erresistentzia-maila orokorra izan beharko dute. Arau bera aplikatzen da tunelarekiko balizko horma guztietan.

Tunelean babeslekuak daudenean, tuneletik banatzen diren hormek eta tunelarekiko komunikazioa ziurtatzen duten atarte presu-

de exigencia bajo las disposiciones de los apartados 7.3.4.1 y 7.3.4.2 se entenderá que debe satisfacer la exigencia más severa.

- A) Falsos techos y muros que separan conductos de ventilación:

Los falsos techos y los muros que sirvan para delimitar un conducto de ventilación con respecto al túnel, lo mismo que el conjunto de los muros de los conductos de ventilación, deben cumplir el nivel N0 cuando la pérdida de continuidad en la zona del incendio no tiene consecuencias perjudiciales para la seguridad de las personas que puedan estar presentes en otras partes del túnel. En los otros casos, descritos a continuación, la estabilidad al fuego se deberá garantizar para un nivel superior.

Para los conductos en los que la continuidad en la zona del incendio es importante para la acción de los equipos de socorro, pero que no intervienen en la ventilación o la evacuación de los refugios, los muros comunes con el túnel serán estables al fuego para el nivel N1. Adicionalmente, cuando estos muros no cuenten con aperturas que conectan con el túnel, ya sean permanentes o no, los muros serán de resistencia al fuego (RF) de este nivel.

Para los conductos que sirvan para la ventilación de los refugios, las paredes comunes con el túnel deberán presentar un grado de resistencia al fuego (RF) de nivel N2. Los conductos que sirven como galerías de evacuación para el acceso a los refugios se tratan a continuación en el punto c.

- B) Locales técnicos y estaciones de ventilación:

Si se instalan locales técnicos, y en particular estaciones de ventilación, en un lateral, debajo, o encima de un túnel, los muros o las losas intermedias se deben examinar bajo el doble aspecto del riesgo para el túnel de un incendio en el interior de un local, y del riesgo de la pérdida de las funciones que se realizan en el local, en caso de un incendio en el túnel.

Con respecto a un incendio en el local, los elementos intermedios con el túnel presentarán un grado de resistencia al fuego (RF) de nivel N1,

Con respeto a un incendio en el túnel, los elementos intermedios con el local presentarán como mínimo un nivel de resistencia al fuego (RF) de nivel N1. Se exigirá nivel N2 si con la pérdida del local se corre el riesgo de afectar el funcionamiento de equipos, especialmente los equipos de ventilación, necesarios para el uso de los refugios y de las galerías de evacuación que permiten acceder a los refugios desde el exterior. Se exigirá nivel N3 si con la pérdida del local se corre el riesgo de interrumpir la continuidad de la alimentación eléctrica o de las telecomunicaciones en el lugar del incendio.

Si un local comunica directamente con el túnel, los elementos de construcción que sellan la comunicación deberán presentar un nivel de resistencia al fuego (RF) del mismo nivel, especificado anteriormente, que el muro. Si hay un vestíbulo presurizado, el nivel de resistencia al fuego (RF) se deberá obtener globalmente por el vestíbulo presurizado.

- C) Instalaciones para la evacuación y la protección de los usuarios y el acceso de equipos de emergencia:

Los vestíbulos presurizados y los muros que separen el túnel de una comunicación directa con el exterior deberán presentar un grado de resistencia al fuego (RF) global CN60.

Quando se prevean comunicaciones entre los dos tubos de un túnel, y si los dos tubos tienen un muro en común, las puertas y/o cierres que cortan la comunicación tendrán un grado de resistencia al fuego (RF) del mismo nivel que el muro. Si los dos tubos no tienen un muro en común, los elementos de construcción que cierren la comunicación deberán presentar un grado de resistencia al fuego (RF) entre los dos tubos de nivel N2. Cuando se disponga de un vestíbulo presurizado, los grados de resistencia al fuego (RF) se deberán obtener globalmente por el vestíbulo.

Quando se disponga una galería de seguridad, los elementos de construcción que cierren la comunicación con el túnel deben presentar un grado de resistencia al fuego (RF) global de nivel N2. Lo mismo se aplica a eventuales muros comunes con el túnel.

Quando se dispongan refugios, las paredes que los separan del túnel y los vestíbulos presurizados que aseguran la comunicación

rizatuek N2 mailako suaren kontrako erresistentzia-maila izan beharok dute.

Babesleku bakoitzak tuneleko kanpoko aldetik sartzeko ebakuazio-galeria bat izango du, eta tuneleko edozein tokitan suteren bat egonez gero bi orduz erabili ahal izango da. Sua dagoen tokitik igaro behar bada eta galeriek tunelarekin lotuta dauden hormak edo lauzak badituzte, horma horiek N2 mailako suaren kontrako erresistentzia-maila izan beharko dute. Horman suaren eragina jasaten ez duen aldearen gehieneko tenperatura, gainera, gehienez 60°C-koa izan beharko da babeslekuak ebakutzeko finkaturiko denboran. Baldin eta tuneleko beste elementu batzuek parte hartzen badute galeriaren egonkortasunean, suarekiko egonkorak izan beharko dute N2 maila bererako.

D) Galtzadari eusten dioten lauzak:

Baldin eta zirkulazioa galtzadari eusten dion lauzaren gainean gauzaten bada, galtzadak N0 mailako eskakizunak bete beharko ditu, aurreko puntuetan adierazitakoaren arabera erresistentzia-maila handiagoa behar duten guneekin mugan baldin badaude izan ezik.

Ahal den guztia egingo da sua ez dadin heda galtzadaren azpian (bereziki, suak hartutako likidoen isuriak eraginda).

Lauzaren azpian beste zirkulazio-maila bat badago, 7.3.4.1. atalean beste zulo baten egonkortasunari eta zuloen arteko tarteari eusteko finkaturiko eskakizunak bete beharko ditu. Bereizirik aztertuko dira suteak losaren goiko aldean eta beheko aldean.

E) Sabaitik esekita dauden ekipoak ez erortzeko babesa:

Ez dela inolako elementu arriskutsurik eroriko ziurtatu behar da, ke estratifikatuepean lan egiten duten larrialdietako ekipoak babesleku. Helburu horrekin, hauexek dira euste-dispositiboak eta altueran jarritako ekipo astunei eusteko egiturak: haizegailuak, seinaleztapen aldakorreko panelak eta ekipoak dituzten portikoak. Horiek guztiak 450°C-ko tenperaturaren kontrako erresistentzia izan behar dute 120 minutuan. Justifikazioa egiteko, suaren kurba normalizatua erabiliko da tenperatura horretara iritsi arte; jarraian, tenperatura horri eutsiko zaio ezarritako denbora amaitu arte.

8. OBRA JASOTZEA

Obra jaso baino lehen, Obra Zibilaren segurtasunari buruzko txosten bat aurkeztu behar da. Eskusiboak ez badira ere, kontrolatu beharreko honako hauek nabarmentzen dira.

8.1. Eraikuntzako materialak

Tunelaren obra zibilaren egiturakoak diren eta ez diren elementuen ezaugarri kimikoak, fisikoak eta mekanikoak eta eskakizunak egiaztatuko dira:

- Materialen ezaugarri eta osaera kimikoak.
- Egiturako elementuen eta materialen erresistentzia eta hari-kortasuna, bereziki suteetako tenperatura altuak kontuan hartuz.
- Egiturako elementuek suaren kontra duten erresistentzia.
- Jarritako ekipoek, hornidurek eta materialek suaren kontra duten erresistentzia.
- Kalitateak edo bat etortzea egiaztatzeko ziurtagiriak. Horien baliozkotasuna eta jarritako material eta hornidurekin bat datozela egiaztatzea.

8.2. Ebakuazio-bideak

Bideen kokapena eta ezaugarri geometrikoak egiaztatuko dira:

- Espaloiak: zabalera, kokapena (altuera eta tartea).
- Galeriak: tartea, luzera, zabalera, altuera, gehieneko malda, etab.
- Ebakuazioa zailtzen duen oztoporik ez izatea.
- Zoladura irristagaitzak izatea.
- Eskubanda izatea.
- Ebakuazioaren seinaleztapenaren ezaugarriak.

con él deben presentar un grado de resistencia al fuego (RF) de nivel N2.

Cada abrigo deberá disponer de una galería de evacuación que permita el acceso desde el exterior del túnel, que deberá poder ser utilizada durante dos horas en caso de un incendio que se produzca en cualquier punto del túnel. Si es necesario pasar a lo largo del lugar del incendio y si la galería tiene muros o losas comunicadas con el túnel, estos deberán presentar un grado de resistencia al fuego (RF) de nivel N2. Además la temperatura máxima de la cara no expuesta al fuego del muro no deberá sobrepasar una temperatura de 60°C durante el tiempo fijado para la evacuación de los refugios. Si otros elementos del túnel participan en la estabilidad de la galería, deberán ser estables al fuego para el mismo nivel N2.

D) Losas que soportan la calzada:

Quando la circulación se realice sobre una losa que soporta la calzada, esta debe satisfacer las exigencias del nivel N0 si no limita con espacios inferiores que requieran un nivel de resistencia superior con relación a los puntos anteriores.

Se debe evitar por todos los medios la propagación de un incendio bajo la calzada (especialmente por el flujo de líquidos inflamados).

Si existe otro nivel de circulación bajo la losa, esta deberá satisfacer las exigencias fijadas en el apartado 7.3.4.1 para las estructuras que son necesarias para mantener la estabilidad de otro tubo y la separación con él. Se considerarán por separado las situaciones de fuego en la parte superior e inferior de la losa.

E) Protección contra la caída de equipos suspendidos del techo:

Se debe proteger a los equipos de emergencia que trabajen bajo humo estratificado contra la caída de cualquier elemento peligroso. Con este objeto, los dispositivos de sujeción y la estructura portante de los equipos pesados implantados en altura: ventiladores, paneles de señalización variable, pórticos con equipos, deberán resistir una temperatura de 450°C durante 120 minutos. La justificación se hará utilizando la curva de fuego normalizada hasta alcanzar esa temperatura, que será a continuación mantenida hasta el final del periodo establecido.

8. RECEPCIÓN DE LA OBRA

Antes de la recepción de la obra se entregará un informe relativo a la seguridad de la Obra Civil. Sin carácter exclusivo, se destacan los siguientes aspectos a controlar.

8.1. Materiales constitutivos

Se comprobarán las características físicas, químicas y mecánicas y las sollicitaciones a las que están sometidos los elementos estructurales y no estructurales de la obra civil del túnel:

- Propiedades y composición química de los materiales.
- Resistencia y ductilidad de materiales y elementos estructurales, especialmente al ser expuestos a las altas temperaturas de un incendio.
- Resistencia al fuego de los elementos estructurales.
- Reacción al fuego de los distintos materiales, suministros y equipos instalados.
- Certificaciones de calidad o conformidad: Comprobación de su validez y concordancia con los materiales y suministros colocados.

8.2. Rutas de evacuación

Se verificarán la disposición y características geométricas:

- Aceras: anchura, posición (altura y separación).
- Galerías: separación, longitud, anchura, altura, pendiente máxima, etc.
- Ausencia de obstáculos que dificulten la evacuación.
- Existencia de pavimentos antideslizantes.
- Existencia de pasamanos.
- Características de la señalización de evacuación.

- Ateen ezaugarriak.
- Erreskate taldeen irisgarritasuna, sarbideak, etab.
- Aparteko aireztapen egokia.
- Argiztapen-maila egokia.

8.3. Drainaketa elementuen ezaugarriak

- Profil longitudinala: drainaketaren ezaugarriak eta gutxieneko malda egiaztatzea.
- Ur-harguneak: arrisku naturalak antzematea.
- Isurketa likidoak ebakutzatzea eta drainatzea: ura hartzeko dispositiboak edo harea-tokiak izatea ur-harguneetan; aparteko sistema bat eskatzen duten arriskuak egotea; kanalizazioen eta bilketa-deposituen edukiera eta estankotasuna; hodian zimurtasuna; likido-metaketarik eza; gutxieneko abiadurak; kutxeten eta hustubideen arteko gehieneko tartearak; sua kolektoreen bidez ez zabaltzea; deposituak edo ponpaketa-putzuak egotea beheko puntuetan; funtzionamendu-probak, etab.
- Zeharkako sekzioaren iragazgaitasuna: materialak eta erai-kuntzaren antolamendua.
- Kableen kanalizazioak: horien babesa.
- Segurtasun elementuak ezartzea.

9. MANTENTZEA

9.1 Ohar orokorrak

Ustiapenak iraun bitartean, obra zibilaren eraikuntzan eta proiektuan hartutako segurtasun irizpideak eta parametroak egiaztatu eta mantenduko dira. Zehazkiago, zehatz-mehatz aztertuko da obra zibilean eraikuntzak iraun bitartean egin beharreko aldaketa oro, eta justifikatu eta bermatu egin behar da inola ere ez direla murrizten tunel osorako proiektuan hartutako segurtasun-mailak.

Obra zibilaren zati bakoitzerako atal espezifikoak izango ditu mantentze planak, eta bertan bilduko dira burutu beharreko eragiketak, baita horien norainokoa eta aldizkakotasuna ere. Indarreko araudiekin, fabrikatzailearen estandarrekin, eraikuntzari buruzko jarraibideekin eta mantentze-lana egokiarekin bat etorri egingo da hori guztia.

9.2. Mantentzearen irizpide orokorrak

BURUTU BEHARREKO ERAGIKETAK

Mantentze-eragiketetan burutu beharreko ikuskapenak, egiaztapenak eta lanak aldizkakoak izango dira, obra zibila jaso aurretik eginikoen antzekoak.

Esklusiboak ez badira ere, hona hemen mantentze-eragiketak:

- Lurrazpiko gunek guztiak ikuskatzea, pitzadurak, gunek hezeak, deformazioak, hausturak, lurraren jokabide-aldaketak, etab. dauden ikusteko.
- Kableetan kanalizazioen egoera egiaztatzea.
- Drainaketa-sistemak eta likidoen isurketak biltzeko sistemak ikuskatzea eta garbitzea: hodiak, kutxetak, deposituak, ponpaketa-putzuak, harea-tokiak, etab. Arreta jarriko da iragazpenetan, gunek hezeetan eta funtzionamendu okerra erakusten duten zantzueta (putzuak, etab.).
- Ebakuazio bideak ikuskatzea, mantentzea eta garbitzea, instalazioak eta ekipamenduak barne: aireztapena, komunikazio instalazioak, itzalgailuak, eskubandak, ateak, ebakuazio seinaleak, etab. Ibilbideetan dagoen eragozpen oro kendu eta zoladura irristagaitzen ezaugarri eutsi behar zaie.
- Eraikuntzak iraun bitartean azpiegituran, gainegituran edo instalazioetan jarritako material orenen kontrako erresistentziaren ezaugarriak egiaztatzea.

- Características de las puertas.
- Accesibilidad de los equipos de rescate, caminos de acceso, etc.
- Ventilación adecuada e independiente.
- Nivel de iluminación adecuado.

8.3. Características de los elementos de drenaje

- Perfil longitudinal: comprobación de las características del drenaje y verificación de pendiente mínima.
- Bocas: detección de riesgos naturales.
- Drenaje y evacuación de vertidos líquidos: existencia de dispositivos de captación de agua o areneros en las bocas; presencia de riesgos que demanden un sistema separativo; capacidad y estanqueidad de las canalizaciones y depósitos de recogida; rugosidad de las conducciones; ausencia de puntos de acumulación de líquido; velocidades mínimas; separaciones máximas en arquetas y sumideros; no propagación del fuego a través de colectores; existencia de depósitos o pozos de bombeo en puntos bajos; pruebas de funcionamiento, etc.
- Impermeabilización de la sección transversal: materiales y disposición constructiva.
- Canalizaciones de cables: protección de las mismas.
- Implantación de elementos de seguridad.

9. MANTENIMIENTO

9.1. Consideraciones generales

Durante la explotación se verificarán y mantendrán los criterios y parámetros de seguridad adoptados en el proyecto y construcción de la obra civil. En particular, se analizará en detalle cualquier modificación que durante la explotación sea preciso realizar en la obra civil, justificándose y garantizándose que en ningún caso se reducen los niveles de seguridad adoptados en el proyecto para el conjunto del túnel.

El Plan de Mantenimiento incluirá capítulos específicos para cada parte de la obra civil, donde se recogerán las operaciones a realizar, así como su alcance y periodicidad. Todo ello se realizará de acuerdo con los reglamentos vigentes, los estándares del fabricante, las indicaciones procedentes de la construcción y la buena práctica de mantenimiento.

9.2. Criterios generales de mantenimiento

OPERACIONES A REALIZAR

Todas las inspecciones, verificaciones y trabajos a realizar durante las operaciones de mantenimiento, serán periódicos y similares a los realizados antes de la recepción de la obra civil.

Sin carácter exclusivo, las operaciones de mantenimiento consistirán en:

- Inspección de todos los espacios subterráneos, con el fin de detectar la aparición de fisuras, humedades, corrosiones, deformaciones, roturas, cambios en el comportamiento del terreno, etc.
- Verificación del estado de las canalizaciones del cableado.
- Inspección y limpieza de sistemas de drenaje y de recogida de vertidos líquidos: conducciones, arquetas, depósitos, pozos de bombeo, areneros, etc. Se prestará atención a la presencia de filtraciones, humedades e indicios de mal funcionamiento (charcos, etc.).
- Inspección, mantenimiento y limpieza de las rutas de evacuación, incluyendo sus instalaciones y equipamientos: ventilación, instalaciones de comunicación, extintores, pasamanos, puertas, señalización de evacuación, etc. Deberá eliminarse cualquier obstáculo situado a lo largo de las rutas y mantener las características antideslizantes de los pavimentos.
- Verificación de las características de resistencia al fuego de todo material que se incorpore a la infraestructura, superestructura o instalaciones durante la explotación.

- Eraikuntzak iraun bitartean finkaturiko zehaztapen eta jarraibide guztien jarraipena egitea, obra zibila artatzeko.

JARDUKETA ZUZENTZAILEAK DOKUMENTATZEA ETA LEHENESTEA

Eginiko ikuskapenen, egiaztapenen eta ohiko mantentze-lanen emaitzak izanda, txostenak egingo dira, eta, bertan, honako hauek barne hartuko dituzte obraren zati bakoitzean:

- Osagaiak.
- Kokapena.
- Elementuen egoera, ikuskapenean antzemandako anomaliekin.
- Buruturiko eragiketak.
- Ikuskaturiko elementu nagusien beharrak eta hutsuneak.
- Beharrezko konponketak eta ordezkpenak.

Halaber, obra zibilaren egoera eta horren instalazioak eta sistemak ikuskatu eta egiaztatu ondoren izandako emaitzei buruzko balorazio plan bat ezarriko da. Plan horretan, antzemandako irregularitasun guztiak konpontzeko beharrezko jarduketaren premia mailakatzeko modua emango duten irizpideak garatuko dira.

9.3. Egiaztapenak gorabehera-kasuetan

Gorabehera bat izan ondoren, obra zibilean izandako balizko eraginari buruzko ikuskapen zehaztua egingo da, honako helburu hauek lortzeko: izandako kalteak zenbatzea, beharrezko konponketak edo aldaketak zehaztea eta horietako bakoitzaren premia balorazioa. Zehazkiago, egitura erresistentean izandako eragina aztertuko da honako kasu hauetan: eraginak, uholdeak, sua, leherketak, lurrikarak, magal-mugimenduak, etab. Gainera, tunela ustiatzeko baldintzetan eragin nabarmena duten ala ez baloratuko da, zerbitzuan sartzeko eguna atzeratzea beharrezkoa den ala ez erabakitzeko.

II. ERANSKINA

ENERGIA ELEKTRIKOA

1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jartzean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan energia elektrikoaren horniduraren instalazioek bete behar dituzten xedapen eta zehaztapen teknikoak betetzea da.

Dokumentu honen helburua da Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburu hauek erdiestea:

- Tunelen plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eskuragarri jarri nahi da, norik bere etapen diseinuaren, eraikuntzaren, zerbitzuan jartzearen eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezan segurtasunaren eskakizunei buruz; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.
- Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea; hala, eskatzekoa den legezko eremu gisa balioko du.
- Zerbitzu-maila altuari eustea errepideetako tunelen ustiapenean, tunelen barruko aldeetan pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetzeko, baita tunelen kudeaketa ekonomikoak hobea izan dadin lagungarria izateko ere.

2. IRISMENA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiatu ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitzeko fasean, proiektuko fasean edo planeamenduko fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepidei buruzko martxoaren 24ko 2/2011 Foru Arauan ezarritakoaren

- Seguimiento de cuantas especificaciones e indicaciones se hayan fijado durante la construcción, para la conservación de la obra civil.

DOCUMENTACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE ACTUACIONES CORRECTORAS

Con los resultados de las inspecciones, verificaciones y operaciones rutinarias de mantenimiento realizadas, se redactarán informes que recojan para cada parte de la obra civil:

- Elementos integrantes.
- Situación y localización.
- Estado de dichos elementos, con las anomalías detectadas en la inspección.
- Operaciones efectuadas.
- Necesidades y carencias de los elementos más representativos inspeccionados.
- Reparaciones y reposiciones necesarias.

Asimismo, se establecerá un plan de valoración de los resultados obtenidos tras la inspección y verificación del estado de la obra civil y del funcionamiento de sus instalaciones y sistemas. En él, se desarrollarán los criterios que permitan graduar la urgencia de cada una de las actuaciones necesarias para subsanar todas las irregularidades detectadas, estableciendo su priorización.

9.3. Comprobaciones en caso de incidente

Tras producirse un incidente, se realizará una inspección detallada de su posible afección a la obra civil, con objeto de: cuantificar los daños sufridos, definir las reparaciones o sustituciones necesarias y valorar la urgencia de cada una de ellas. En particular, se estudiará la afección a la estructura resistente en casos tales como: impactos, inundaciones, incendios, explosiones, seísmos, movimientos de ladera, etc., valorando si sus consecuencias afectan significativamente o no a las condiciones de explotación del túnel, por si fuera necesario posponer su reentrada en servicio.

ANEXO II

ENERGÍA ELÉCTRICA

1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones de suministro de energía eléctrica en los túneles en explotación, puesta en servicio, construcción, proyecto y planeamiento pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia, a saber:

- Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción, puesta en servicio y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.
- Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.
- Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

2. ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/2011,

arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaez bete beharreko segurtasun-baldintzak zehaztu ditu.

Praktikan betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurritz kanpokoa izanez gero, Administrazio Agintaritzak arriskua murrizteko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurriok segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak ikuskatuko du; Segurtasun Irizpena bidaliko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balorazioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratistaren edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen-organoen ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-, gainbegiratzeko eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erraiak ixtea, seinaleak jartzea).

3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Kasuan kasuko instalazio-motaren arabera aldatzen dira proiektuaren xedeko instalazioen diseinuari aplikatu beharreko gutxieneko baldintzak, eta oro har, araudi elektroteknikoek nahitaez bete beharreko indarreko arautegian adierazitakoak izango dira.

Jarraian, instalazioen diseinuan nahitaez bete beharreko araudia zehaztuko dugu, ondoren jaso diren arauen bidez:

GOI-TENTSIOKO LINEAK ETA TRANSFORMAZIO-ZENTROAK

Orokorra

- ZEA «Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroei buruzko araudia».
- Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudia onesten edo aldatzen duten xedapenak eta MIE-RAT jarraibide tekniko osagarriak.
- 312/2005 Errege Dekretua, martxoaren 18koa, eraikuntza-produktuen eta eraikuntza-elementuen sailkapena, suaren aurrean dituzten erantzun- eta erresistentzia-ezaugarrien araberakoa, onetsi duena.

Industria eta Energia Ministerioa

- «BOE», 1982-12-1ekoak:
Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako segurtasun bermeei eta baldintza teknikoei buruzko azaroaren 12ko 3275/1982 Errege Dekretua.
- «BOE», 1983-1-18koa:
Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako segurtasun bermeei eta baldintza teknikoei buruzko azaroaren 12ko 3275/1982 Errege Dekretuaren akatsen zuzenketa.
- «BOE», 1984-8-1ekoak:
1984ko uztailaren 6ko Agindua, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko jarraibide tekniko osagarriak onetsi dituena.

del 24 de marzo de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

En el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

Los mínimos exigibles de diseño de las instalaciones objeto de Proyecto varían según el tipo de instalación de que se trate y en general estos mínimos serán los indicados por los Reglamentos Electrotécnicos en vigor y normativa de obligado cumplimiento.

A continuación vamos a especificar la reglamentación de obligado cumplimiento en el diseño de las instalaciones que se detallan:

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y LÍNEAS A.T.

General

- RCE «Reglamento sobre Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación».
- Disposiciones por las que se aprueban o modifican el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación y las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT.
- Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y resistencia frente al fuego.

Ministerio de Industria y Energía

- «B.O.E.» del 1-12-82:
Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 18-1-83:
Corrección de errores del Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 1-8-84:
Orden de 6 de julio de 1984 por la que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

- «BOE», 1984-10-25ekoa:
1984ko urriaren 18ko Agindua, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko Araudiaren jarraibide tekniko osagarriak onetsi dituen uztailaren 6ko aginduaren osagarria.
- «BOE», 1987-12-5ekoa:
1987ko azaroaren 27ko Agindua, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko jarraibide tekniko osagarrien gaineko araudiaren MIE-RAT 13 eta MIE-RAT 14 jarraibide tekniko osagarriak eguneratzen dituena.
- «BOE», 1988-3-3koa:
1987ko azaroaren 27ko Aginduaren akatsen Zuzenketa; Agindu horren bidez, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei buruzko araudiaren MIE-RAT 13 eta MIE-RAT 14 jarraibide tekniko osagarriak eguneratzen dira.
- «BOE», 1988-7-5ekoa:
1988ko ekainaren 23ko Agindua, Zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren MIE-RAT jarraibide tekniko osagarri batzuk eguneratzen dituena.
- «BOE», 1988-10-3koa:
1988ko ekainaren 23ko Aginduaren akatsen Zuzenketa; Agindu horren bidez, zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren MIE-RAT jarraibide tekniko osagarri batzuk eguneratzen dira.
- «BOE», 1991-4-24koa:
1991ko apirilaren 16ko Agindua, Zentral elektriko, azpiestazioko eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren MIE-RAT 06 jarraibide tekniko osagarriaren 3.6. puntua aldarazi duena.
- «B.O.E.», 1994-6-2koa:
1994ko maiatzaren 16ko Agindua, araudi honetako MIE-RAT 02 Jarraibide Tekniko Osagarria aurrerapen teknikora egokitzen duena.
- «BOE», 1995-3-28koa:
Industria Kalitatearen eta Segurtasunaren Zuzendaritza Nagusiak 1995eko martxoaren 9an emandako EBAZPENA; horren bidez, onartu egiten da araudia betetzen dela egiaztatzen duen ziurtapena, hain zuzen ere, AENOR «N» marka erabiltzeko eskubidea ematen du ziurtapen horrek, zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren eskakizunen berme gisa. Arau horiek behe-tentsioan 25 - 2.500 KVA, 50 Hz banatzeko transformazaila trifasikoak dagozkie.
- «BOE», 1996-1-5ekoa:
1995eko abenduaren 15eko Agindua, zentral elektriko, azpiestazio eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko araudiaren MIE-RAT 02 jarraibide tekniko osagarria aurrerapen teknikora egokitzen duena.
- «BOE», 2000-03-10ekoa:
2000ko martxoaren 10eko Agindua, zentral elektriko, azpiestazioko eta transformazio-zentroetako baldintza teknikoei eta segurtasun bermeei buruzko MIE-RAT 01, MIE-RAT02, MIE-RAT 06, MIE-RAT 14, MIE-RAT 15, MIE-RAT 16, MIE-RAT 17, MIE-RAT 18 eta MIE-RAT19 jarraibide tekniko osagarriak aldatu dituena. Okerren zuzenketa, BOE 250. zk., 2000ko martxoaren 18koa.
- «B.O.E.» del 25-10-84:
Orden de 18 de octubre de 1984 complementaria de la de 6 de julio que aprueba las Instrucciones Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 5-12-87:
Orden de 27 de noviembre de 1987 por la que se actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 13 y MIE-RAT 14 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 3-3-88:
Corrección de erratas de la Orden de 27 de noviembre de 1987 por la que se actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 13 y MIE-RAT 14 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 5-7-88:
Orden de 23 de junio de 1988 por la que se actualizan diversas Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 3-10-88:
Corrección de erratas de la Orden de 23 de junio de 1988 por la que se actualizan diversas Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 24-4-91:
Orden de 16 de abril de 1991 por la que se modifica el punto 3.6 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 06 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 2-6-94:
Orden de 16 de mayo de 1994 por la que se adapta al progreso técnico la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 02 de este Reglamento.
- «B. O. E.» del 28-3-95:
Resolución de 9 de marzo de 1995, de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, por la que se reconoce la certificación de conformidad a normas que otorga el derecho de uso de la marca AENOR «N» de producto certificado, como garantía de cumplimiento de las exigencias del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, en lo relativo a los transformadores trifásicos para distribución en baja tensión, de 25 a 2.500 KVA, 50 Hz.
- «B.O.E.» del 5-1-96:
Orden de 15 de diciembre de 1995 por la que se adapta al progreso técnico la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 02 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- «B.O.E.» del 10-03-00:
Orden de 10 de marzo de 2000 por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 01, MIE-RAT02, MIE-RAT 06, MIE-RAT 14, MIE-RAT 15, MIE-RAT 16, MIE-RAT 17, MIE-RAT 18 y MIE-RAT19 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. corrección de errores en BOE núm. 250, de 18 de marzo de 2000.

Aireko lineei aplikatu beharreko xedapenak:

- 1945eko uztailaren 17ko Legea, Aireportuei buruzko 1940ko azaroaren 2ko Legearen 11., 12., 13., 14. eta 15. artikulua berritu dituena.
- Industria Ministerioak 1944ko otsailaren 23an emandako Agindua, lerrun bereko 1965eko urtarrilaren 4ko xedapenen bidez aldarazia.
- Aireko nabigazioari buruzko uztailaren 21eko 48/1960 Legea.
- Otsailaren 24ko 584/1972 Dekretua, zortasun aeronautikoei buruzkoa.
- Otsailaren 13ko 362/1964 Dekretua eta urtarrilaren 4ko agindua.
- Otsailaren 24ko 584/1972 Dekretua (Airea), zortasun aeronautikoei buruzkoa, eta honek ere aldaketa hauek izan ditu:
- Abenduaren 5eko 1541/2003 Errege Dekretua, Zortasun aeronautikoei buruzko otsailaren 24ko 584/1972 Dekretua eta heliportuetako zortasun aeronautikoei buruzko uztailaren 10eko 1844/1975 Dekretua aldatu dituena, aireportuetan eta heliportuetan oztopoen muga-azalerek ezarritako mugen salbuespenak erregulatzeko.
- Uztailaren 10eko 1844/1975 Dekretua, heliportuetako zortasun aeronautikoak definitu dituena.
- Abuztuaren 9ko 2490/1974 Dekretua (Airea), zortasun aeronautikoei buruzko otsailaren 24ko 584/1972 dekretuaren 30. artikulua (426. xeda.) aldatzen duena.
- Otsailaren 15eko 223/2008 Errege dekretua eta bere jarraibide tekniko osagarriak ITC-LAT 01etik 09ra.
- Goi-tentsioko linea elektrikoaren baldintza tekniko eta segurtasun-bermeei buruzko Araudia onetsi duen 2008ko otsailaren 15eko 223/2008 Errege Dekretuaren Okerren zuzenketa, baita ITC LAT 01-09 jarraibide tekniko osagarriak ere, 2008ko maiatzaren 17ko «BOE» 120 zenbakian argitaratutakoak.
- 1988ko maiatzaren 18ko Agindua, energia elektrikoak garraiatzeko aireko lineen euskarriak margotzeko buruzko arauak ematen dituena.
- Goi-tentsioko elektrizitate lineen segurtasunaren bermeei eta baldintza teknikoei buruzko araudia; horren ondorioz, baliogabeturik geratu da 1949ko otsailaren 23ko Industria Ministerioaren Agindu bidez onartutako eta lerrun berezko 1965eko urtarrilaren 4ko xedapenen bidez aldatutako Goi-tentsioko Elektrizitate Lineen Araudia.
- Arlo honetako gainerako indarreko xedapen guztiak.

Iberdrolaren Arautegia

- Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U. erakundearen 1998ko arau bereziak eta MT REDEL 2.00.01en arauak, bezeroen transformazio-zentroak eraikitzeari buruzkoak.

Behe-Tentsioko Instalazio Elektrikoak

- Abuztuaren 2ko 842/2002 Errege Dekretua, Behe-tentsiorako Araudi Elektroteknikoa onetsi duena.
- Behe-tentsiorako Araudi Elektroteknikoa.
- Jarraibide Tekniko Osagarriak (ITC) BT 01 - BT 51.
- Auzitegi Gorenaren Hirugarren Salak 2004ko otsailaren 17an emandako epaia, abuztuaren 2ko 842/2002 Errege Dekretuaren bidez onartutako behe-tentsioko Araudi Elektroteknikoari erantsitako ITC-BT-03ren 4.2.c.2. tarte baliogabetzen duena.
- Behe-tentsioko araudi elektroteknikoan adierazitako erreferentziako arauak.

Disposiciones aplicables a Líneas Aéreas:

- Ley de 17 de julio de 1945 que reforma los artículos 11, 12, 13, 14, 15 de la Ley de Aeropuertos de 2 de noviembre de 1940.
- Orden del Ministerio de Industria de 23 de febrero de 1944, modificada por disposición de igual rango de 4 de enero de 1965.
- Ley 48/1960 de 21 de julio sobre navegación aérea.
- Decreto 584/1972 de 24 febrero, de servidumbres aeronáuticas.
- Decreto 362/1964 de 13 de febrero y orden de 4 de enero.
- Decreto 584/1972, de 24 de febrero (Aire), de servidumbres aeronáuticas, que, a su vez tiene estas modificaciones:
- Real Decreto 1541/2003, de 5 de diciembre, por el que se modifica el Decreto 584/1972, de 24 de febrero, de servidumbres aeronáuticas, y el Decreto 1844/1975, de 10 de julio, de servidumbres aeronáuticas en helipuertos, para regular excepciones a los límites establecidos por las superficies limitadoras de obstáculos alrededor de aeropuertos y helipuertos.
- Decreto 1844/1975, de 10 de julio, por el que se definen las servidumbres aeronáuticas correspondientes a los helipuertos.
- Decreto 2490/1974, de 9 de agosto (Aire), por el que se modifica el artículo 30 del decreto número 584/1972, de 24 de febrero (disp. 426), de servidumbres aeronáuticas.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Corrección de Errores del Real Decreto 223/2008, 15 de febrero del 2008 por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, así como sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, publicados en el «B.O.E.» número 120 del 17 de mayo del 2008.
- Orden de 18 de mayo de 1988 por la que se dan normas sobre el pintado de los apoyos de las líneas aéreas de transporte de energía eléctrica.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, quedando derogado el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión aprobado por Orden del Ministerio de Industria de 23 de febrero de 1949 y modificado por disposición de igual rango de 4 de enero de 1965.
- Demás disposiciones vigentes en la materia.

Normativa Iberdrola

- Normas particulares de Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U. de 1998 y al MT REDEL 2.00.01 referente a las normas de construcción de Centros de Transformación de clientes.

Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión.
- Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
- Sentencia de 17 de febrero de 2004, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo, por la que se anula el inciso 4.2.c.2 de la ITC-BT-03 anexa al Reglamento Electrotécnico de baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.
- Normas de Referencia indicadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

- Azaroaren 14ko 1890/2008 Errege Dekretua, kanpoko argiztapenaren instalazioen energia eraginkortasunari buruzko Araudiaren ingurukoa, eta horren jarraibide tekniko osagarriak, E01etik E07ra, biak barne.

Aplikatu beharreko lehenagoko arau edota aldaketa guztiak aplikatu behar dira, esplizituki aipatuta egon ez arren.

4. ENERGIA ELEKTRIKOAREN HORNIDURA ETA BANAKETA

Energiaren hornidura eta banaketa dira tunelaren segurtasun-ekipamenduetako bat; izan ere, oso garrantzitsuak dira, ohiko egoeran zein larrialdietan, zeren eta hornidura horren menpe baitaude segurtasunarekin lotuta dauden sistemak, hala nola, aireztapena, argiztapena, komunikazioak, telezaintza, DAI eta suaren kontrako sistemak. Horien kontrola sistema elektrikoaren eraginkortasunaren araberakoa da.

4.1. Instalazio elektrikoak

Instalazio elektrikoetan goi-tentsioko nahiz behe-tentsioko elikadura elektrikoaren sareak biltzen dira, eta, gero, kontsumitzaileei honako zerbitzuak eskaintzen zaizkie: argi-guneak, aireztapena, tuneleko zerbitzuak eta instalazioak, instalazioak lurrian ezartzea eta transformazio-zentroak, GTko banaketa lineak, BTko Koadroak edo aginte koadroak nahiz neurketa-zentroak, behe-tentsioko banaketa lineak. Hori guztia goi-tentsioetan, lineetan eta zentral elektrikoetan aplikatu beharreko araudietan eta Behe-tentsioko Araudi Elektronikoan eta horren jarraibide tekniko osagarrietan xedaturikoari lotuko zaio.

Jarraibide honen xede den elektrizitate instalazioak elementu guztiak barne hartzen ditu, hau da, goi-tentsioko sare elektrikoarekiko lotunetik, hornidura goi-tentsioan izanez gero, behe-tentsioko azken kontsumidorea arte. Alderdi bakoitzean jasotako osagaiak definitu ahal izateko, ondoko banaketa orokorra egin daiteke.

- Goi-tentsioko Sistema:
 - Konpainia Elektrikoarekiko lotunea
 - GTko linea harguneak
 - GTko emategunea
 - Azpiestazioa eta/edo maniobra eta banaketa-zentroa.
 - Eraldaketa-zentroak.
 - GTko banaketa-linea.
- Behe-tentsioko Sistemak:
 - BTko harguneak (transformazio-zentrotik edo Konpainia Elektrikoaren kontadoretik, hornidura BTkoa bada).
 - Behe-tentsioko koadroak.
 - Argiztapena eta indarra emateko aginte- nahiz kontrol-banaketa-aren bigarren mailako koadroak.
 - Banaketa-lineak (koadroen harguneak eta elikadura kontsumitzaileei).
 - Banaketa-ontziak eta -kanalizazioak.
 - Behe-tentsioko lurreko sareak.
 - Lurreko sare ekipotenziala.
 - Kontsumitzaile elektrikoak (argiztapena, indarra...).

4.1.1. Goi-tentsioko sistema

Goi-tentsioko sistemak goian deskribatutako osagaiak barne hartzen ditu, eta Konpainia Elektrikoaren eskutik GTko hornidura elektrikoak jasotzen badugu, hori arduratuko da energia elektriko kontsumo puntuetara eraman eta BT bihurtzeaz, ondoren kontsumitzaileen artean banatzeko helburuarekin.

Sisteman honakoak sartzen dira: lotunea, hargune lineak (airekoa edo lurrazpikoa), iristeko portikoa edo linearen amaierako dorreak, azpiestazioa eta/edo maniobra- eta banaketa-zentroa, transformazio-zentroak, eta instalazioen barruan GTko banaketa egonez gero, banaketa-lineak (airekoak edo lurrazpikoak).

- Real decreto 1890/2008, del 14 de noviembre Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias, desde E01 a E07 inclusive.

Se consideran de aplicación todas aquellas normas y/o modificaciones de las anteriores que resulten de aplicación aunque no estén mencionadas explícitamente.

4. SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El suministro de energía y su distribución constituyen uno de los equipamientos de seguridad en el túnel de suma importancia tanto en condiciones normales como de emergencia, ya que de él dependen sistemas también relacionados con la seguridad, como son la ventilación, iluminación, comunicaciones, televigilancia, DAI y contra incendios, cuyo control depende de la operatividad del sistema eléctrico.

4.1. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas comprenden las redes de alimentación eléctrica tanto en alta tensión como en baja tensión, así como la distribución de ésta a consumidores; como puntos de luz, ventilación, servicios e instalaciones del túnel, la puesta a tierra de la instalación y la implantación de los centros de transformación, líneas de distribución en AT, Cuadros de BT o centros de mando y medida, líneas de distribución en baja tensión. Todo ello se ajustará en su conjunto a lo dispuesto en los reglamentos aplicables en alta tensión, líneas y centrales eléctricas, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias del mismo.

La instalación eléctrica objeto de la presente instrucción comprende todos los elementos desde el punto de enganche con la red eléctrica en alta tensión, en caso de tener el suministro en alta tensión, hasta el último consumidor en baja tensión. Al objeto de definir los elementos incluidos en cada parte se puede hacer la siguiente distribución de carácter general.

- Sistema de Alta Tensión:
 - Punto de enganche con la Compañía Eléctrica.
 - Líneas acometidas de AT.
 - Punto de entrega de AT.
 - Subestación y/o centro de maniobra y reparto.
 - Centros de transformación.
 - Línea de reparto en AT.
- Sistema de Baja Tensión:
 - Acometidas de BT (Desde centro de transformación o desde el contador de Compañía Eléctrica si el suministro es en BT).
 - Cuadros generales de baja tensión.
 - Cuadros secundarios de distribución de mando y control para alumbrado y fuerza.
 - Líneas de distribución (acometidas a cuadros y alimentación a consumidores).
 - Bandejas y canalizaciones de distribución.
 - Red de tierras de baja tensión.
 - Red de tierras equipotencial.
 - Consumidores eléctricos (alumbrado, fuerza...).

4.1.1. Sistema de Alta Tensión

El sistema de alta tensión comprende los elementos descritos anteriormente y es, en el caso de recibir el suministro eléctrico en AT por parte de la Compañía Eléctrica, el encargado de transportar la energía eléctrica hasta los puntos de consumo y transformarla a BT para su distribución a consumidores.

Este sistema comprende: el punto de enganche, las líneas de acometida (aérea o subterránea), pódicos de llegada o torres final de línea, subestación y/o centro de maniobra y reparto, centros de transformación y además en el caso de existir una distribución en AT en el interior de las instalaciones las líneas de reparto (aéreas o subterráneas).

Halaber, hargune-lineen eta elikadura- edo banaketa-lineen arteko bereizketa egiten da. Izan ere, gehienetan linearen lotunea edo hargune-lineak eta linearen amaierako dorrea edo iristeko portikoa Konpainia Elektriakoaren titulartasunpekoak dira (titulartasun hori eta jarduketara hori Horniduraren Baldintza Teknikoen bidez definitzen da). Hori dela eta, Konpainia Elektriakoaren izenean egindako txostena galdatzen da, bere arauketaren arabera betearazita, eta egindako instalazioa lagatzen da behin hori legez-kotuta. Linearen amaierako dorretik edo iristeko portikotik abiatutako instalazioa, hots, goi-tentsioko linea, azpiestazioa edo maniobra- eta banaketa-zentroa eta transformazio-zentroak, instalazioari dagozkienak, Bizkaiko Foru Aldundiaren izenean egindako proiektu ezberdina beharko dute.

Goi-tentsioko sistema, beharrezkoak diren erredundantziak eta jabetza-mugak diseinatutako arkitekturaren eta Konpainia Elektriakoaren betekizunen arabera zehaztuko dira.

Goi-tentsioko sistema, adierazi dugun bezala, deskribatutako elementuek osatzen dute:

4.1.1.1. Konpainia Elektriakoarekiko lotunea

Konpainia Elektriakoaren sarearen gunea da eta gu sare horrekin konektatu ahal izango gara. Gune hori Konpainia Elektriakoak definitu behar du, instalazioa abian jartzekoa izango da eta indarreko arauketaren arabera egin beharko da, Konpainia horretako baldintza teknikoak eta arauketa kontuan izanda.

Gune hori proiektuaren kalkuluak egiteko abiapuntua izango da, eta horri dagokionez, honako alderdi hauek ezagutu behar dira: horniduraren tentsioa, lurreko zirkuitulabur trifasiko eta monofasikoaren intentsitateak eta berriro lotutako guneen kopurua, halakorik egonez gero.

4.1.1.2. Hargune-linea

Konpainiaren sarearekin lotzeko gunearen eta instalazioan jasotzeko gunearen arteko linea elektrikoa da.

Kasuan kasuko baldintzen arabera, linea hori airekoa, lurrazpikoa edo bien konbinazioa izan daiteke, eta indarreko arauketaren arabera egin beharko da, Konpainia horretako baldintza teknikoak eta arauketa kontuan izanda.

4.1.1.3. GT jasotzeko gunea

Puntu hau Konpainia Elektriakoak hornidura ematen digun tokia da, eta instalazioen jabetzaren mugak markatu ohi ditu. Bada, muga hargune-lineako jasotze-gunea da, eta hori izaten da Konpainiaren jabetza mugatzen duen konexio-puntua.

Hargune linea airekoa bada (soila edo zirkuitu bikoitza), ohi-koa da lineara iristeko portikoa edo amaierako dorrea ezartzea, eta bertan lineak bereizteko osagaiak, tentsioen gaineko babesa, eta, hala denean, GTn neurtutako osagaiak (TT, TI, Kontadoreak...) eta/edo babes- eta kontrol-osagaiak kokatzen dira (etengailu automatiko motordunak...). Ekipo horiek guztiak tunelaren kontrol-sistemaren barruan jaso beharko dira, dela seinalezatapenerako, dela ekipoen teleginterako. Beraz, helburu hori erdiesteko beharrezkoak diren egoeren seinaleztapen-osagaiak (irekita, itxita, igorritak...), motorizazioak eta/edo komunikazioak jaso beharko dira.

Hargunea lurrazpian badago, baliteke goian aipatutako antzeko sistema batekin konektaturik egotea. Hortaz, ekipo berberak jaso beharko dira, edo, bestela, transformazio- edo banaketa-zentroaren sarrera-gela konpaktuan zuzenean konekta daiteke. Sarrergelaren ekipamenduak bere egoerak eta/edo gabeziak adierazi ahal izango ditu. Hori dela eta, horretarako beharrezkoak diren osagarriak jaso beharko ditu.

4.1.1.4. Eraldaketa-zentroak

Ekipamendu honetan, konpainia elektrikotik jasotako tentsioa beharrezkoak diren tentsio-mailetara egokitzen da, 400V trifasikora, normalean, behe-tentsioko koadroen eta lineen bidez konsumitzaileen artean banatu dadin.

Proiektua eta diseinuaren ezaugarriak aintzat hartuta, zentro horien erregimen neutroa ezarriko da. Izan ere, erregimen neutroa

Se hace la distinción entre líneas de acometida y de alimentación o reparto ya que en la mayoría de los casos la titularidad final del punto de enganche de la línea o líneas de acometida y la torre final de línea o pórtico de llegada, suelen ser de la Compañía Eléctrica (esta titularidad y modo de actuación quedará definida en las Condiciones Técnicas de Suministro), por lo que normalmente se requiere un proyecto realizado a nombre de la Compañía Eléctrica, ejecutado según su normativa y cediendo la instalación realizada una vez legalizada. La instalación que parte de la torre final de línea o pórtico de llegada, es decir línea de alta tensión, subestación o centro de maniobra y reparto y centros de transformación pertenecientes a la instalación, precisarán un proyecto diferente realizado a nombre de la Diputación Foral de Bizkaia.

El sistema de alta tensión, las redundancias necesarias y los límites de propiedad se fijarán en función de la arquitectura diseñada y los requerimientos de la Compañía Eléctrica.

El sistema de Alta Tensión como hemos indicado se compone de los elementos que describimos:

4.1.1.1. Punto de enganche con la Compañía Eléctrica

Es el punto de la red de la Compañía Eléctrica donde ésta nos dará conexión a su red, este punto, a definir por la Compañía Eléctrica, será el arranque de la instalación y deberá realizarse según la normativa vigente además del condicionado técnico y la normativa de dicha Compañía.

De este punto, que será punto de partida para los cálculos del proyecto, se ha de conocer, la tensión de suministro, las intensidades, de cortocircuito, trifásica y monofásica a tierra, y el número de reenganches si los hubiera.

4.1.1.2. Línea de acometida

Es el tendido eléctrico comprendido entre el punto de enganche con la red de la Compañía y el de entrega en la instalación.

Esta línea dependiendo de las circunstancias podrá ser aérea, subterránea, o una combinación de ambas, y deberá realizarse según la normativa vigente además del condicionado técnico y la normativa de dicha Compañía.

4.1.1.3. Punto de entrega AT

Este punto es donde la Compañía Eléctrica nos entrega el suministro y usualmente marca el límite de propiedad de las instalaciones, habitualmente el límite se establece en el punto de entrega de la línea de acometida, siendo este punto de conexión el límite de la propiedad de la Compañía.

En el caso de que la línea de acometida sea un línea aérea (simple o doble circuito) es habitual la colocación de un pórtico de llegada o torre final de línea, en donde se instalan los elementos de seccionamiento de las líneas, protección de sobre tensión y en su caso elementos de medida en AT (TT, TI., Contadores...) y/o elementos de protección y control (interruptores automáticos motorizados...). Todos estos equipos deberán ser integrados en el sistema de control del túnel, bien para simple señalización, o para telemando de los equipos, por lo que deberán incluir los elementos de señalización de estados (abierto, cerrado, disparado...), motorizaciones y/o comunicaciones necesarias para este fin.

El caso de acometida subterránea puede que ésta se conecte en un sistema similar al anterior, por lo que se deberán prever los mismos equipos, o bien que se conecte directamente en una celda compacta de entrada de un centro de transformación o de reparto. El equipamiento de la celda de entrada, deberá poder señalar sus estados y /o faltas por lo que deberá incluir los accesorios necesarios.

4.1.1.4. Centros de transformación

En este equipamiento se adapta la tensión proveniente del suministro de la compañía eléctrica a los niveles de tensión necesarios, usualmente 400V trifásico, para que por medio de los cuadros y líneas de baja tensión sea distribuido a los consumidores.

En proyecto y dependiendo de las características de diseño se fijará el régimen de neutro de dichos centros, la determinación

zehazten bada, BTko diseinua behar bezala egin ahal izango da, baita babesak aukeratu eta behe-tentsioko erroaleak eta lurreko sareak modu egokian banatu ere.

Erregimen neutro bat edo beste aukeratuz gero, proiektuan hori behar bezala arrazoitu beharko da, aukera eta/edo abantailak eta desabantailak arrazoiz azalduta.

Proiektuan ondoko puntuak zehaztu beharko dira: goi-tentsioko ekipotako zirkuitulabur simetrikoaren eta pikoaren intentsitateak, behe-tentsioko transformadoreen eta koadro elektrikoen goi-tentsioko edo behe-tentsioko konexio-borneak, instalazioa modu egokian diseinatu ahal izateko.

Ekipamendua indarreko araudiaren eta Konpainia Elektrikoaren baldintza teknikoaren arabera eratu beharko da.

Zentro horiek honako ekipo hauek izango dituzte, oro har:

- Linea sartzeko ekipoak.
- Lineak konmutatzeko ekipoak.
- Babes orokorreko ekipoa.
- Neurriak hartzeko ekipoak, beharrekoa izanez gero.
- GTko irteerak babesteko ekipoak (transformadoreak edo banaketa-lineak).
- Potentzia transformadoreak.
- BTko irteera kontrolatzeko Etengailu Automatikoa (beharrezkoa izanez gero).
- Erreaktiboa konpentsatzeko kondentsadorea.
- Argiztapena.
- Segurtasun-osagaiak.
- Lurreko sareak.

Transformazio-zentroak zirkuitu sinplea edo bikoitza duen linea baten bidez elikatuta egon daitezke. Linea zirkuitu bikoitzekoa bada, konmutazio automatikoa duen ekipoa ezartzea aurreikusiko da, eta zirkuituren batek huts egiten badu, sarrerako zirkuituen artean konmutazio automatikoa ahalbidetuko da, tentsioan mantentzen dena konektatu ahal izateko. Horrela, sarrerako bi zirkuituetatik edozeinek tentsioa duen heinean, zentroa elikatuta egongo da.

Linea sartu, irteera babestu edo neurtzeko ekipoek tunelak kontrolatzeko sistema barne hartu beharko dute. Beraz, hori behar bezala integrazeko beharrezkoak diren ekipamenduak eskuragarri izan beharko dituzte. Hori dela eta, integrazio mailaren arabera galdatutako seinaleztapen, aginte eta/edo komunikazioetarako ekipo lagungarriak ezarriko dira.

Tunelaren barruan dauden transformazio-zentroetan instalazioaren diren potentzia-transformadoreak lehorrak izango dira; eta tunelaren kanpoko aldearen kokatutako transformazio-zentroetakoak ere lehorrak izango dira, ahal dela.

Transformadoreak gainkargen, zirkuitulaburren, lurreko upele eta abarren aurka babestuta egongo dira, batik bat, erdi-/goi-tentsioko geletan kokatutako ekipoen bidez. Babesen hautaketa proiektu bakoitzean justifikatuko da. Tenperatura neurtzeko seinaleztapena izango dute, alarma eta desarra mailak adierazita, eta hori guztia tunelak kontrolatzeko sistemaren barruan jaso beharko da. Horrez gain, desarraren seinalea babes-gelara eramango da, eta, horrenbestez, transformadorea gehiegi berotzen bada babesarako etengailu automatikoa irekitzea eragingo du (konexioa kentzeko tenperatura).

Zenbait kasutan, eta BTko koadro orokorraren eta transformadorearen arteko distantzia dela medio, edo kokaleku ezberdinetan egoteagatik, horren irteeran etengailu bat ezarriko da transformadorea GTaren aretoetik isolatu ahal izateko. Gainera, BTko koadro orokorrarekiko distantzia luzea bada, elementu hori etengailu automatiko bat izango da, hargunea koadro horretaraino babesteko. Halakorik gertatzen bada, ekipo egokia ezarri beharko da (tentsioa, zirkuitulaburraren intentsitatea...), eta horrek kontrol-sisteman barne hartzeko beharrezkoak diren osagaiak izan beharko ditu, hala nola, seinaleztapen-osagarriak eta/edo agintea.

Ekipamendu horren diseinuan eta eraikuntzan arreta berezia jarri behar zaio, batik bat, lurreko sareen definizioari eta diseinua-

del régimen de neutro permitirá el correcto diseño en BT y la correcta elección de protecciones, distribución de conductores y redes de tierra en baja tensión.

La elección de uno u otro régimen de neutro se deberá argumentar debidamente en el proyecto, justificando razonadamente su elección y/o ventajas e inconvenientes de la misma.

En el proyecto se deberán determinar las intensidades de cortocircuito simétrica y de pico en equipos de celdas de alta tensión, bornas de conexión de alta y baja tensión del o los transformadores y cuadros eléctricos de baja tensión para diseñar de forma correcta la instalación.

Este equipamiento deberá ser construido conforme a la normativa vigente y el condicionado técnico de la Compañía Eléctrica.

Estos centros están compuestos por los siguientes equipos generalmente:

- Equipos de entrada de línea.
- Equipos de conmutación de líneas.
- Equipo de protección general.
- Equipos de medida en caso necesario.
- Equipos de protección de salidas en AT (a transformadores o a líneas de reparto).
- Transformadores de potencia.
- Interruptor Automático de control de salida en BT. (si fuese necesario).
- Condensador de compensación de reactiva.
- Iluminación.
- Elementos de seguridad.
- Redes de tierra.

Los centros de transformación pueden ser alimentados por una línea de simple o doble circuito, en el caso de una línea de doble circuito, se preverá la instalación de un equipo de conmutación automática que en caso de fallo de uno de los circuitos permita la conmutación automática entre circuitos de entrada para conectar la que se mantenga en tensión, garantizando así que siempre que uno de los dos circuitos de entrada tenga tensión, el centro estará alimentado.

Los equipos de entrada de línea, protección de salida, medida se deberán poder integrar en el sistema de control de los túneles por lo que deberán disponer de los equipamientos necesarios para su correcta integración incluyendo así, los equipos auxiliares de señalización, mando y/o comunicaciones que se requieran según el nivel de integración.

Los transformadores de potencia que se instalen en los centros de transformación situados en el interior del túnel serán secos y en los centros de transformación situados en el exterior de los túneles serán preferentemente secos.

Los transformadores estarán protegidos contra sobrecargas, cortocircuitos, cuba a tierra, etc. por equipos situados en las celdas de media/alta tensión. La elección de las protecciones será justificada en cada proyecto. Dispondrán de señalización de temperatura indicando niveles de alarma y disparo, que deberán ser integrados en el sistema de control de túneles, la señal de disparo se llevará además a la celda de protección lo que provocará la apertura del interruptor automático de protección en caso de sobrecalentamiento (temperatura de desconexión) del transformador.

En algunas ocasiones y debido a la distancia entre el cuadro general de BT y el transformador o bien por estar en distinta estancia, se colocará un elemento de corte a la salida de éste para poder aislar el transformador desde la sala de AT. Además si la distancia al cuadro general de BT es larga este elemento será un interruptor automático para proteger la acometida hasta dicho cuadro. En caso de ser así, se deberá instalar un equipo adecuado (tensión, intensidad de cortocircuito...) que además disponga de los elementos necesarios para integrarlo en el sistema de control, accesorios de señalización y/o mando necesarios.

En el diseño y construcción de este equipamiento se deberá prestar especial atención a la definición y diseño de las redes de

ri dagokienez; neutroa, burdineriak eta behe-tentsioa. Lurreko sareei begira hartutako konponbideak arrazoiz justifikatu beharko dira proiektuan, horien eskuragarritasuna, geometria, kokapena, kalkulu-parametroak eta itxarondako emaitzak zehatz-mehatz definituta, lursailaren eta hutsegite-baldintzen ezaugarriak aintzat hartuta.

Proiektuan erregimen neutroa definituko da, babes elektrikoak behar bezala definitzeko.

Lurreko sareen diseinua eta eraketa oso garrantzitsua da tunele barruan kokatu beharreko zentroi dagokienez, batez ere, lursailaren konduktibitate eskasarengatik, bai eta horiek ezartzeko muga geometrikoarengatik ere. Hori guztia dela eta, proiektua arreta handiz egingo da, eta lurreko sareak egiten diren bitartean hori behar bezala egiten dela egiaztatuko da, eta horien balioak (ohmiotan) egiaztatuko dira, baita pasoko tentsioak, kontaktua eta transferituak ere, halakorik egonez gero, instalazioak abian jarri aurretik.

Lurreko sare horiek bananduta neurtu ahal izango dira, balioak aldizka egiaztatzeko. Bada, balio horiek gutxienez urtero egiaztatuko beharko dira mantentze-prozesuan eta berrikuspen bakoitzean zehatz-mehatz aztertu beharko dituzte kasuan-kasuan baimendutako kontrol-erakundeek.

Badaezpada eta langileak babesteko, proiektutik zehaztu beharko dira ekipoei dagozkien mantentze- edo/eta konponketan egiteko beharrezkoak diren maniobrak, baita lan horiek segurtasunez gauzatzeko zein katigamendurekin egin behar diren ere, hau da, giltza-katigamendu arruntekin edo horren pareko beste sistema batekin.

4.1.1.5. *GTko banaketa-lineak*

Linea hauek dira transformazio-zentro propioak abiapuntu giza izanik GTa tunelaren barruan, beste ahoan edo beste toki batzuetan dauden beste zentro batzuetara banatzen dutenak.

Eraztun- edo izar-osaketa duten kontuan hartuz, horien erreduntzia posible da sarrerako lerrokadurei dagokienez. Osaketa eraztun-formakoa denean, nahikoa izango da azpiestazio bakoitzeko linea bat erreduntzia ziurtatzeko; izar-formaren kasuan, aldiz, bi linea gomendatzen dira, horietako batean zehatz-mehatz gogorako akatsen bat balego ere.

Tunelen barruan, linea horien kanalizazioak lurpean eta hodian barruan joango dira, linea bakoitzak kanalizazio independenteen bidez zirkulatuko du, eta ezingo dituzte kutxatilik edo beste elementu batzuk konpartitu TZko sarreraraino.

4.1.2. *Behe-tentsioko sistema*

Behe-tentsioko sistemak aurretik aipatutako zenbait osagai bitzen ditu, esate baterako, transformadorearen alboko Transformazio-zentroan jartzen den koadroan kokatutako etengailu automatiko orokorra. Hain zuzen ere, egoera hori gertatzen da koadro orokorra eta transformadorea toki desberdinetan edo distantzia nabarira kokatuta daudenean.

Konpainia Elektrikoak goi-tentsioko hornidura jasotzeko sistemaren jatorria kasuan kasuko transformazio-zentroa izango da. Hala ere, hornidura behe-tentsiokoa bada, jatorria Konpainiak bere egokitzapen tekniko-ekonomikoan emandako lotunea izango litzateke, eta aurreko kasuan gertatu den bezala, proiektuak guztia barnean hartu arren, ekipamenduen azken jabetza zati batean Konpainiari lagatzen zaio, oro har, hargune-linearena.

Hona hemen sistemaren barruan sartzen dena: BTko arguena, koadro orokorra, banaketa-lineak, agintearen eta kontrolaren bigarren mailako koadroak, lurreko sareen kanalizazioak, sare ekipotentziala eta kontsumitzaile elektrikoak.

Behe-tentsioko instalazioa diseinatu ahal izateko, beharrezkoa da horren erregimen neutroak definitzea, bai eta zirkuitulabur trifasiko eta pikoaren intentsitateak ere, puntu ezberdinetan (koadroak), hautespen-mugak, babes-tresna, enbarratuak eta gainerako ekipamendua, betiere instalazioa modu fidagarrian eta ziurrean era-biltzea ahalbidetzen badu.

Sisteman jarraian deskribatutako osagaiekin eratzen da:

tierra: neutro, herrajes y baja tensión. Las soluciones adoptadas para las redes de tierra se deberán justificar razonadamente en proyecto definiendo detalladamente su disposición, geometría, ubicación, parámetros de cálculo y resultados esperados, en función de las características del terreno y condiciones de falta.

En el proyecto se definirá el régimen de neutro para la correcta definición de las protecciones eléctricas.

El diseño y realización de las redes de tierra es especialmente importante en aquellos centros que se vayan a situar en el interior de los túneles, debido a la mala conductividad del terreno, así como por las limitaciones geométricas de implantación de las mismas, por todo ello se realizará con sumo detalle el proyecto, verificando su correcta ejecución durante la realización de las redes de tierra y comprobando los valores en ohmios de las mismas así como las tensiones de paso, contacto y transferidas si las hubiera antes de la puesta en marcha de las instalaciones.

Estas redes de tierra se deberán poder medir por separado para la comprobación periódica de sus valores, valores que deberán ser comprobados al menos anualmente en el mantenimiento y específicamente en cada revisión por parte de los organismos de control autorizados correspondientes.

Como precaución y de cara a la protección de los trabajadores, se habrá de definir desde proyecto las maniobras necesarias para las diversas labores de mantenimiento y/o reparación de equipos, además de los enclavamientos necesarios para la realización con seguridad de estas labores por medio de los habituales enclavamientos de llaves, u otro sistema equivalente.

4.1.1.5. *Líneas de reparto en AT*

Estas líneas son las que partiendo de los centros de transformación propios reparten la AT a otros centros situados en el interior del túnel, la otra boca, u otros emplazamientos.

Según su configuración en anillo o en estrella permite asegurar la redundancia de estos respecto a las alimentaciones de entrada. Cuando la configuración sea en anillo bastará una línea de cada subestación para asegurar la redundancia, en el caso de estrella se recomiendan dos líneas por si existe un fallo aguas arriba en una de ellas.

Las canalizaciones de estas líneas en el interior de los túneles discurrirán enterradas y entubadas, circulando cada línea por canalizaciones independientes, no pudiendo compartir arquetas u otros elementos hasta la entrada al CT.

4.1.2. *Sistema de Baja Tensión*

El sistema de baja tensión comprende algunos de los elementos indicados anteriormente, es el caso del interruptor automático general colocado en cuadro a situar en el Centro de Transformación próximo al transformador, situación que se da cuando el cuadro general se encuentra en recinto diferente al que se encuentra el transformador o a una distancia apreciable del mismo.

El sistema en caso de recibir el suministro de la Compañía Eléctrica en alta tensión su origen será el centro de transformación correspondiente, si el suministro fuese en baja tensión el origen será el punto de enganche dado por la Compañía en su condicionado técnico-económico, ocurriendo como en el caso anterior que aunque el proyecto abarque todo, la propiedad final de los equipamientos sea en parte cedida a la Compañía, generalmente la línea de acometida.

El sistema comprende: la acometida de BT, el cuadro general, las líneas de distribución, los cuadros secundarios de mando y control, canalizaciones, redes de tierra, red equipotencial y consumidores eléctricos.

Para el diseño de la instalación de baja tensión es preciso definir el régimen de neutros de la misma, así como las intensidades de cortocircuito trifásico simétrico y de pico, en los diversos puntos (cuadros), límites de selectividad de forma que se pueda definir la apartamiento de protección, embarrados y demás equipamiento que permita el funcionamiento de la instalación de una forma fiable y segura.

El sistema se compone de los elementos que a continuación describimos:

4.1.2.1. *BTko hargunea*

Behe-tentsioko energia emateko guneak eta koadro nagusiaren edo kasuan kasuko bigarren mailako aginte- eta kontrol-koadroak (BTko hornidura) bat egiten duten puntua da. Goi-tentsioko horniduren kasuan, transformazio-zentro propioarekin batera, konexio-puntutik, transformadorearen bigarren mailako borneak edo kontrolaren etengailu-palak ditu, halakorik egonez gero, kasuan kasuko koadroaren sarreraren kokatutako borneetara iritsi arte. Hala, BTko horniduren kasuan, konexio-puntuaren eta ondore horretarako xedatutako babeserako kutxa orokorraren arteko linea barne hartzen da. Ildo beretik, banakako aldaketatzat jo beharko da, araudian jasotako ITC-BT-12, 13 eta 14 jarraibideetan xedatutakoari helduta, eta, gainera, dagokien kutxa izan beharko dute, energia-kontadoreekin, koadroan bertan edo bereiziriko armairu batean, konpiniaren arauen arabera.

Tentsio-erortzeak kalkulatzeko, GTko horniduretan hargune horren jatorria transformadorearen bornetan dagoela ulertuko da. Beraz, transformadorearen eta potentzia kontrolatzeko etengailuaren arteko linea-tartea jaso beharko da, halakorik egonez gero, eta horrez gain, gutxienez, 1,15eko potentzia kontuan izan beharko da transformadorearen kasuan, bereziki, transformadorearen potentzia handitzeko aukerak edo gainkargak aurrekusi ahal izateko, gorabehera posible horiek gertatuz gero onartutako tentsio-beherakadak ez gainditzeko eta instalatutako ekipoei behar bezala funtzionatzeko dutela bermatzeko.

BTko harguneei dagokienez, ITC-BT-14 jarraibidean ezarritakoa beteko da.

Zamen balantzeak duen potentzia bider 1,25eko potentzia hartuko da kontuan kalkulua egitean, etorkizuneko handitzeak aurrekusi ahal izateko.

Banaketa-lineak luzeak direnean, kablearen erreaktantzia aintzat hartuko da, funtzionamenduaren tenperaturaren arabera zuzendutako erresistentziaz gain.

4.1.2.2. *Behe-tentsioko koadro orokorrak eta bigarren mailako aginte- eta kontrol-koadroak*

Behe-tentsioko koadro orokorrak sare elektrikoaren BTko elikadura jasotzen du, bai transformazio-zentrotik, bai sare elektrikoaren BTko hornidura-puntutik.

Koadro horren bidez, energia elektrikoak bigarren mailako koadroetara eta koadro horretan zuzenean konektatutako kontsumidoreetara banatzen da. Bigarren mailako koadroen eta kontsumidoreen elikadura koadro horretara konektatutako harguneen eta elikadura-lineen bitartez egiten da.

Banaketa-, kontrol- eta neurketa-koadro sekundarioek kontsumidoreak elikatzen dituzte, edo, aldi berean, bigarren mailako bestelako koadroak.

Koadro horien xedea energia banatzea, pertsonen hutsegite elektrikoaren aurrean babesa ematea, kontsumidoreetako bestelako koadroen eta banaketa-lineen harguneak babestea da, betiere horien mendekoak, bai eta kontrol-sistema seinaleztatu, kontrolatu eta agintzeko beharrezkotzat jotako automatizazio- eta kontrol-ekipoak jasotzea ere.

Koadroak behar bezala diseinatzea eta dagozkion neurriak izatea faktore erabakigarrietako bat da. Instalazio elektrikoak gauzatzeko, jarraibide tekniko honetan proiektuan islatu beharreko parametro batzuk ageri dira, beren diseinua zuzena dela ziurtatzeko.

Koadroen diseinuan garrantzia duten faktoreen artean, horietako bakoitzaren gain eragina izango duten zirkuitulaburreko intentsitateen zehaztapena izango da. Transformazio-zentroan lortzen diren zirkuitulaburreko potentziak eta intentsitateak abiapuntu gisa hartuta, edo BTko sarearekiko lotunean jasotakoak.

Balio hori oinarri hartuta, proiektuan puntu bakoitzean balioak zehaztu behar dira, eta instalazioaren koadro bakoitzari atxikitako zirkuitulaburreko intentsitatea arrazoiz justifikatu behar da.

Ikuspegi elektrikitik eta aurrekoa gorabehera, diseinuaren inguruko gida-lerroak eskaini dira, instalatu beharreko sistemen helburua pertsonen segurtasuna eta ekipoen babesa dela kontuan izanda.

4.1.2.1. *Acometida de BT*

Es la línea de unión ente el punto de entrega de energía en baja tensión hasta el cuadro principal, o secundario de mando y control correspondiente (suministro en BT). En el caso de suministros en alta tensión, con centro de transformación propio incluye desde el punto de conexión, bornas del secundario del transformador o palas del interruptor de control si lo hubiera, hasta las bornas de entrada del cuadro correspondiente. En el caso de suministros en BT se incluye la línea entre el punto de conexión y la caja general de protección dispuesta a tal efecto, en este sentido se deberá tratar como una derivación individual según lo dispuesto en el reglamento en las instrucciones ITC-BT-12, 13 y 14, además de disponer de la consiguiente caja con los contadores de energía bien dentro del mismo cuadro o en un armario aparte, según las normas de compañía.

Para los cálculos de caída de tensión consideraremos en los suministros en AT que el origen de esta acometida está en las bornas del transformador. Por lo que se deberá incluir el tramo de línea entre el transformador y el interruptor de control de potencia, si lo hubiera y además considerar por lo menos una potencia de 1,15 la del transformador, para prever posibles ampliaciones de potencia del transformador o sobrecargas del mismo, de tal forma que ante estas eventualidades no se superen las caídas de tensión admitidas, garantizando el correcto funcionamiento de los equipos instalados.

En el caso de las acometidas en BT se considerará lo indicado en la instrucción ITC-BT- 14.

Con el fin de contemplar futuras ampliaciones en las instalaciones se realizará el cálculo de las acometidas considerando una potencia de 1,25 veces la del balance de cargas.

Quando se presenten líneas de reparto de longitud elevada a los consumidores se tendrá en cuenta la reactancia del cable además de la resistencia corregida a la temperatura de funcionamiento.

4.1.2.2. *Cuadros generales de baja tensión y secundarios de distribución de mando y control*

El cuadro general de baja tensión recibe la alimentación de BT de la red eléctrica, bien desde el centro de transformación o desde el punto de suministro de BT de la red eléctrica.

Este cuadro se encarga de la distribución de la energía eléctrica hacia los cuadros secundarios y a los consumidores que se encuentren conectadas directamente en este cuadro. La alimentación a cuadros secundarios y consumidores se realiza por las acometidas y líneas de alimentación que se conectan en este cuadro.

Los cuadros secundarios de distribución control y medida alimentan a consumidores o a su vez a otros cuadros secundarios.

Estos cuadro tienen como misión la de realizar el reparto de la energía, la protección de las personas frente a fallos eléctricos, la protección de las acometidas a otros cuadros y líneas de reparto a los consumidores, protección de los consumidores, que de ellos dependen, así como de alojar los equipos de automatización y control que se consideren necesarios para la señalización, control y mando parte del sistema de control.

El correcto diseño y dimensionamiento de estos cuadros es uno de los factores clave. Para la ejecución de la instalación eléctrica, en esta instrucción técnica se fijan una serie de parámetros que se deben reflejar en el proyecto para asegurar el correcto diseño de los mismos.

Uno de los factores importantes en el diseño de los cuadros es la determinación de las intensidades de cortocircuito que afectarán a cada uno de ellos. Partiendo de las potencias e intensidades de cortocircuito que se obtienen en el centro de transformación, o bien las del punto de enganche a la red de BT.

Partiendo de este valor, en el proyecto se deberán indicar los valores en cada punto y justificar razonadamente la intensidad de cortocircuito que se asigna a cada cuadro de la instalación.

Desde el punto de vista eléctrico y partiendo de lo anterior, se dan unas directrices de diseño, teniendo en cuenta que el objetivo de los sistemas a instalar es la seguridad de las personas y la protección de los equipos.

- Aukeratutako tresnak proiektuan koadro bakoitzerako eskariaren eta zirkuitulaburreko intentsitateen aurrean erantzungo du.
- Pertsonen babes egokia bermatzeko, babesen kalkulua proiektuan justifikatu beharko da.
- Tresnaren mozte-ahalmenak jaisteko ekipoen taldeetara eta/edo filiazioetara jotzen bada, proiektuan ekipoa babes-tuta geratzen direla bermatu eta justifikatu beharko da, baita tresnak esfortzu teknikoari eta zirkuitulaburreko esfortzuei erantzuten diela eta erdietsitako bereizketa behar bestekoa dela ere. Filiazioaren aplikazioa babes-sistema gisa proiektuan egiaztatuko beharko da.
- Funtsezko zirkuituetan eta/edo larrialdietako zirkuituetan maila bereko ekipotako hutsegiteak eraginik ez izatea bermatu behar da. Beraz, komenigarria izango da zirkuitu horiei begira babesgarri diferentzial eta magnetotermiko independenteak ezartzea.
- Ekipamendu elektronikorako babesgarri diferentzialak super immunizatu motakoak izango dira.
- Tresnaren osagai guztiek egoeren seinaleztapenerako eta motorizaziorako (ezinbestekoa bada) beharrezkoak diren osagai guztiak eramango dituzte.
- Koadroek, duten kokapenaren arabera, gaintentsioen kontrako babesa izango dute, hau da, BTArekin 16. artikuluan eta araudi horretako ITC-23 instrukzioan eskatzen dena.

Koadro elektrikoak helburu horretarako xedatutako areto teknikoak ezarriko dira. Instalazioa ingurune ezberdinetan, aurrefabrikatutako eraikinetan, fabrikako obretan, tunelen barruko galerietan, tunelaren hodian edo kanpoan egin beharko da.

Eraikuntzaren ikuspegitik, koadro elektrikoek eraikuntza-betekizunei erantzun behar diete, horien kalitatea eta egokitzapen funtzionala nahiz instalazio-egokitzapena bermatu ahal izateko.

- Elektrizitate-aretoen barruan kokatutako koadro elektrikoek gutxienez IP42 IK 10 babes-maila izango dute, eta kanpoan kokatutakoak, aldiz, IP55 IK 10 babes-maila izango dute. Koadroen fabrikatzaileak, diseinuaren estankotasuna eta, ondorioz, horien barruan izan daitekeen tenperatura aintzat hartuta, koadroa osagaien duten tresnak, enbarratuak, kableak etab. intentsitatearen arabera berriz sailkatu behar diren edo ez den justifikatuko du, koefiziente zehatza aipatuta (1 baino baxuagoa).
- Kableak koadroetan beti beheko aldetik sartuko dira, IP maila errespetatuz. Halaber, areto teknikoetan kokatutako koadroetan helburu horretarako plakak dituen koadroaren oinarria erabiliko da. Kanpoko aldeko koadroetan, beheko aldetik egongo da eta IP mailari eustea ahalbidetzen duten osagaiak kokatuko dira (pasa kableak, prentsaestopak...). Debehatuta dago kablearen koadroaren goiko aldetik edo albotik sartzea.
- Modulu bateko baino gehiagoko koadroek altzairu galvanizatuzko 100 mm-ko zokaloa (bankada) izango dute. Zokalo (bankada) hori koadroaren eraikuntza-fasean kokatutako da, behar bezala nibelatuta egongo da, eta horri zorrotasuna emateko baliagarria izango da, koadroan tentsio mekanikoak saihestuz, batik bat, zokaloak eta ainguraketak gaizki kokatzeagatik. Lurzoru faltsua dagoen areto teknikoetan koadroaren altuera lurzoru faltsura egokitzeko hantak ezarriko dira. Zokalo horiek lurzoruan irmo kokatuko dira.
- Koadroek ateak (gardenak edo ilunak) izango dituzte, babes- eta maniobra-osagaiak ate horien atzean geratzeko, maniobretan istripuak gerta ez daitezken. Ate horiek ez jartzeko arrazoia proiektuan egiaztatuko beharko da.
- Ateetan ekipoa ezberdinak (bertako kontrola, urrunekoa, semaforoak, hesiak, haizagailuak, etab.) abian jartzeko seinaleztapen- eta aginte-botoiak kokatu ahal izango dira. Ekipoa horien kokapenak ez du asaldatu behar koadroaren IPa.

- La apartamentu elegida correspondará a las intensidades de demanda y de cortocircuito determinadas para cada cuadro en el proyecto.
- Para garantizar la correcta protección de personas el cálculo de protecciones se deberá justificar en el proyecto.
- En caso de recurrir a agrupaciones y/o filiaziones de equipos para rebajar los poderes de corte de la apartamentu se deberá garantizar y justificar en el proyecto que los equipos quedan protegidos, que la apartamentu responde a las solicitudes térmicas y de cortocircuito y que la selectividad conseguida es suficiente. La aplicación de filiazión como sistema de protección deberá ser justificada en proyecto.
- Para los circuitos esenciales y/o de emergencia se deberá garantizar que el fallo en otro equipo de su nivel no le afecte por lo que será conveniente para estos circuitos la instalación de protecciones diferenciales y magnetotérmicas independientes.
- Las protecciones diferenciales para equipamiento electrónico serán del tipo súper inmunizado.
- Todos los elementos de la apartamentu llevarán, o podrán llevar incorporado los elementos necesarios para la señalización de sus estados y su motorización si fuese preciso.
- Los cuadros, dependiendo de su ubicación, dispondrán de la correspondiente protección contra sobretensiones necesaria según se pide en el artículo 16 del RBT y la instrucción ITC-23 del citado reglamento.

Los cuadros eléctricos se instalarán en salas técnicas dispuestas a este fin, se habrá de prever la instalación en diferentes entornos, edificios prefabricados, obras de fábrica, galerías en el interior de los túneles, en el tubo del túnel o en el exterior.

Desde el punto de vista constructivo los cuadros eléctricos deben responder a una serie de requerimientos constructivos que se fijan para garantizar la calidad de estos y su idoneidad funcional y de instalación.

- Los cuadros eléctricos instalados en interior de salas eléctricas tendrán un grado de protección al menos de IP42 IK 10, los situados en exterior tendrán un grado de protección como mínimo de IP55 IK 10. El fabricante de los cuadros, en función de la estanqueidad de diseño y por lo tanto de la temperatura que se pueda alcanzar en el interior de los mismos, justificará la necesidad o no de reclasificar por intensidad el aparellaje, embarrados, cables etc. que conforman el cuadro, indicando el coeficiente preciso (inferior a 1).
- Las entradas de los cables a los cuadros se realizará siempre por la parte inferior, de tal forma que se respete el grado IP, en los cuadros situados en salas técnicas. Se hará por base del cuadro que dispondrá de las placas necesarias para este fin. En cuadros en el exterior se hará por la parte inferior y se colocarán además elementos que permitan mantener el grado de IP (Pasa cables, prensaestopas...). No se permitirán entradas de cables por la parte superior y/o lateral del cuadro.
- Los cuadros de más de un módulo dispondrán de un zócalo (bancada) de 100 mm realizado en acero galvanizado. Este zócalo (bancada) se colocará durante la construcción del cuadro perfectamente nivelado y servirá para dar rigidez a éste, evitando tensiones mecánicas en el cuadro por un mal asiento de los zócalos y anclajes. En las salas técnicas donde haya falso suelo se completará además con unas patas para adaptar la altura del cuadro a la del falso suelo. Estos zócalos se fijarán rigidamente al suelo en ambos casos.
- Los cuadros dispondrán de puertas (transparentes u opacas) de tal forma que los elementos de protección y maniobra queden tras estas puertas evitando maniobras accidentales. La no disposición de estas puertas deberá quedar justificado en el proyecto.
- En las puertas se podrá colocar pulsadores de señalización y mando para la activación de los diversos equipos (control local, remoto, semáforos, barreras, ventiladores, etc.). La colocación de estos equipos no debe alterar el IP del cuadro.

- Kable guztien konexioa koadroaren beheko aldean kokatutako interkonexioko borneetan egingo da. Ez da onartuko babes-ekipoetarako zuzeneko konexioa. Sekzioa eta /edo kable-kopurua dela-eta egin ezin badaiteke, konexio-pletinak ezarriko dira hori elikatzen duen ekipora zurrun lotuta.
- Eremuko kableak konektatzeko kokatu diren konexio-borneak jasotzen dituzten kablara egokitutako tamainarekin definituko dira. Debebatuta dago kablearen sekzioa murriztea interkonexio puntuan.
- Borneak koadroaren beheko aldean kokatuko dira, segurtasunez eta erosotasunez maneiatzeko behar besteko esparruarekin. Borneen kokapena aldatu nahi izanez gero, hori proiektuan justifikatu beharko da.
- Kableak koadroaren sarreran zehaztu beharko dira, borneen mugimenduen igorpena eta tentsio mekanikoak saihesteko, eta horra iristean kablearen buruan identifikatuko dira, eta hori estalki termorretraktilarekin babestuko da. Hala, bena bakoitzean identifikatuko da ferrularen bidez. (Puntu honean agiri honen beste atal batean definitutako sistema erabiltzea gomendatzen da).
- Koadroen enbarratuak faseen arabera kolore ezberdinekin margotuko dira (marroia R faserako, beltza S faserako, grisa T faserako, urdina neutrorako eta berdea-horia babeseko eroalerako). Faseen seinaleztapen hori instalazio osoan erabiliko da. Ez dira onartuko faseak bereizteko koloretako termorretraktilarekin estalitako enbarratuak.
- Enbarratuak eta alderdi aktibo guztiak metakrilatoekin behar bezala babestuta egongo dira, mantentze-prozesuan (ekipoen konexioa, matxuratutako ekipoen aldaketa, etab.), horiek eskuratzeko aukerarik izan gabe, istripuak saihesteko.
- Koadroen barruko kableatuak H07Z-K motakoak izango dira, kobrezkoak, sugarra eta sua zabalitzen ez duena, halogenorik gabe, gas toxikoen igorpen murriztarekin, ke ilunen igorpen baxuarekin eta gas korrosiboen igorpen oso baxuarekin.
- Banaketa-koadro orokorrek 4b konpartimentazioa izango dute kontsumo handiko instalazioak dituztenean (aireztapen-sistema, ponpaketa-aretoa, etab.).

Koadroan jasotako interkonexioko osagai eta kableak (tresnak, seinaleztapen-osagaiak, lanabesak, eragingailuak, etab.) 4.8 «Kableak eta ekipo elektrikoak identifikatzeko sistema» atalean adierazitako irizpideen arabera identifikatuko dira.

4.1.2.3. Banaketa-lineak

Indarraren banaketa-lineek eta tunelaren barruko argiztapenak de 0,6/1 kV-ko gutxieneko isolamendu-tentsioa izango dute, baita XLPE isolamendua ere, halogenorik gabe eta ez dira garrak edo sua hedatzeko modukoak izango (RZ1-K edo SZ1-K). Hornitzen dituzten ekipoen edo zerbitzuen arabera bereiziko dira. Haizagailuen edo funtsezko ekipo edo zerbitzuen kasuan, 842°C-ko suteak 90 minutuz jasateko gai diren kableak izango dira.

Ahal dela, transformadoreen sekundarioen eta koadroetako etengailu orokorren arteko konexioak IP54 kanalizazio elektriko blindatuekin egingo dira, eta suteen aurreko 90 minutuko erresistentziarekin, gutxienez.

Bada, funtsezko ekipoen eta zerbitzuen aburuz, SZ1-K motako suaren aurkako kable erresistentziak izango dira, beharrezkoak diren babes osagarriekin, eta gainerakoetan, RZ1-K. Hodien barruan edo lurperatuta dauden kanalizazioetan prestatutako kableak babesgarriak eramango dituzte, batik bat, uretan murgilduta daudenean funtzionamenduan aritzeko.

Oharra: Ikus I. eranskina.

4.1.2.4. Ontziak eta kanalizazioak

Kableen kanalizazio-sistemak askotarikoak izan daitezke tunelen barruan, eta honako baldintza hauek bete behar dituzte:

- La conexión de todos los cables se realizará en bornes de interconexión en la parte baja del cuadro. No admitiéndose la conexión directa a los equipos de protección. En aquellos que por su sección y/o número de cables no se pueda realizar se colocarán pletinas de conexión unidas rígidamente al equipo que alimenta.
- Las bornas de conexión colocadas para la conexión de los cables de campo se definirán de tamaño adecuado al cable que reciban. No se permitirá la reducción de la sección del cable en el punto de interconexión.
- Las bornas se situarán en la parte baja del cuadro con suficiente espacio para su correcta manipulación con seguridad y comodidad. La colocación de los borneros en otra posición deberá ser debidamente justificada.
- Los cables se fijarán en la entrada del cuadro para evitar transmitir movimientos y tensiones mecánicas a las bornas y se identificarán a la llegada al mismo en la cabeza el cable, que se protegerá con una funda termorretráctil, donde se identificará y en cada vena por medio de un ferrul. (Se sugiere para este punto utilizar el sistema que se define en otro apartado de este documento).
- Los embarrados de los cuadros se pintarán con diferentes colores por fase (marrón para la fase R, negro para la fase S, gris para la fase T, azul para el neutro y verde-amarillo para el conductor de protección), esta señalización de las fases se mantendrá en toda la instalación. No se admitirán embarrados forrados con termorretráctil de colores para diferenciar las fases.
- Los embarrados y todas las partes activas estarán debidamente protegidas con metacrilatos de tal forma que durante las labores de mantenimiento (conexión de equipos, cambio de equipos averiados, etc.) no sean accesibles evitando los contactos accidentales.
- Los cableados interiores de los cuadros serán del tipo H07Z-K de cobre, no propagador de la llama y del incendio, libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos, baja emisión de humos opacos y muy baja emisión de gases corrosivos.
- Los cuadros generales de distribución tendrán una compartimentación 4b cuando dispongan de instalaciones de gran consumo (sistema de ventilación, cuarto de bombeo, etc.).

Todos los elementos y cables de interconexión entre elementos de cuadro (aparellaje, elementos de señalización, instrumentos, dispositivos de accionamiento, etc.) irán identificados según los criterios indicados en el punto 4.8 «Sistema de identificación de cables y equipos eléctricos».

4.1.2.3. Líneas de distribución

Las líneas de distribución de fuerza, y alumbrado en el interior del túnel tendrán tensión de aislamiento mínima de 0,6/1 kV, aislamiento XLPE, libre de halógenos y no propagadores de la llama ni del incendio (RZ1-K o SZ1-K). Se diferenciarán en función de los equipos o servicios que alimentan. Para los ventiladores y equipos o servicios esenciales serán cables resistentes al incendio 842°C 90 minutos.

Preferentemente las conexiones de los secundarios de los transformadores con los interruptores generales de los cuadros serán realizadas con canalizaciones eléctricas blindadas IP54 con una resistencia al fuego de 90 minutos como mínimo

Los cables de control y señales de servicios esenciales de tensión inferior a 110 V, serán del tipo SOZ1-K (AS+) resistentes al incendio 842°C 90 minutos, para el resto serán del tipo RC4Z1-K llevando las protecciones necesarias y pantallas que precisen según su utilización.

Nota: Ver anexo I.

4.1.2.4. Bandejas y canalizaciones

Los sistemas de canalizaciones de cables pueden ser variados dentro de los túneles, los requisitos a observar son: por un lado

batetik, behar bezalako lotura mekanikoa izan behar dute beharrezkoa denean, baita kolpeen aurreko babes mekaniko egokia ere, bereziki 0 eta 4 metroko altueren artean, eta suaren kontrako babesa izan behar dute, beharrezkoa denean.

Kanalizazioak egitean, arreta berezia jarri beharko da kanalizazio horietatik sute bat hedatzea edo kea igarotzea posible izan ez dadin; horretarako, behar bezala zigilatu beharko dira beharrezko elementuak (horma-pasak, kutxatila-irteerak, kutxatilen barruko hodiak, kutxatilen estalkiak...).

Tuneletako kanalizazioak lurperatu ahal izango dira, hormigoizko dadoetan sartutako hodiedetan, gehienez ere 50 metroko tartea duten arketekin, behe-tentsioko kanalizazioetan, edo aukeratutako konponbidea justifikatuta tarte hori ezarritakoa baino handiagoa denean. Kutxatilik estalki doiak eta zigilatutako izango dituzte kanalizazioen konexioetan, karraskariak, likidoak edota beste material batzuk sartzea ekiditeko. Proiektuetan hormigoizko dadoekin definituta geratuko dira, kanalizatutako hodi eta zirkuituekin eta horien diametroekin, bai eta arketekin ere, trazaketan zehar. Hodien barruko diametroak justifikatu beharko dira, bertan jasoko den kable-kopurua aintzat hartuta. Hodien diametroak BTA ITC 7an eta 21ean (1.2.2, 1.2.3 eta 1.2.4) adierazitakoaren arabera izango dira, gutxienez.

Tunelaren barruan, ontzien xedea kontuan izanda, hots, kableak bakarrik jaso behar badituzte eta kalte mekanikoen mende ez badaude, orduan plastikozkoak izango dira, halogenorik eta gas toxiko nahiz korrosiborik gabe, ezta suteen eta sugarraren zabaltzaierik gabe ere, euskarria eta muntaketa-osagarriak bezala. Ontziak kalte mekanikoen mende daudenean edo kableen kanalizazioa zuzentzeaz gain luminarien euskarrira eta eratorpen-kutxetara ere zuzentzen direnean, eraiki ondoren sutan murgilduta galbanizaturako metalezkoak izango dira, erabilitako osagarri, burdineria eta torloju guztiekin gertatu den bezala. Gainera gutxienez 1,5 mm-koa izango da.

Lurperatutako kanalizazioen arteko lotura-ontziak eta horma pikoan doazenetakoak metalezkoak izango dira eta sutan galbanizaturako estalkia izango dute, 70 eta 120 mikra arteko lodierarekin.

GTko sistemarako kanalizazioak, tunelaren barrutik doazenak, lurperatu egin beharko dira, hormigoizko dadoetan sartutako hodiedetan, aipatutakoaren arabera kutxatilikin.

4.1.2.5. Lurreko sareak

Tunelean transformazio zentroa edo zentroak daudenean, lurreko sareen kalkulua Konpainia Elektrikoak eskainitako horniduraren baldintza teknikoak oinarri hartuta egingo da, bereziki, lurreko gabezia monofasikoaren intentsitatea eta berriro lotzeko kopurua eta transformazio zentroa eta lurreko sareak ezarritako lursail-motaren ikerketa-kopurua aintzat hartuta. Proiektugileak lurreko hutsegite-motak eta instalazioan dauden tentsio maila ezberdinen gehieneko intentsitateak kontuan izan beharko ditu, balio galgarriena aintzat hartuta.

Lursail-motaren ikerketa egiteko, transformazio-zentroa ezarriko den puntuan egindako zundaketak kontuan izango dira, eta behin transformazio-zentroa kokatzeko hondeaketa eginda, Wenner sistemaren bidez lurraren erresistentzia neurtuko da, lurreko sareak berriro kalkulatu, hori beharrezkoa izanez gero.

Lurreko sareen kalkulua egiteko, Goi-tentsioko eta Behe-tentsioko araudi elektroteknikoak aplikatuko dira, bereziki, MIE-RAT 13: Lurreko Instalazioak (Goi-tentsioko Araudi Elektroteknikoa), eta ITC-BT 18 Lurreko Instalazioak eta ITC-BT 24 Zuzeneko edo Zehar-kako Kontaktuen Aurka Babesteko barruko instalazioak edo instalazio jasotzaileak (Behe-tentsioko Araudi Elektroteknikoa).

Gisa berean, kalkulua egiteko praktikaren bidez zehapena jaso duten metodoak aplikatuko dira, hala nola, IEEE 80-2000 eta Hirugarren Kategoriako Sareetara konektatutako Transformazio-zentroetarako Lurreko Instalazioen Kalkulu Metodoa eta Proiektua, betiere horiek aplikagarriak direnean.

la correcta sujeción mecánica de estos cuando sea necesario, la correcta protección mecánica frente a golpes, especialmente entre 0 y 4 metros de altura y su protección contra incendio cuando se requiera.

En la realización de canalizaciones se prestará especial atención en garantizar que por éstas no se pueda propagar un incendio o pasar el humo, sellando adecuadamente los elementos que lo requieran (pasamuros, salidas de arqueta, tubos en el interior de arquetas, tapas de arquetas...).

Las canalizaciones en los túneles podrán ser enterradas, en tubos embebidos en dados de hormigón con arquetas con una interdistancia máxima de 50 metros en las canalizaciones de baja tensión o justificando la solución adoptada cuando la interdistancia sea mayor. Las arquetas llevarán tapas ajustadas y selladas en las conexiones de las canalizaciones en las mismas con el fin de evitar la entrada de roedores, líquidos y/o otros materiales. En los proyectos quedarán definidos los datos de hormigón con los tubos y circuitos que canalizan y diámetros de los mismos, así como las arquetas con su situación a lo largo de la traza. Se deberá justificar los diámetros interiores de los tubos en función de los cables que vaya a albergar. Los diámetros de los tubos se atenderán como mínimo a lo indicado en el RBT ITC 7 y 21 (1.2.2, 1.2.3 y 1.2.4).

En el interior del túnel según la finalidad a la que se destinen las bandejas, es decir si sólo se destinan a soportar cables y no están sujetas a daños mecánicos podrán ser de material aislante ausente de halógenos y gases tóxicos y corrosivos no propagadores del incendio y de la llama al igual que sus soportes y accesorios de montaje. Cuando las bandejas puedan estar sujetas a daños mecánicos o se destinen además de la canalización de los cables al soportado de luminarias y cajas de derivación serán metálicas galvanizadas al fuego por inmersión después de construidas al igual que todos los accesorios, herrajes y tornillería utilizada. El espesor mínimo a utilizar será de 1,5 mm.

Las bandejas de enlace entre las canalizaciones enterradas y las que discurren por el hastial serán metálicas y con tapa galvanizada al fuego con un espesor que oscila entre las 70 y 120 micras.

Las canalizaciones para el sistema de AT que discurren por el interior de los túneles se realizarán enterradas, en tubos embebidos en dados de hormigón con arquetas según lo indicado.

4.1.2.5. Redes de tierra

Cuando el túnel dispone de centro o centros de transformación el cálculo de las redes de tierra se realizará partiendo de las condiciones técnicas de suministro facilitadas por la Compañía Eléctrica en concreto de la Intensidad de falta monofásica a tierra y número de reenganches y de la investigación del tipo de terreno donde se implanta el centro o centros de transformación y redes de tierra. El proyectista deberá tener en cuenta los posibles tipos de defecto a tierra y las intensidades máximas en los distintos niveles de tensiones existentes en la instalación, tomando el valor más desfavorable.

Para la investigación del tipo de terreno se tendrá en cuenta los sondeos geológicos realizados en los puntos donde se vaya a implantar el o los centros de transformación y una vez realizada la excavación para la construcción del o de los centros de transformación se realizará mediciones de la resistividad aparente del terreno por el método Wenner, recalculando nuevamente las redes de tierra si fuera necesario.

Para el cálculo de las redes de tierra se aplicarán los reglamentos electrotécnicos de Alta y Baja Tensión y en concreto la MIE-RAT 13: Instalaciones de Puesta a Tierra ((Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión) y las ITC-BT 18 Instalaciones de Puesta a tierra e ITC-BT 24 Instalaciones Interiores o Receptoras Protección Contra los Contactos Directos e Indirectos (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión).

Igualmente se aplicarán métodos sancionados por la práctica para el cálculo como la IEEE 80-2000 y el Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría cuando sean de aplicación.

Transformazio-zentrorik ez dagoen instalazioetan, lurreko sarea proiektatu eta Behe-tentsioko Araudi elektroteknikoaren arabera kalkulatu du, bereziki, goian aipatutako ITC-BT 18 eta ITC-BT 24.

4.1.2.6. Transformazio-zentroetan erabakitako erregimen neutroak

Neutroa lurrarekin konektatzeko aukerak, mantentze-erraztasunak, galdatutako fidagarritasuna eta neutroa lurrarekin konektatzean sortzen diren abantailak eta desabantailak direla bide, instalazioaren erregimen neutroa aukeratuko da.

Edozein erdi mailako tentsio-sistema trifasikoan edo behe-tentsiokoan fase bakoitzaren eta «neutro» gisa ezagututako puntu erki-dearen artean hiru tentsio simple daude. Egia esan, neutroa izar itxurarekin konektatutako hiru harildutakoren puntu komuna da. Neutroa lurrean ezarri daiteke, dela zuzenean, dela erresistentziaren edo erreaktantiaren bitartez, edo neutroa lurrean ezarri gabe utzi daiteke (neutro isolatua). Hautatutako aukerak instalazioaren neutro-erregimena zehaztuko du.

Instalazioan, lurrean ezarritako sistema oso garrantzitsua da. Isolamendua gertatzen denean edo fasea lurrean ezustean kokatzen bada, gabeziaren korranteek hartzen dituzten balioak, kontaktutentsioak eta gaintentsioak neutro-erregimenarekin zuzenean lotuta daude.

Lurrean zuzenean ezarritako neutroaren sistemak gaintentsioak sendo mugatzen ditu, baina korrante handiak eragiten ditu; neutro isolatu batek, ordea, gabeziaren korranteak mugatzen ditu, balio oso baxuekin. Hala ere, gaintentsioen balio oso altuak agerraraztea ahalbidetzen du.

Instalazio bakoitzaren proiektuan arreta berezia jarriko zaio Transformazio-zentro bakoitzean lurrarekin konektatutako transformadoreen neutroari, tunelaren barruko banaketan potentzial arriskutsuak ez transferitzeko xedearekin. Neutroa burdinerietatik banantzen dela ulertuko da, Behe-tentsioko Araudiko ITC-18an ondorengo formularen bidez lur independenteen arteko ezarritako gutxieneko distantziaren irizpideak errespetatuz, edozein kasutan ere:

$$D \geq (I_d \times \rho) \div (2 \times \Pi U)$$

D: elektrodoen arteko distantzia, metrotan.

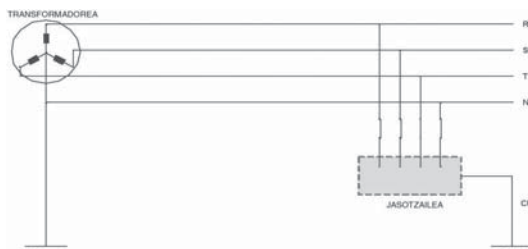
I_d: lurreko hutsegitearen intentsitatea, anperiotan, goi-tentsioko aldeari dagokionez; enpresa elektrikoak emango du.

ρ: lurraren batez besteko erresistibitatea ohmio x metrotan.

U: 1200 V TT banaketa-sistemarako, baldin eta goi-tentsioko instalazioan akatsa zuzentzeko denbora 5 segundotik beherakoa bada; bestela, 250 V. TN saretarako, U Zentral Elektriko, Azpiestazioko eta Transformazio Zentroetako Baldintza Teknikoei eta Segurtasun Bermeei buruzko Araudiaren MIE-GTA 13aren 1.1. puntuan definitutako instalazioaren gehienezko kontaktu-tentsio onargarriaren bikoitza baino txikiagoa izango da.

Era berean, proiektua egiteko, betiere instalazioen fidagarritasuna eta horien mantentzea errazagoa izateko ikuspuntutik, jarrian azaldutako konfigurazioetatik zein egokituko den modu egokian:

- TT erregimena: TT eskemak elikadura-puntua du, oro har, neutroa edo konpentsadorea, lurrari zuzenean konektatuta. Instalazio jasotzailearen masak elikaduraren lur-hargunetik banandutako lur-hargunera konektatuta daude.



- TN erregimena: TN eskemak elikadura-puntua du, oro har, neutroa edo konpentsadorea, lurrari zuzenean konektatuta eta instalazio jasotzailearen masak puntu horretara konektatuta.

En instalaciones en las que no exista centro de transformación, la red de tierra se proyectará y calculará de acuerdo con el Reglamento electrotécnico de Baja Tensión y en concreto las ITC-BT 18 e ITC-BT 24 indicadas anteriormente.

4.1.2.6. Regímenes de neutro adoptado en los centros de transformación

En función de las posibilidades de conexión del neutro a tierra de la facilidad de mantenimiento, de la fiabilidad requerida y de las ventajas e inconveniente que presente la conexión del neutro a tierra, se elegirá el régimen de neutro de la instalación.

En cualquier sistema trifásico de media o baja tensión existen tres tensiones simples referidas entre cada fase y un punto común llamado «neutro». En realidad, el neutro es el punto común de tres devanados conectados en estrella. El neutro puede ser puesto a tierra, bien directamente o bien a través de una resistencia o una reactancia, o dejar el neutro sin poner a tierra (neutro aislado). La opción escogida determinará el régimen de neutro de la instalación.

En una instalación, el sistema de puesta a tierra juega un papel muy importante. Cuando ocurre una falta de aislamiento o una fase se pone a tierra accidentalmente, los valores que toman las corrientes de falta, las tensiones de contacto y las sobretensiones están directamente relacionadas con el régimen de neutro.

Un sistema con neutro directamente puesto a tierra limita fuertemente las sobretensiones pero produce unas corrientes muy elevadas, mientras que un neutro aislado limita las corrientes de falta a valores muy reducidos pero facilita la aparición de valores de sobretensiones muy elevados.

En el Proyecto de cada instalación se prestará especial atención a la conexión a tierra del neutro de los transformadores en cada Centro de Transformación, con objeto de no transferir potenciales peligrosos en la distribución interior del túnel. Se considerará la separación de las tierras de neutro de las de herrajes, siempre manteniendo los criterios de distancia mínima entre tierras independientes fijados en la ITC-18 del Reglamento de Baja Tensión por la fórmula:

$$D \geq (I_d \times \rho) \div (2 \times \Pi U)$$

D: Distancia entre electrodos, en metros.

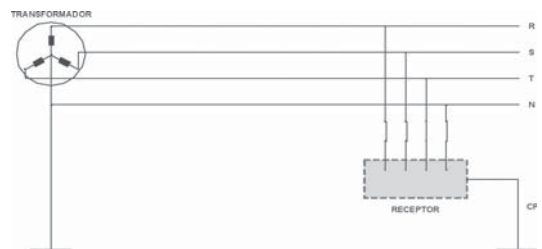
I_d: Intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica.

ρ: Resistividad media del terreno en ohmios x metro.

U: 1200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

Asimismo, para la elaboración del proyecto se estudiará, siempre desde el punto de vista de mayor fiabilidad y de facilidad en el mantenimiento de las instalaciones, cuál de las siguientes configuraciones se adaptará mejor en las instalaciones.

- Régimen TT: El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.



- Régimen TN: Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

tatuta babes-eroaleen bidez. Bi TN eskema bereizten dira, eroale neutroaren eta babes-eroalearekin zerikusia duen osagaia kontuan izanda:

- TN-S eskema: neutroaren eroalea eta babes-eroalea eskema guztian ezberdinak dira.
- TN-C eskema: neutroaren funtzioak eta babes-funtzioak eskema osoan eroale bakarrean konbinatuta daude.

— IT erregimena: IT eskemak ez du lurrera zuzenean konektatutako elikadura-punturik. Instalazio jasotzailearen masak zuzenean lurrera konektatuta egongo dira.

Erregimen bakoitzak bere abantailak eta desabantailak ditu, eta modu honetan laburbildu ditzakegu:

TT ERREGIMENA	
Funtzionamendua	— Isolamenduaren lehenengo hutsegitea dagoenean ohartarazten du.
Pertsonen babesa	— Masen interkonexioa eta lurrean ezartzea, eta etengailu diferentzialen nahitaezko erabilera (gutxienez buru bat instalazio osoan). — Lur berera konektatutako masa guztiak etengailu diferentzial beraren bidez babestuta egongo dira. — Aldi berean eskuratu daitezkeen masa guztiak lur berera konektatuta egon behar dira.
Abantailak	— Diseinatu, ezarri, monitorizatu eta erabiltzeko sistemarik errazena. — Ez du behar monitorizazio etengaberik hori erabiltzeko (bakarrak etengailu diferentzialak aldzika probatzea). — Etengailu diferentzialek sutea sortzeko arriskua saihesten dute, sentikortasuna 500 mA edo baxuago bada (ikusi CEI 60364-4, 482.2.10 atala). — Gabezien kokapen erraza. — Isolamendu hutsegitearen aurrean, hutsegite horren intentsitatea baxua da.
Desabantailak	— Isolamenduaren lehenengo hutsegitea dagoenean ohartarazten du. — Etengailu diferentzialaren erabilera zirkuitu bakoitzean selektibitate osoa eskuratzeko. — Neurri bereziak hartu behar dira funtzionamendu normalean ihes egiteko intentsitate handiak dituzten zamei edo alderdiei begira, batik bat, ezustean abisatzeko egoerak saihesteko (zamak elikatzea isolamendu-transformadoreen bitartez edo etengailu diferentzialak balio altuekin erabiltzea, erakutsitako masen lurreko erresistentziarekin bat datozenak, edo zirkuituak bereiztea zirkuitu bakoitzean gertatutako ihesak txikiagoak izan daitezzen). — Intentsitateak lurretik zirkulatzeko konfigurazio bakarra. — Lurreko erresistentziak txarrera egiten badu (temperaturaren, hezetasunaren eta lurraren eraketaren arabera aldatzen da), beharbada babesa ez da izango baliagarria. — Instalazio jasotzailearen gaintentsioaren aurkako babesean sortutako arazoak. Izan ere, tximistak bi tentsio-erreferentzia eragingo ditu neutroaren eta masen lur-harguneetan, ekipoetan kalteak eragiteko aukerarekin.

TN ERREGIMENA	
Funtzionamendua	— Isolamenduaren lehenengo hutsegitea dagoenean ohartarazten du.
Pertsonen babesa	— Azaldutako masen interkonexioa eta nahitaezko lurhargunea. — Abisua etengailu automatikoen edo fusibleen bidez.

tora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección. Se distinguen dos tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

- Esquema TN-S: En el que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema.
- Esquema TN-C: En el que las funciones de neutro y protección están combinados en un solo conductor en todo el esquema.

— Régimen IT: El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.

Cada régimen tiene sus ventajas e inconvenientes que se pueden resumir en la siguiente tabla:

RÉGIMEN TT	
Funcionamiento	— Dispara ante un primer fallo de aislamiento.
Protección de personas	— Interconexión y puesta a tierra de las masas y uso obligatorio de interruptores diferenciales (como mínimo uno en cabecera de toda la instalación). — Todas las masas conectadas a una misma tierra deben ser protegidas por el mismo interruptor diferencial. — Todas las masas accesibles simultáneamente deben ser conectadas a la misma tierra.
Ventajas	— Es el sistema más sencillo de diseñar, implementar, monitorizar y usar. — No requiere una monitorización permanente durante su uso (solamente una prueba periódica de los interruptores diferenciales). — La presencia de los interruptores diferenciales previene el riesgo de incendio cuando la sensibilidad es igual o inferior a 500 mA (véase CEI 60364-4, sección 482.2.10). — Localización sencilla de las faltas. — Ante la aparición de un fallo de aislamiento, la intensidad de defecto es baja.
Inconvenientes	— Dispara ante un primer fallo de aislamiento. — El uso de un interruptor diferencial en cada circuito para obtener una selectividad total. — Se deben tomar medidas especiales para las cargas o partes de la instalación con elevadas intensidades de fuga durante su funcionamiento normal para evitar disparos intempestivos (alimentar las cargas mediante transformadores de aislamiento o utilizar interruptores diferenciales tarados a valores elevados, siempre compatibles con la resistencia a tierra de las masas expuestas, o dividir los circuitos de tal forma que las fugas por cada circuito sean menores). — Única configuración en la que circula intensidad por tierra. — Si empeora la resistencia de tierra (varía en función de la temperatura, humedad y composición del terreno) puede que la protección no actúe. — Problemas en la protección contra sobretensiones de la instalación receptora, debido a que la caída de un rayo producirá dos referencias de tensión diferentes en las puestas a tierra del neutro y de las masas, pudiendo dañar a los equipos.

RÉGIMEN TN	
Funcionamiento	— Dispara ante un primer fallo de aislamiento.
Protección de personas	— Interconexión y puesta a tierra obligatoria de las masas expuestas. — Disparo mediante el uso de interruptores automáticos o fusibles.

TN ERREGIMENA		RÉGIMEN TN	
Abantailak	<ul style="list-style-type: none"> — Intentsitate akastunek babes-eroaletik bakarrik zirkulatzen dute. — Zeharkako kontaktuen aurrean babesa emateko etengailu automatikoen edo fusibleen erabilera dela eta, etengailu diferentzialen materialaren nahiz esparruaren kostuak murrizten dira, bai eta funtzionamendu normalean ezustean gerta daitezkeen abisuak ere. — Lur bakarra dagoenez gero, ekipotentzialitate hobea ziurtatzen da ekipoetan eta masen artean. — Diferentziala luzera handietarako, konexio mugikorretarako edo babes-eroalea hausteko arriskua duten puntuetarako bakarrik behar da. — TN-S: UNE-EN 50310 arauak gomendatutako konfigurazio bakarra da, informazio-teknologiaren ekipotatitutak dituzten instalazioei dagokienez, onena izateagatik, bateragarritasun elektromagnetikoaren kasuan. — TN-C: Instalatzeko merkeagoa izan daiteke (abantaila bakarra TN-S erregimenaren aurrean). 	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> — Las intensidades de defecto sólo circulan por el conductor de protección. — El uso de interruptores automáticos o fusibles para la protección ante contactos indirectos evita los costes en material y espacio de los interruptores diferenciales así como los posibles disparos intempestivos que se puedan producir por las corrientes de fuga en funcionamiento normal. — Al existir una única tierra se asegura mejor la equipotencialidad en los equipos y entre las masas. — Sólo se necesita diferencial para grandes longitudes, conexiones móviles o puntos de riesgo de rotura del conductor de protección. — TN-S: Es la única configuración recomendada por la norma UNE-EN 50310 referente a instalaciones con equipos de tecnologías de información, debido a ser la mejor en cuanto a compatibilidad electromagnética. — TN-C: Puede ser más barato de instalar (su única ventaja frente al TN-S).
Desabantailak	<ul style="list-style-type: none"> — Isolamenduaren lehenengo hutsegitea dagoenean ohartarazten du. — Inpedantzia baxua behar du. — Lurrean babes-eroalea ezartzea exijitzen du, batik bat, modu distantziakidean, potentzial berberari eusteko, lurrari dagokionez, ibilbide osoan. — Ezarpen-fasean eremu-saiakuntzaren bidez isolamendu hutsegitearen aurrean abisua ematen den frogatu beharko litzateke. — Kontrol handiagoa dago: neutroaren sekzioak, babes-eroaleak, handitzea,... — Zirkuituetan egindako aldaketa bakoitzaren ondorioz begiztaren inpedantzia berriro kalkulatu behar da. — TN-C: Ez da erabili behar kanalizazio mugikorretan. — TN-C: Ezin da moztu neutroa. 	Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> — Dispara ante un primer fallo de aislamiento. — Necesita una impedancia baja. — Requiere que se ponga a tierra el conductor de protección de manera equidistante para que se mantenga al mismo potencial con respecto a tierra durante todo su recorrido. — Se debería comprobar mediante ensayo de campo durante la fase de implantación que se produce un disparo de la protección ante una falta de aislamiento. — Exige un mayor control: secciones de neutro, conductores de protección, ampliaciones,... — Cada modificación en los circuitos implica recalcular la impedancia de bucle. — TN-C: No se debe utilizar en canalizaciones móviles. — TN-C: No se puede cortar el neutro.
IT ERREGIMENA		RÉGIMEN IT	
Funtzionamendua	<ul style="list-style-type: none"> — Isolamenduaren monitorizazio etengabea. — Isolamenduaren lehenengo hutsegitea dagoenean ohartarazten du. — Nahitaezkoa da hutsegitea aurkitu eta urrutzea. — Abisua ematen du ondoko ondoko bi hutsegite gertatzen badira. 	Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> — Monitorización permanente del aislamiento. — Avisa de un primer fallo de aislamiento. — Es obligatorio localizar la falta y despejarla. — Dispara si se producen dos faltas consecutivas.
Pertsonen babesa	<ul style="list-style-type: none"> — Masen interkonexioa eta lur-hargunea. — Lehenengo hutsegitearen monitorizazioa, isolamendua etengabe neurtzen duen tresnaren bidez. — Bigarren hutsegitea gertatzean etengailu automatiko edo fusibleen bidez abisatzen du. 	Protección de personas	<ul style="list-style-type: none"> — Interconexión y puesta a tierra de las masas. — Monitorización de la primera falta mediante un medidor permanente de aislamiento. — Disparo cuando se produce la segunda falta mediante interruptores automáticos o fusibles.
Abantailak	<ul style="list-style-type: none"> — Zerbitzuaren jarraitutasuna eskaintzen duen sistema da. — Isolamenduaren hutsegitea gertatzen denean, hutsegitearen korrantea oso baxua da. 	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> — Es el sistema que ofrece la mayor continuidad de servicio. — Cuando se produce una falta de aislamiento, la corriente de falta es muy baja.
Desabantailak	<ul style="list-style-type: none"> — Mantentze-erloto langileek sistema funtzionamenduan dagoen bitartean monitorizatzea eskatzen da. — Sarearen isolamendu maila ona izatea exijitzen du (horrek sare zati egin behar dela esan nahi du, betiere dimentsio handikoa bada, eta ihes egiteko intentsitate handiko zamak isolamendu transformadorearen bidez hornitu behar dira). — Aldi berean bi hutsegite gertatzen direnean abisatzen duela frogatu behar da, eta egiaztapen hori diseinu-fasean egin beharko da, kalkulatuaren bidez, eta prestatzen denean, neurriak erabiltzea. — Gaintentsioen mugatzaileak ezarri behar dira. — Ikuspuntu ekipotentzialetik erakutsitako masa guztiak lurrera konektatu behar dira. Halakorik egitea ezinezkoa bada, etengailu diferentzialak ezarri behar dira. — Neutroa ez da banatu behar, ondoko arrazoiak aintzat hartuta: <ul style="list-style-type: none"> • Banatzen bada, neutroaren gain eragina duen hutsegiteak sistema horren abantailak ezabatuko ditu. • Banatzen bada, babestu egin behar da. 	Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> — Requiere que el personal de mantenimiento monitorice el sistema durante su funcionamiento. — Requiere un buen nivel de aislamiento de la red (lo cual implica que la red debe ser fragmentada si es de grandes dimensiones, y que las cargas con grandes intensidades de fuga deben ser suministradas a través de un transformador de aislamiento). — Se debe comprobar que se produce un disparo cuando ocurren dos faltas simultáneas y dicha comprobación debería ser realizada en la fase de diseño mediante cálculo y durante la puesta en servicio mediante medidas. — Se deben instalar limitadores de sobretensiones. — Se deben poner todas las masas expuestas a tierra equipotencialmente. Si esto no es posible, se deben instalar interruptores diferenciales. — Se debe procurar no distribuir el neutro debido a que: <ul style="list-style-type: none"> • Si se distribuye, una falta que afecte al neutro eliminará las ventajas de este sistema. • Si se distribuye, debe ser protegido.

IT ERREGIMENA
<ul style="list-style-type: none"> • Neutroa banatzen ez bada, babes-tresnak eta hutsegiteak antzematea ahalbidetuko da. — Hutsegiteak sare handietan aurkitzeko lan asko egin behar da. — Isolamenduaren hutsegitea gertatzen bada, hutsegitea ez duten bi faseetako tentsioa fase-fase tentsioa izango da. Ekipoak, beraz, hori kontuan izanda aukeratu behar dira.

Proiektu bakoitzean erabilitako sistema zehaztuko da.

4.2. Diseinuaren irizpide orokorrak

Sistema elektrikoaren diseinuan, ondorengo lehenetasun hauek beti hartu behar dira kontuan energia-hornikuntzak (GT, BT) planifikatzerakoan: sistemaren egitura (GT banaketa, BT...), larrialdietako hornikuntzak eta segurtasun-maila elektriko bakoitzari esleitutako zamak (elikadura normala, taldekoa, EESkoa).

Tunel batean instalatutako sistemen helburu nagusia da pertsonen segurtasuna bermatzea egoera orotan. Atal honetan, eta maila garrantzitsuenetik garrantzi txikiena duenera antolatuta, ondorengo puntu hauek aipa daitezke:

- Larrialdietako ebakuazioa (argiztapena, sektorekako banaketa...).
- Ohartarazpen-sistemen funtzionamendua, seinaleztapena, komunikazio-sistemena eta larrialdi-sistemena (aireztapena, PCI, CCTV, megafonia).
- Osasun-baldintzak mantentzeko sistema (aireztapena).
- Bideko segurtasuna (argiztapena, seinaleztapena...).
- Gidatzeko erosotasuna (flicker efektua, gidaritza bisualak, informazio-panelak).

Kargen aurreikuspena eragiketa-kontsumo arruntak eta larrialdi-egoera posibleetakoak kontuan hartuz egingo da.

4.2.1. Argiztapen sistema

Argiztapenari dagokionez, kargen aurreikuspenak ITC-BT 09 instrukzioan ezarritakoa beteko du. Deskarga-hodiak edo -lanparak barne hartzen dituzten argi-guneen elikadura-lineak dagokien karga hartzaileetara, horiekin lotutako elementuetara, beren korrante harmonikoetara, arrankeoetara eta faseen desorekarekin lotutakoetara garraiatzeko egongo dira aurreikusita. Ondorioz, gutxieneko iturazko VA potentzia neurtzeko, lanparen edo deskarga-hodien potentzia bider 1,8 (vatiotan) dela ulertuko da.

Baldin eta lanparekin edo deskarga-hodiek lotutako elementuen, korrante harmonikoen, arrankearen eta faseen desorekaren karga zein den badakigu —korranteok edo elementuok eragin ditzaketenak— balio horiekin kalkulaturiko koefiziente zuzentzailea aplikatuko da.

Aurreko paragrafoetan adierazitakoaz gain, argi-gune bakoitzaren potentzia-faktorea 0,90eko balioraino edo balio handiagoraino zuzendu beharko da, ITC-BT-09ren 8. puntuan adierazten den bezala.

Energia aurreztu ahal izateko, ahal den guztietan, hainbat argiztapen-mailarekin proiektatuko dira argiztapen publikoko instalazioak, argiztapenaren jarraibide teknikoak exijitutako mailak betez, eta argiztapen txikiagoa behar denean argi txikiagoa emanaz. Gehieneko tentsio-galera onargarria sarreraren tentsio nominalaren %3koa izango da behe-tentsioko konpainiako sare elektrikitik eginiko horniduraren kasuan. Goi-tentsioko elikatzea duen transformazio zentrotik egiten bada hornidura, berriz, gehieneko tentsio-galera onargarria %4,5koa izango da transformadorearen bigarren mailako instalaziotik. Tentsio bakoitzeko kalkulu elektrikoak egin ondoren, korrante-dentsitatearen araberako harguneak egiaztatuko dira, baita ustez karga handiegia izango duten argi-guneetako elikatze-sareko zirkuituak ere.

ITC-BT09 Jarraibidearen 5.2.1. atalean xedatu denarekin bat etorritik, eroale neutroak fasekoen sekzio bera izango du. Lur azpiko sareen gutxieneko sekzioa 6 mm²-koa izango da, eta aireko sareetan, berriz, 4 mm²-koa. Halaber, euskarrien barruko luminarieta-

RÉGIMEN IT
<ul style="list-style-type: none"> • El no distribuir el neutro facilita la elección de los dispositivos de protección y la localización de faltas. — La localización de faltas en redes grandes es laboriosa. — Cuando se produce una falta de aislamiento, la tensión de las dos fases que no están en falta pasa a ser la tensión fase-fase. Los equipos debe ser por lo tanto elegido teniendo en cuenta este hecho.

En cada proyecto se definirá el sistema que se emplea.

4.2. Criterios generales de diseño

En el diseño del sistema eléctrico ha de tenerse en cuenta siempre las siguientes prioridades a la hora de planificar los suministros de energía (AT, BT); la estructura del sistema (Reparto en AT, BT ...), los suministros de emergencia y la asignación de cargas a cada nivel de seguridad eléctrico (Alimentación normal, de grupo, de SAI)

El principal objetivo de los sistemas instalados en un túnel es garantizar la seguridad de las personas en toda situación. En este apartado y por niveles de más a menos importante se pueden indicar los siguientes puntos

- La evacuación en caso de emergencia (iluminación, sectorización ...).
- Funcionamiento de los sistemas de aviso señalización, comunicación y emergencia (ventilación, PCI, CCTV, megafonía).
- Sistema de mantenimiento de condiciones sanitarias (ventilación).
- Seguridad vial (alumbrado, señalización...).
- Confort en la conducción (efecto flicker, guiados visuales, paneles informativos).

La previsión de cargas se realizará teniendo en cuenta los consumos máximos en operación normal y en las posibles situaciones de emergencia.

4.2.1. Sistema de alumbrado

En alumbrado, la previsión de cargas cumplirá con lo establecido en la instrucción ITC-BT-09. Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga, estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

Quando se conozca la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas o tubos de descarga, las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases, que tanto éstas como aquellos puedan producir, se aplicará el coeficiente corrector calculado con estos valores.

Además de lo indicado en párrafos anteriores, el factor de potencia de cada punto de luz, deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90, tal y como se indica en el punto 8 de la ITC-BT-09.

Con el fin de conseguir ahorros energéticos y siempre que sea posible, las instalaciones de alumbrado público se proyectarán con distintos niveles de iluminación, siempre cumpliendo con los niveles exigidos por la instrucción técnica de alumbrado, de forma que ésta decrezca durante las horas de menor necesidad de iluminación. La máxima caída de tensión admisible será un 3% de la tensión nominal de red en el caso de alimentación desde una red eléctrica de Compañía en baja tensión, en el caso de alimentación desde un Centro de Transformación propio con alimentación en alta tensión, la caída de tensión máxima admisible será de un 4,5% desde el secundario del transformador. Una vez realizados los cálculos eléctricos por caída de tensión, se comprobarán las acometidas por densidad de corriente, así como aquellos circuitos de la red de alimentación de los puntos de luz que se prevean sobrecargados.

De conformidad con lo estipulado en el apartado 5.2.1 de la instrucción ITC-BT-09 el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. La sección mínima en redes subterráneas será de 6 mm² y en redes aéreas de 4 mm²; así mismo, la sección míni-

rako elikatzeren gutxieneko sekzioa 2,5 mm²-koa izango da, hori guztia ITC-BT09 Jarraibidearekin bat etorriz. Eroale isolatuak erabiliko dira, gutxienezko 0,6/1kV-ko tentsio nominala izango dutenak. Eratorpen-kutxaren eta luminariaren artean interkonektio-kableetarako sekzio txikiak baimendu ahal izango dira, aurretiaz hori justifikatuta eta BFAk beren beregi hori onetsita.

Argi-guneak hornitzeko zirkuitu elektrikoetan, eroaleak gehiegizko intentsitatearen eta zirkuitu laburren kontra babesteko, ezaguri egokiak dituzten etengailu automatiko magnetotermikoak jarriko dira koadro elektrikoetan. Zirkuituaren sekzioa txikitzen bada, ez dago zertan arauzko babesa jarri, betiere aginte eta neurketa-zentroan jarritako dispositiboak sekzio txikiagoa duen eroalea babesten badu. Osterantzean, fusible kalibratuak jarriko dira eroalearen sekzio aldaketan, IP 65 estankotasuneko sekzio txikiena duen linean kokatuak kanpoko aldean, eta IP 54 eta IK8 barruko aldean, UNE 20324 eta UNE EN 50102 arauekin bat etorriz, eta eratorpenekoekin erabilitako modu berbera aplikatuta.

Barruko instalazioan, gailu horiek (fusibleak) jarri beharko dira errefortzu-proiektoreetan edo/eta argiztapen iraukorrean (potentzia handiko ekipoak); eta gidaritzaz-argiztapen zenitalean edo/eta fluoreszenteetan ez da beharrezkoa izango fusible horiek jartzea baldin eta luminaria batek huts egiteak ez badu tunela zerbitzu gabe uzten (argiztapen-sistema iraukor bat baino gehiago, faseka bereiziriko babesak...). Ebakuazio-argiztapenaren kasuan beharrezkoa izango da ekipo horiek jartzea, suaren kontrako deribazio-kutxatilan.

Kanpoko argiztapenean, ITC-BT-09 Jarraibidearekin bat etorriz, zirkuitu laburren kontrako babesa edukiko du argi-gune bakoitzak; horretarako, fusible-eramatekoak eta fusible kalibratuak eta konektio-bornak jarriko dira barruan. Zirkuitu laburrak dituzten linea elektrikoaren babes-kaxek zerbitzuaren tentsioa 2,5 aldiz jasateko nahikoa isolamendua izango dute.

Tunelek argiztapena ahoan soilik badute edo/eta horien kanpoko argiztapena tuneleko elektrizitate-aretoan dauden koadro elektrikoetatik hornitzen ez bada, errepideetako argiztapenari buruzko BAT arauan adierazitakoaren eta BFAren bidean argiztapenerako gainerako instalazioen ohiko jardunbideen arabera gauzatuko dira. (Aginte- eta neurketa-zentroak hormigoizko kasetoietan, erabilitako tresnekin, muntaketa-plakaren gainean).

4.2.2. Indarra eta beste zerbitzu batzuk

Tuneletako indar-konsumitzaileak aireztapen-sistemak eta ponpaketa-multzoak izango dira, batik bat.

Ekipo horiek elikatze, kable-mahukak erabiltzea sustatuko da. Polo bakarreko eroaleak jartzen badira, arreta berezia jarriko da BTAren ITC-BT-08aren 2.1.6. puntua betetzeko, kablean tentsio-erorketa posibleak minimizatzeke.

Behe-tentsioko lineen kasuan:

- Koadro orokorretako BTKo akoplamendua.
- Multzo elektrogenoetarako harguneak.
- EESak.
- Beste edozein kontsumitzaile.

Aurreko paragrafoan kable-lineei buruz adierazitakoa errespetatu beharko da.

4.3. Elikatze elektrikoaren neurriak

Trafikoaren dentsitatearen eta eguneko orduen arabera aldatzen da ohiko zerbitzuan dauden instalazioei dagokien tunel batean kontsumituriko potentzia.

Hona hemen kontsumitzaile nagusiak:

- Aireztapena.
- Argiztapena.
- Ponpaketa instalazioak.
- Instalazio osagarriak.

Aireztapenean eta argiztapenean kontsumituriko potentziak aintzat hartzeko, ordu-tarteetan jarritako potentzia banatuko da funtzionamendu erregimenaren kontsumoa aplikatuz. Ponpaketa instalazioetan, oinarritzko erregimenak zehaztuko dira, esleituriko

ma de alimentación a las luminarias en el interior de los soportes será de 2,5 mm², todo ello de acuerdo con la instrucción ITC-BT-09. Se utilizarán conductores aislados, de tensión nominal por lo menos igual a 0,6/1kV. Se podrán autorizar secciones menores para cables se interconexión entre la caja de derivación y la luminaria, previa justificación y aprobación explícita por parte de DFB.

En los circuitos eléctricos de alimentación a los puntos de luz y a efectos de protección de los conductores contra sobreintensidades y cortocircuitos se instalarán en los cuadros eléctricos interruptores automáticos magnetotérmicos de las características adecuadas. Cuando exista disminución de sección en el circuito podrá obviarse la colocación de la protección reglamentaria, siempre y cuando el dispositivo instalado en el centro de mando y medida proteja el conductor de menor sección. En caso contrario, se instalarán fusibles calibrados en el cambio de sección del conductor, situados en la línea de menor sección en una caja con estanqueidad IP 65 para exterior e IP 54 e IK8 en interior, según UNE 20324 y UNE EN 50102 realizada de modo idéntico a las de derivación.

En la instalación interior se requerirá de la colocación de estos dispositivos (fusibles) en los proyectores de refuerzo y/o alumbrado permanente (equipos de gran potencia), pudiéndose en el alumbrado cenital de guiado y/o fluorescentes evitar estos fusibles siempre que el fallo de una luminaria no deje sin servicio el túnel (más de un circuito de alumbrado permanente, protecciones separadas por fase ...). En el caso del alumbrado de evacuación sí se colocarán estos equipos, en cajas de derivación resistentes al fuego.

En alumbrado exterior de acuerdo con la instrucción ITC-BT-09, cada punto de luz estará dotado de dispositivos de protección contra cortocircuitos, para lo cual se instalará en el interior bornas de conexión y portafusibles y fusibles calibrados. Las cajas de protección de líneas eléctricas, dotadas de cortocircuitos, tendrán un aislamiento suficiente para soportar 2,5 veces la tensión de servicio.

En túneles en los que sólo exista alumbrado en boca y/o el alumbrado exterior no se alimente desde cuadros eléctricos situados en la sala eléctrica del túnel, se ejecutarán según lo indicado en la norma BAT de alumbrado de carreteras y las prácticas habituales para el resto de instalaciones de alumbrado viario de DFB. (Centros de mando y medida en casetones de hormigón con el aparellaje sobre placa de montaje).

4.2.2. Fuerza y otros servicios

Los consumidores de fuerza en los túneles van a ser principalmente los sistemas de ventilación y los grupos de bombeo.

Se procurará la utilización de mangueras de cables para la alimentación de estos equipos. En caso de que se tiendan conductores unipolares se tendrá especial atención en el cumplimiento de la ITC-BT-08 del RBT, punto 2.1.6, para minimizar las posibles caídas de tensión en el cable.

En el caso de los tendidos de baja tensión para:

- Acoplamientos en BT de cuadros generales.
- Acometidas a grupos electrógenos.
- SAIs.
- Cualquier otro consumidor.

Se deberá respetar lo indicado en el párrafo anterior respecto a los tendidos de cableados.

4.3. Dimensionamiento de la alimentación eléctrica

La potencia consumida en un túnel correspondiente a las instalaciones en servicio normal varía en función de la densidad de tráfico y distintas horas del día.

Los principales consumidores son:

- Ventilación.
- Iluminación.
- Instalaciones de bombeo.
- Instalaciones complementarias.

Para la estimación de las potencias consumidas en ventilación e iluminación se distribuirá la potencia instalada en franjas horarias aplicándolas el consumo del régimen de funcionamiento. Para las instalaciones de bombeo se definirán unos regímenes básicos con

potentzia eta urtean ordu-kopuru finkatua izango dutenak. Instalazio osagarrietan, berriz, etengabeko potentzia hartuko da aintzat.

Horri esker, potentzien eskarien orduen taula bat ezarriko da, orduen bereizketa-moten ordu blokeen arabera banaketarekin batera.

Kontuan hartzekoa da, gehieneko potentzia kalkulatzeko, beharrezkoa dela larrialdi kasuetan sistemek potentzia osoan funtzionatu ahal izatea. Argiztapenaren, haizagailuen, presio-multzoen eta galerien presurizazioaren aldi bereko kontsumoaren %100 hartuko da kontuan, baita larrialdietan beharrezkotzat jo litezkeen aldibereko beste zama batzuk ere.

Tunelean eskatzen diren argiztapen-mailen arabera izango da argiztapenaren instalazioak kontsumituriko potentzia elektrikoak, betiere emandako sailkapenaren arabera.

Jarritako argiztapen-mailek handiagoak izan behar dute, zer-tarako-eta luminarien zikinkeriak eta iturriak zahartzeak eragindako balio-galera kontuan izateko; instalazioaren balio-galeraren faktore orokorra ebaluatu egin daiteke: %70ekoa tuneletan eta %80koa kanpoko argietan.

Argiztapen-mailek Sustapen Ministerioak eta argiteriari buruzko 3. jarraibide teknikoan ezarritako irizpideak eta arauak beteko dituzte.

Balio horiek ezin aplika daitezke kontrafluxuko sistemetan; azterlan espezifikoak eskatzen dute.

4.4. Hornikuntzaren segurtasuna. Erreduantzia

Tuneleko argiztapeneko instalazioaren hornidura elektrikoa ete-teko unea da egoerarik larriena; izan ere, une horretan larrialdietako argiak piztu behar dira lehenbailehen, hots, praktikan denbora hori segundo erdia baino laburragoa da hornidura akatsa gertatzen denetik hasita. Gainera, segurtasun zerbitzuek behar bezalako hornidura izan behar dute.

Tuneletan instalatutako oinarrizko zerbitzuek behar bezala funtzionatzen dutela bermatu ahal izateko, hauexek dira ezar litezkeen neurriak:

- GT elikaduren erreduantzia.
- BT ekipoen eta transformadoreen erreduantzia.
- Sorospen-elikadura BTn.
- Multzo elektrogenoak instalatzea.
- Etengabeko elikadura-sistemak instalatzea (EES).
- Kanalizazioen trazadura erreduantea.
- Zirkuituak banantzea.

Tunel-mota bakoitzerako kontuan hartu behar dira ondoren adierazitako gutxienekoak, beren elektrizitate-elikadurari dagokionez, bermatuta gera dadin instalazioak hornidura elektrikoa jasotzen duela, baita hornidura hori modu jarraituan (etenik gabe) eta behar duten sistemetak (larrialdietako sistemak eta beste batzuk) behar bezalako iraupenarekin.

III. MOTAKO TUNELA

Oro har, tunela kokapen bakarretik hornituko da, eta, ondorioz, elikadura elektrikoaren ziurtapena Elektrizitate-konpainia hornitzailearen arabera izango da.

Tunelean, bere berezitasunagatik, beharrezkotzat jo bada funtsezko zerbitzuak jartzea, horien hornidura ziurtatu behar da, eta kasu bakoitzean aztertu behar da hornidura elektrikoa etenez gero zehaztutako zerbitzuek behar bezala funtzionatzea bermatzeko neurriak instalatu diren.

Behar duten ekipoen hornidura elektrikoa bermatu ahal da (beharrezkoa bada) multzo elektrogeno bat edo/eta EES bat instalatuz.

Hornidura mantentzea bermatzeko, ITC-BT-28aren 2. puntua kontuan hartu ahal da, gogoan izanik ekipu horiek hornitzea «sorospen» hornidura dela. Etena laburra izango da zirkulazioaren segurtasunarekin eta ebakuazioarekin lotutako ekipoen kasuan, eta ertaina izango da gainerakoetan.

una potencia asignada y un número de horas/año. Para las instalaciones complementarias se considerará una potencia permanente.

Con ello se establecerá un cuadro horario de demanda de las distintas potencias conjuntamente con la distribución por bloques horarios de los distintos tipos de discriminación horaria.

Se ha de tener en cuenta, para el cálculo de la potencia máxima, la necesidad de que los sistemas en caso de emergencia puedan funcionar a plena potencia. Se considerarán el 100% del consumo simultáneo de la iluminación, de los ventiladores, grupos de presión y presurización de galerías, así como otras cargas simultáneas que se pudieran considerar necesarias en emergencia.

La potencia eléctrica consumida por la instalación de iluminación es función de los niveles de iluminación requeridos en el túnel según su clasificación.

Los niveles de iluminación instalados deben ser mayores para tener en cuenta la depreciación por suciedad de las luminarias y el envejecimiento de las fuentes, este factor global de depreciación de la instalación se puede evaluar en un 70% en túneles y 80% en alumbrado exterior.

Los niveles de iluminación estarán basados en criterios según normas y criterios establecidos en la Instrucción Técnica 3 Alumbrado.

Estos valores no son aplicables en sistemas a contraflujo, requieren un estudio específico.

4.4. Seguridad de suministro. Redundancia

El momento de corte en la alimentación eléctrica de la instalación de iluminación de un túnel es la situación más crítica, siendo necesario en dicho instante que el alumbrado de seguridad entre en servicio en el lapso de tiempo más breve posible, es decir, en la práctica, menos de medio segundo desde el fallo en dicho suministro y que los servicios de seguridad/emergencia del túnel queden también alimentados.

Para lograr que se garantice el correcto funcionamiento de los servicios esenciales instalados en el túnel, las posibles medidas a adoptar serán las siguientes:

- Redundancia de alimentaciones AT.
- Redundancia de transformadores y equipos de BT.
- Alimentaciones de socorro en BT.
- Instalación de grupos electrógenos.
- Instalación de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI).
- Trazado redundante de canalizaciones.
- Segregación de circuitos.

Para cada tipo de túnel se deberá tener en cuenta los mínimos indicados a continuación en lo referente a su alimentación eléctrica de forma que quede garantizado el suministro eléctrico a la instalación, y además que éste se realice de una forma continua (sin interrupción) y con una duración suficiente para aquellos sistemas que así lo requieran (sistemas de emergencia y otros)

TÚNEL TIPO III

Por regla general, la alimentación al túnel se realizará desde una única ubicación con lo que el aseguramiento en la alimentación eléctrica dependerá de la Cía. Eléctrica suministradora.

En el caso de que en el túnel, por su singularidad, se haya considerado necesario que tenga servicios esenciales, se deberá asegurar la seguridad en la alimentación de los mismos, estudiándose en cada caso la instalación de medios que garanticen el correcto funcionamiento de los que hayan sido definidos, en el caso de una caída de la alimentación eléctrica.

Se podrá garantizar la alimentación eléctrica a los equipos que así lo requieran (si es necesario) por medio de la instalación de un grupo electrógeno y/o SAI.

El mantenimiento de la alimentación se podrá garantizar considerando la ITC-BT-28 en su punto 2 y que la alimentación a estos equipos constituye un suministro de «socorro». Siendo de corte breve para los equipos relacionados con la seguridad de circulación y evacuación y de corte mediano para el resto.

II. MOTAKO TUNELA

II. motako tunelen hornikuntza elektrikoa GTKoa edo BTkoa izan daiteke. Hornikuntza elektrikoa GTKoa baldin bada, tuneleko TZrako hargunea azpiestazio edo lotune bakarretik (airekoa edo lurpekoa) datorren zirkuitu bikoitzeko linea batean izango da, eta linea hori hornikuntza-konpainiaren zentro beretik etorriko da.

Hornikuntza elektrikoaren segurtasuna bermatzeko, laguntza sistema bat instalatu beharko da, multzo elektrogenu bat, eta sistema horrek behar duten zirkuituen hornidura bermatuko du.

Larrialdi-zerbitzuak hornitzen dituen EESak multzotik esekita egon beharko du, 4.5 puntuan adierazten den bezala.

II. motako tuneletarako zehaztutako eskema irudian zehaztutakoaren antzekoa izango da:

4.4.1. irudia

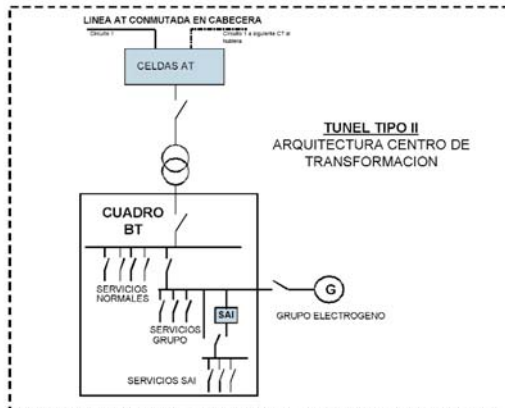
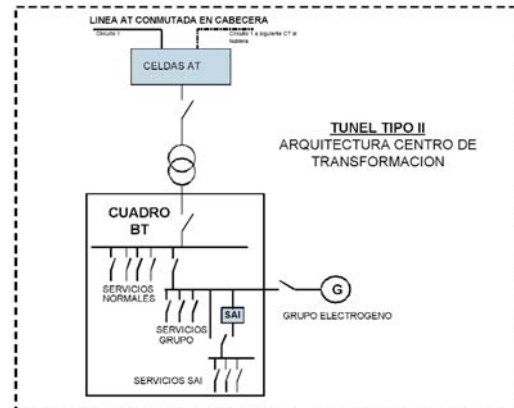


Figura n.º 4.4.1



I. MOTAKO TUNELA

Zirkuitu bikoitzeko bi lineatan oinarritutako bi hornidura egongo dira, bi Azpiestazio zentro desberdinetatik, eta horiek tunelaren transformazio-zentroak hornituko dituzte. Transformazio-zentro horiek tentsio ertaineko bi gela-multzo izango dituzte, baita bi transformazailer eta behe-tentsioko agente tokia ere. Gela-multzo, transformadore eta behe-tentsioko koadro bakoitzak jarduera-baldintza arruntetan instalazioaren %100 hornitzeko ahalmena izango du; bakoitzak instalazioaren %50 hornituko du (4.4.2. irudia).

Goi-tentsioko lineetako batean hornidura elektrikoak huts egingen badu, transformadoreen eta BTko koadroen arteko erredundantzia ezaugarria martxan jarriko da; hau da, horren eragina jasan duen koadroa deskonektatu egingo da eta hornikuntza elektriko osoa bestera transferituko da konmutazio baten bidez, behe-tentsioan.

4.4.2. irudia

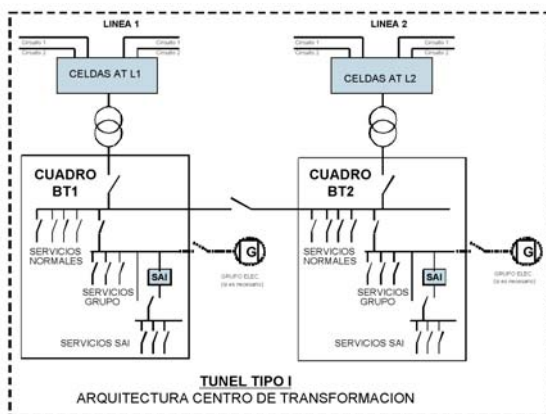
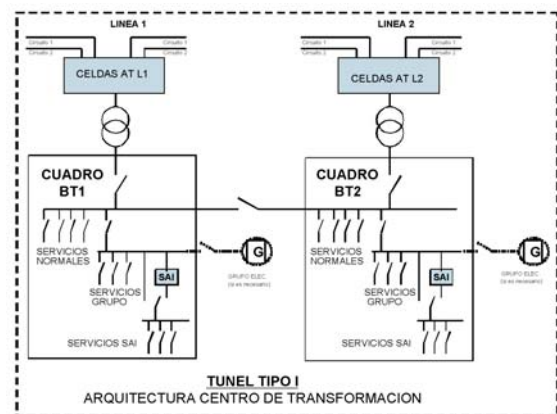


Figura n.º 4.4.2



Tunelaren instalazioaren barruan transformazio-zentro bat baino gehiago baldin badago, GTA banatu beharko da zentro horietan, eta, ahal dela, eraztun-sistema bat ezarriko da. Instalazioaren buruan, konpainiaren entrega-gunean edo instalazioaren GTKo banaketa-zentroan GT hornidura-zirkuituen artean konmutatzeko auke-

TÚNEL TIPO II

La alimentación eléctrica a los túneles tipo II puede ser en A.T. o en B.T. En el caso de que el suministro eléctrico sea en AT, la acometida al CT del túnel será en una línea con doble circuito proveniente de una única subestación o de un enganche, aéreo o subterráneo, que proceda de un mismo centro de reparto de compañía.

Con el fin de garantizar la seguridad del suministro eléctrico se deberá instalar un sistema de respaldo, grupo electrógeno, que garantice la alimentación a los circuitos que lo requieran.

El SAI que alimente a los servicios de emergencia deberá estar colgado de este grupo tal y como se indica en el punto 4.5.

El esquema definido para los túneles de tipo II será similar al definido en la figura:

TÚNEL TIPO I

Se dispondrá de dos alimentaciones basadas en dos líneas de doble circuito, procedentes de dos centros Subestaciones diferentes que alimentarán a los centros de transformación del túnel. Estos centros de transformación dispondrán de dos grupos de celdas de Media Tensión, dos transformadores y cuadros de baja tensión. Cada grupo de celdas, transformador y cuadros de baja tensión serán capaces de suministrar la alimentación al 100% de la instalación y en circunstancias operacionales normales trabajarán simultáneamente alimentando cada uno de ellos al 50% de la instalación (Figura número 4.4.2).

En el caso de fallo de la alimentación eléctrica en una de las líneas de alta tensión, entrará en funcionamiento la característica de redundancia entre transformadores y cuadros de BT, desconectándose el cuadro afectado y transfiriendo todo el suministro eléctrico al otro por medio de una conmutación en baja tensión.

ra baldin badago, GTko kable bakarria eraman ahalko da linea bakoitzeko, eta ez da beharrezkoa izango bi zirkuituak hornitzea.

Instalazioak sarrera- eta irteera-gelen kudeaketaren bidez (dela buruan, dela transformazio-zentroan bertan) GTko konmutazio bat egitea ahalbidetzen bada GTko eta horrela posible bada transformadore bat GT linea bietako edozeinen bidez hornitzea, koadro eta transformadore bi izateko exigentzia ez da derrigorrez bete behar.

Adierazi den bezala, I. motako tuneletarako derrigorrezko betekizuna da linea bikoitz independentea eta zirkuitu bikoitzekoa izatea, tuneleko banaketa-zentroan izango dute hargunea, TZko eraztun bat osatuz, eta BTko hornidura izango dute horietatik esekitako zerbitzuetarako.

Laguntza gisa, gomendagarria da BTko zirkuituaren lineak multzo elektrogeno batera konektatzea.

Hornidura independenteak egotea posible ez baldin bada, antzeko zirkuitu bat mantenduko da (II. motako tunelaren antzekoa, alegia), zirkuitu bikoitzeko linea-hargunea GTn, oinarritzko zerbitzuen funtzionamendua babesteko laguntza-multzo elektrogeno baten babesarekin.

AINTZAT HARTU BEHARREKO BESTE AUKERA BATZUK

- *Zirkuituak bereiztea*: erabat independenteak diren energia elektrikoko bi hornidura egongo dira. Konmutazio edo konexio arazorik gerta ez dadin, komenigarria izaten da beti argiztapeneko instalazioaren zati bat energia iturri batetik hornitzea eta gainerakoa beste iturri batetik.
- *Kanalizazioen trazaketa erredundantea*: Ahal denean, elikatze-kanalizazioen trazaketak aparte jarriko dira bi hornidura dituzten zerbitzuetan edo sistemen %50 martxan egoteari eusteko bereiz daitezkeen zerbitzuetan.
- *Multzo elektrogenoa*: Elikaduraren segurtasuna bermatzeko multzo elektrogeno bat instalatzen baldin bada, bertatik hornituko dira 4.5. puntuan aipatutako zirkuituak eta bertan existitzen zaizkion gutxienezko ezaugarriak izango ditu.
- *Etengabeko elikatze sistema (EES)*: Geroago aipatzen diren zerbitzuek (4.6. puntua) ordubeteko autonomia izango duen EES bat izango dute, baita baterien bizitza erabilgarriaren amaieran ere; hortaz, EESen bateriek generadoreak arrankatzeko behar duen denborarako edo lineak edo transformatzailak konmutatzeko behar duen denborarako elikatze elektrikoa ziurtatuko dute, baita denbora horretan larrialdiko zerbitzuetan jo diren zerbitzuei beharrezko potentzia emateko ere, eta horren kalkulua egiteko, 1,5eko koefizientea hartu behar da kontuan, estaltzen dituen zerbitzuen gehieneko potentziari dagokionez.

Nolanahi ere, funtsezkoa da hornitutako bi lineek trazaketa ezberdinak izatea. Tunel barruko kableak gutxienez 0,8 m-ra sartuko dira lurpean (tunelaren diseinuak hala egiteko modua ematen badu), arearen gainean, kutxatilarik gabe edo hormigoian murgildutako hodi-pean, kutxatila aizunekin, 100 metroko tarte bakoitzeko, gutxi gorabehera, edo tarte handiagoetan, lineak ahalbidetzen baldin badu. Kablea jarri ondoren, kutxatila horiek zigitatu egingo dira babes pasiboaren bitartez.

Tunela dagoen baldintzen arabera aukeratu da alternatiba horietako bat.

Era berean, kontuan hartzeko da zirkuituetan instalatutako deskarga-lanparak pizteko eta berriz pizteko baldintzak.

4.5. Potentzia-hornidura segurua (Multzo elektrogenoa)

Aireztapen-instalazioa dagoen tuneletan, hornidura-sistemari etsi behar izango zaio ohiko hornidurak huts eginez gero; horretarako, iturri horretako hornidura duen elikatze bikoitza eta gutxienez lau orduko (4) autonomia duen azpiestazio ezberdina edo talde elektrogenoa izango dira talde elektrogenoaren kasuan, eta etengabeko hornidura izango da bi elikatze-sistema daudenean.

conmutar entre los circuitos de las líneas de suministro AT, se podrá llevar únicamente un cable de AT por línea no siendo necesario distribuir los dos circuitos.

Si la instalación permite realizar una conmutación en AT, por medio de la gestión de las celdas de entrada y salida de AT, bien en cabecera o en el propio centro de transformación, de tal forma que un mismo transformador se pueda alimentar desde cualquiera de las dos líneas de AT, la exigencia de doble transformador y cuadro podrá ser obviada.

Como se ha expresado, el requisito mandatorio para túneles de tipo I es de doble línea independiente con doble circuito que acometerán a los centros de reparto del túnel y a los centros, conformando un anillo de CTs con sus posteriores distribuciones en B.T. a los diferentes servicios colgados de éstos.

Como respaldo es recomendable conectar las líneas del circuito de B.T. a un grupo electrógeno.

En el caso de que no fuera posible la independencia en las alimentaciones, se mantendrá un circuito similar (al del túnel tipo II), acometida de línea de doble circuito en AT, con el apoyo de un grupo electrógeno de respaldo del funcionamiento de los servicios esenciales.

OTRAS OPCIONES A CONSIDERAR

- *Segregación de circuitos*: con dos suministros de energía eléctrica totalmente independientes. Al objeto de evitar problemas de conmutación o conexionado, resulta siempre deseable alimentar parte de la instalación de iluminación desde una fuente de energía y el resto desde otra.
- *Trazado redundante de canalizaciones*: Siempre que sea posible se independizarán los trazados de las canalizaciones de alimentación a aquellos servicios que presenten duplicidad o que puedan ser segregados para mantener operativo el 50% de los sistemas.
- *Grupo electrógeno*: En el caso de que se instale un grupo electrógeno para garantizar la seguridad de la alimentación, se alimentarán de él los circuitos indicados en el punto 4.5 y tendrá las características mínimas que en él se le exigen.
- *Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)*: Los servicios indicados más adelante (punto 4.6) dispondrán de un SAI con una autonomía de una hora, incluso al final de la vida útil estimada de las baterías, de forma que las baterías del SAI aseguren la alimentación eléctrica durante el tiempo que necesite el generador para arrancar u operaciones de conmutación de líneas o transformadores y dar la potencia necesaria a los servicios que se hayan considerado de emergencia durante este periodo y cuyo cálculo debe contemplar un coeficiente de 1,5 la potencia máxima de los servicios cubiertos por éste.

En todo caso, se considera esencial que las dos líneas suministradoras sigan trazados distintos. El tendido de los cables por el interior del túnel deberá ser enterrado a 0,8 m. como mínimo de profundidad (si lo permite el diseño del túnel), sobre lecho de arena sin necesidad de arquetas o bajo tubo embebido en hormigón con falsas arquetas cada 100 metros aproximadamente o superior si el tendido lo permite. Una vez tendido el cable estas arquetas serán selladas mediante protección pasiva.

La elección entre las distintas alternativas expuestas dependerá de las condiciones locales donde se encuentra el túnel.

Resulta también necesario tener en cuenta las condiciones de encendido y reencendido de las lámparas de descarga instaladas en los distintos circuitos.

4.5. Alimentación segura de potencia (Grupo electrógeno)

En túneles dotados de ventilación, el sistema de alimentación deberá ser mantenido en caso de falta de alimentación normal, a través de una doble alimentación con suministro de distinta fuente, diferente subestación o grupo electrógeno con autonomía mínima de cuatro (4) horas, en el caso de grupo electrógeno y de forma permanente con dos alimentaciones.

Iturri horrek EESa eta horrek hornitzen dituen zerbitzuak estali beharko ditu, baita aireztapen-sistema, errefortzuko argiztapenaren zati bat eta ponpaketa-multzoa ere.

Aireztapen-sistemari dagokionez, honakoa hartuko da kontuan:

Bi tunel-zuloko tunelen kasuan, tunelaren aireztapen-sistema orokorraren %50 estali beharko da, gutxienez, hau da, tunel-zulo baten haizagailuen %100, gutxienez.

Tunel-zulo bakarreko tunelen kasuan, haizagailuen erdiaren hornidura bermatu beharko da, gutxienez, edo baita gehiagorena ere, beharrezkoa bada keak behar bezala kudeatzea bermatzeko eta tunelaren ebakuazio osoa ziurtatzeko.

Bi kasuetan, multzoak hornitu beharreko haizagailuen kopuruaren eta kokapenaren aukeraketa keen kontrolerako azterlan baten bidez justifikatu beharko da, eta, bertan, tunelean egon litezkeen sute-egoera desberdinak hartu beharko dira kontuan.

Ebakuazio-galerietako eta larrialdietako irteeretako aireztapen-ekipoak potentzia osoz hornitzen direla ziurtatu beharko da, baita hodi bakarreko aireztapenaren instalazioa ere (bi baldin baditu).

Uraren eraztuneko gainpresioari eusteko beharrezko ekipoak eta segurtasun-nitxoaren potentzia-harguneen aldibereko potentzia-hornidura (2,5 kVA – 1P+T+N, 12 kVA – 3P+T+N).

Aireztapenik ez badago, lehenago aipaturiko ekipoei eutsi beharko zaie, bereziki oinarritzko argiak eta indartzekoak; argiztapen hori txikiagoa izan daiteke larrialdietan.

4.6. Etengabeko elikadura sistemak bete beharreko zerbitzuak

Segurtasuneko ekipoak hornitzeko modukoak izango dira EESak, ordubeteko autonomia izanik, betiere honako instalazio haue-tarako:

- Larrialdietako argiztapena, ebakuazioa eta ebakuazio-galeriak.
- Ebakuaziorako argiztapena segurtasuna indartzeko.
- Sarrerako aldeko argiak.
- Etengabeko argi batzuk edo gaueko argiztapen murriztua.
- Suaren kontrako sistemaren argiteria.
- Transformazio-zentroetako argiteria.
- Segurtasuneko seinaleztapena.
- Poluzio-sentsoreak eta anemometroak.
- Datuak eskuratzeko eta toki mailan tratatzeko eta informazio transmititzeko sistemak.
- Komunikazio, nitxo eta SOS zutoinen elikatzea.
- Aginte-ekipoak kontrolerako gelatik.
- Trafikoa kontrolatzeko eta kudeatzeko ekipoak.
- Trafikoko seinaleztapen-dispositiboak (semaforoak).
- CCTV, eta sua automatikoki detektatzea (SAD).
- Su automatikoki detektatzea.
- Megafoniaz arduratzea.
- Transmisio eta irratikomunikazioko ekipoak.
- Tunela ixteko barrerak eta bidea ixtea.
- Eta zehaztuta egon ez arren pertsonen segurtasunean esku hartzen duten ekipoak.

EES ekipoekin lotutako baterien iraupena bermatzeko, tenperatura eta hezetasun baldintza batzuei eutsi behar zaie zenbait mugaren barruan; hortaz, ekipo horiek aire egokitua dagoen loka-lean kokatuko dira.

EESak erredundanteak izango dira beren buruarekiko, bere funtzionamenduan akatsen bat egonez gero era automatikoan diharduen eta mantentze-lanekin lotutako jarduera baten kasuan eskuz diharduen by-pass baten bidez. Halaber, posible denean, elikadura hargune bikoitzaren bidez egingo da.

Esta fuente deberá cubrir la SAI y los servicios que éste alimenta, el sistema de ventilación, parte del alumbrado de refuerzo y el grupo de bombeo.

En lo referente al sistema de ventilación, se considerará lo siguiente:

Túneles bitubo se deberá cubrir la alimentación de al menos el 50% del sistema de ventilación global del túnel, es decir, al menos el 100% de los ventiladores de uno de los tubos.

Túneles monotubo se deberá cubrir la alimentación de, como mínimo, la mitad de los ventiladores, o un número superior en aquellos casos necesarios para garantizar la correcta gestión de los humos y garantizar la evacuación total del túnel.

En ambos casos, la elección del número y disposición de ventiladores a alimentar por el grupo se deberá justificar mediante un estudio de control de humos en el que se contemplen los diferentes escenarios de incendio posibles en el túnel.

Deberá asegurar el suministro a plena potencia de los equipos de ventilación de las galerías de evacuación y salidas de emergencia, así como la instalación de ventilación de un solo tubo (si cuenta con dos).

Los equipos necesarios para mantener la sobrepresión del anillo de agua y el suministro de potencia simultáneo a las tomas de fuerza de los nichos de seguridad (2,5 kVA - 1P+T+N, 12 kVA - 3P+T+N).

Si no hay ventilación deberán mantener los equipos citados anteriormente y en particular la iluminación base y la de refuerzo que podrá ser reducida para casos de emergencia.

4.6. Servicios a cubrir por el sistema de alimentación ininterrumpida

El SAI se dimensionará para dar alimentación a todos los equipos de seguridad con una autonomía de una hora, para instalaciones tales como:

- Alumbrado emergencia, evacuación y galerías de evacuación.
- Alumbrado de evacuación por refuerzo de la seguridad.
- Alumbrado de la zona de acceso.
- Parte del alumbrado permanente o nocturno reducido.
- Alumbrado sistema contraincendios.
- Alumbrado Centros de Transformación.
- Señalética de seguridad.
- Sensores de polución y anemómetros.
- Sistemas de adquisición y tratamiento local de datos y transmisión de la información.
- Alimentación comunicaciones, nichos y postes SOS.
- Equipos de mando desde la sala de control.
- Equipos de control y gestión de tráfico.
- Dispositivos de señalización de tráfico (semáforos).
- CCTV, y detección automática de incidentes (DAI).
- Detección automática de incendios.
- Megafonía.
- Equipos de transmisión y radiocomunicación.
- Barreras de cierre de túnel y neutralización de vía.
- Y los diferentes equipos que, aunque no estén definidos, intervengan en la seguridad de las personas.

Para garantizar la vida de las baterías asociadas a los equipos SAI, se requiere mantener unas condiciones de temperatura y humedad establecidas dentro de unos límites, por lo que la ubicación de los mismos se realizará en un local dotado de aire acondicionado.

Los SAI serán redundantes con ellos mismos, mediante un by-pass que actúe en automático si detecta un fallo en su propio funcionamiento y de forma manual en el caso de una actuación de mantenimiento. Asimismo en los casos que sea posible se alimentará desde una doble acometida.

4.7. Materialak eta babes eskakizunak

Oro har, material guztiak egongo dira estali behar duten zerbitzuaren ezaugarrietara egokiturik; beraz, larrialdietako zirkuituetan erabilitako materialak 842°C 90 minutuko kableekin egingo dira eta kableak suteen aurrean dituen erresistentzia-ezaugarriak ez gutxitzeko modukoak izan beharko dute, eta hori kontuan hartu beharko da bereziki konexioen edo/eta deribazio-kutxen kasuan.

Eraikuntzako material guztiek Azpiegituren Jarraibide Teknikoan ezarritako baldintzak bete beharko dituzte, suaren kontrako jokabideari dagokionez. B-s3,d0 klasea onartu egin daiteke kableen kanalizazioetan. Nolanahi ere, erabilitako materialek ez dute batera ke toxiko eta korrosiborik igorriko, eta keen igorpena oso txikia izango da. Transformazio-zentroak elikatzeke tentsio ertaineko kableak eta zentrozen arteko eraztunak, behe-tentsiokoak eta potentzia, kontrol eta segurtasunerakoak ondoko taulan agertzen den klasekoak izango dira:

POTENTZIA-KABLEAK						
ZERBITZUA	18/30 kV kableak	12/20 kV kableak	BT kableak eta 0,6/1 kV kontrola		KOMUNIKAZIOKO KABLEAK	
Izena	DHZ1-H35	DHZ1-H16	Arrunta	Emergentzia/aireztapena	F.O.	CCTV,Tfnia.,
Gidaria	Aluminioa	Aluminioa	Kobrea	Kobrea	Zuntz optikoaren bidez.	Kobrea
Isolamendua	EPR edo HEPR	EPR edo HEPR				
Estalkia	Vemex edo antzekoa	Vemex edo antzekoa	Exzhellent/Afumex	Segurfoc/Afumex Firs	LSZH	Exzhellent/Afumex
Arratoien kontrakoa				Bai	Bai	Bai
SUAREN KONTRAKO JOKABIDEA						
Ez du garra hedatzen UNE-EN 50265-2-1	Bai (estalia)	Bai (estalia)	Bai	Bai	Bai	Bai
Ez du sua hedatzen UNE-EN 50266-2-4	Bai (estalia)	Bai (estalia)	Bai	Bai	Bai	Bai
Keen igorpen txikia, UNE-EN 50268	Bai (estalia)	Bai (estalia)	Bai	Bai	Bai	Bai
Halogenorik ez, UNE 50267-2-1	Bai (estalia)	Bai (estalia)	Bai	Bai	Bai	Bai
Ke toxikoen igorpen txikia, NES 713, NFC 20454	Bai (estalia)	Bai (estalia)	Bai	Bai	Bai	Bai
Ke korrosiboak, UNE-EN 50267-2-3	Bai (estalia)	Bai (estalia)	Bai	Bai	Bai	Bai
Suaren kontrako erresistentea, UNE-EN 50200				Bai	Ez	Bai
CABLES DE POTENCIA						
SERVICIO	Cables 18/30 kV	Cables 12/20 kV	Cables BT y control 0,6/1 kV		CABLES DE COMUNICACIONES	
Conductor	Aluminio	Aluminio	Cobre	Cobre	Fibra óptica	Cobre
Aislamiento	EPR o HEPR	EPR o HEPR				
Cubierta	Tipo vemex/similar	Tipo vemex/similar	Exzhellent/Afumex	Segurfoc/Afumex Firs	LSZH	Exzhellent/Afumex
Antirroedores				Sí	Sí	Sí
COMPORTAMIENTO ANTE FUEGO						
No propagador de llama s/UNE-EN 50265-2-1	Sí (cubierta)	Sí (cubierta)	Sí	Sí	Sí	Sí
No propagador del incendio s/UNE-EN 50266-2-4	Sí (cubierta)	Sí (cubierta)	Sí	Sí	Sí	Sí
Reducida emisión de humos S/UNE-EN 50268	Sí (cubierta)	Sí (cubierta)	Sí	Sí	Sí	Sí
Libre de halógenos s/UNE 50267-2-1	Sí (cubierta)	Sí (cubierta)	Sí	Sí	Sí	Sí

4.7. Materiales y requisitos de protección

Como norma general todos los materiales estarán adaptados a las características del servicio que deban cubrir, así los materiales empleados en los circuitos de emergencia, realizados con cables 842°C 90 minutos, serán tales que no rebajen las cualidades de resistencia del cable frente al incendio, esto debe tenerse en cuenta especialmente en el caso de conexiones y/o cajas de derivación.

Todos los materiales de construcción deberán cumplir los requisitos establecidos en la Instrucción Técnica de Infraestructura, desde el punto de vista de comportamiento ante el fuego. La clase B-s3,d0 es admisible para canalizaciones de cables, en cualquiera de los casos los materiales utilizados serán de nula emisión de humos tóxicos y corrosivos y de reducida emisión de humos. Los cables de Media Tensión para alimentación a los centros de transformación y anillos entre centros, los de Baja tensión, para fuerza, control y seguridad serán del tipo indicado en la siguiente tabla:

SERVICIO	CABLES DE POTENCIA				CABLES DE COMUNICACIONES	
	Cables 18/30 kV	Cables 12/20 kV	Cables BT y control 0,6/1 kV			
Conductor	Aluminio	Aluminio	Cobre	Cobre	Fibra óptica	Cobre
Reducida emisión gases tóxicos NES 713, NFC 20454	SI (cubierta)	Sí (cubierta)	Sí	Sí	Sí	Sí
Corrosividad de humos s/ UNE-EN 50267-2-3	SI (cubierta)	Sí (cubierta)	Sí	Sí	Sí	Sí
Resistente al fuego s/UNE-EN 50200			Sí	Sí	Sí	Sí

Goi-tentsioko pantailen sekzioa (H) proiektu bakoitzean definitu eta kalkulatu da, Konpainia Elektrikoak emandako lurreko hutsegitearen intentsitatea kontuan izanda.

Behe-tentsioko kableetarako gutxienezko isolamendu-maila 0,6/1 kV-koa izango da. Larrialdietako zirkuituetarako kable-moten aukera gisa eta segurtasunarekin lotuta, isolamendu minerala duten kableak aipa daitezke. Suaren kontrako erresistentzia dute eta ke eta gas igorpen txikikoa da estaldura.

Segurtasunarekin erlazionatutako eta tunelaren barruan instalatutako kableak lurperatutako kanalizazioan jarriko dira, ahal dela, eta, horrela, mekanikoki eta suaren kontra babesturik geratuko dira. Ontzien gainean jartzeko badira tunelaren klabea edo horma pikoetan, kanalizazio horiek bidearen galiboa baino altuago egongo dira, ibilgailuekin talka egitea ekiditeko. Gainera, lurperatutako kanalizazioekiko loturetan mekanikoki babesturik egongo dira talken kontra lurretik 5 metrorainoko tartean. Babes hori bereziki zainduko da haizagailuen kasuan, eta irteeraren azken tartea babesturik egongo da 5 metroko tartetik haizagailuetaraino, eta hori horma lodiko conduiterako hodiarekin egin ahalko da.

Suaren kontrako zoladura eramango duten zigitatze-panelen bidez sartuko dira kableak hormetan; uraren eta olioaren kontrako zoladura iragazgaitza izango da. Kableek estaldura horrekin zigitaturik geratu beharko dute sartunearen bi aldeetan. Zigitatze-sistema hori koadroetako edo ekipo elektrikoetako kableen sarrerari ere aplikatu ahalko zaio.

Segurtasuneko argien elikatze-zirkuituak suaren kontrako zuzeneko eraginetik babestuko dira, bai erabili beharreko kable-motaren kategoria hobetuz jarriz, bai lehenago aipaturiko babesa emanaz, zeren eta suak eragiten dituen tenperaturek kableak duen erresistentzia-maila gaintu baitezakete.

Eskaizun horiek betetzeko beste metodo bat potentzia eta argien elikatze banatzean datza, kantonamenduen printzipioaren bidez. Kantoiaren luzera, gehienez, 600 m-koa izango da.

Balizamenduaren argiztapena (ebakuatzeko gida) printzipio honen arabera egingo da, gehienez 350 metroko kantoi-luzerekin, baldin eta argiztapen hori egiten duten ekipoek ez badute elikadura autonomorik (bateriak).

Konexio-borneak termoegonkorra izateaz gain, beroaren, sutearen, hezetasunaren eta onddoen aurkako erresistentzia dute, letoizko eroale-zatiarekin, kobre nikelatua edo eztaiztatuta edo antzekoa.

Zikinaren aurka babestutako zenbatutako tresnak izango dituzte.

Borneek, gutxienez, konektatutako kableak duen edukaren bikotza izango dute.

Eratopen-kutxek zirkuituan eskatzen den sutearen aurkako erresistentziaren ezaugarri berberak izan behar dute.

Kantonamenduen printzipioaren arabera egingo da komunikazioen transmisioa ere; kantoiaren luzera, gehienez, 600 m-koa izango da.

Ontziak, ahal dela, ez dira erabiliko eremu zenitalean; hobe da horma pikoetan finkatzea argiztapen zenitaleko (baldin badago) zirkuituen kableak bideratzeko izan ezik. Bereizgailuak izango dituz-

La sección de las pantallas (H) de los cables de alta tensión se definirá y calculará en cada proyecto en función de la intensidad de falta a tierra dada por la Compañía eléctrica.

El nivel de aislamiento mínimo para los cables de baja tensión será de 0,6/1 kV. Como opción de tipo de cable para los circuitos de emergencia y relacionados con la seguridad cabe mencionar los cables con aislamiento mineral. Estos cables son resistentes al fuego y su recubrimiento es de baja emisión de humos y gases.

Los cables relacionados con la seguridad e instalados dentro del túnel se tenderán preferentemente en canalización enterrada, quedando así protegidos mecánicamente y ante el fuego. Si éstos se tendiesen sobre bandejas en la clave del túnel o en los hastiales estas canalizaciones estarán situadas a una altura mayor al galibo de la vía, para evitar colisiones con los vehículos. Además en los entronques con canalizaciones enterradas estarán protegidas mecánicamente frente a choque en los 5 primeros metros desde el suelo. Esta protección se cuidará especialmente en el caso de ventiladores que estará protegido el último tramo de salida desde los 5 metros hasta los ventiladores, pudiendo realizarse ésto con tubo tipo conduit de pared gruesa.

El paso entre paredes se realizará a través de paneles de sellado que llevarán un revestimiento resistente al fuego, impermeable al agua y al aceite. Los cables deberán quedar sellados con este revestimiento a ambos lados de la penetración. Este sistema de sellado será aplicable también a la entrada de cables a cuadros o equipos eléctricos.

Los circuitos de alimentación de alumbrado de emergencia deberán ser protegidos de los efectos directos del fuego, bien incrementando la categoría del tipo de cable a utilizar o mediante las protecciones antes citadas ya que las temperaturas que se originan en un incendio pueden superar las correspondientes al nivel de resistencia del cable.

Otro método para cubrir estos requisitos consiste en realizar la distribución de alimentaciones de fuerza y alumbrado mediante el principio de cantonamientos. La longitud de los cantones no excederá de 600 m.

La iluminación de balizamiento (guiado de evacuación) se realizará según este principio con longitudes de cantón no superiores a 350 m si los equipos que realizan este alumbrado no poseen alimentación autónoma (baterías).

Las bornas de conexión serán de material termoestable, resistente al calor, al fuego, a la humedad y a los hongos, con la parte conductora de latón, cobre niquelado o estañados o similar.

Tendrán dispositivos de numeración protegidos contra la suciedad.

Las bornas se elegirán con una capacidad mínima del doble de la del cable que se conecta.

Las cajas de derivación deberán tener las mismas características de resistencia al fuego que se exige al circuito al que pertenecen.

La transmisión de comunicaciones se realizará también mediante el principio de cantonamientos, la longitud de los cantones no excederá de 600 metros.

Se deberá evitar el recorrido de bandejas por la zona cenital, es preferible su fijación en los hastiales excepto para la conducción de los cables de los circuitos del alumbrado cenital si lo hubie-

te ontzik, kableak transmititu beharreko seinale-motaren arabera banatzeko; hala, banatu egiten da indarra.

Komunikazio-kableek, tentsiorik altuenerako isolaturik ez badaude, ontzietan hodien barruan edo bereizitako ontzi batean eta isolatuta egon beharko dute.

4.8. Kableak eta ekipu elektrikoak identifikatzeko sistema

4.8.1. Koadroen identifikazioa

Koadro guztietan hondo zuridun formikaren plaka ezarriko da, eta koadroaren identifikazioa letra beltzez agertuko da, koadroaren goiko aldean kokatuta, gune zentralean.

4.8.2. Ezarritako tresnen identifikazioa

Koadroetan ezarritako tresna guztiak (tresnak, eragingailuak, etab.), aluminiozko plaken edo antzeko beste material batzuen bidez identifikatuko dira. Hondo zuria izango da eta identifikazio-zenbakiak nahiz -letrak beltzez grabatuta egongo dira.

Identifikazioa bikoitza izango da; bata, koadroen barruko aldean, eta tresnei atxikita egongo da, kableatua erraztu eta beharrezkoak diren alderatzeak egiteko, instalazioa abian jarri ondoren; bestea, aldiz, aurreko aldean. Kasu horretan, tresnaren identifikazioaz gain, identifikazio funtzionala adieraziko da (elikatzten duen zirkuituaren izena).

Plakak koadroari kalterik egin gabe desmuntatzea ahalbidetzen duten baliabide egokien bidez ezarriko dira.

Proiektuaren eskematan jasotako osagai ezberdinak izendatu eta horiek behe-tentsioko koadroetan identifikatzeko, erreferentzia gisa 1974ko urtarrileko DIN 40719 (2. orria) araua hartuko dugu, edo EN 61.346-2:2000 «Industria-sistemak, instalazioak eta industria-ekipoak eta -produktuak». Egituraketaren printzipioak eta erreferentzia-izendapenak, 2. zatia: motetarako objektuen eta kodeen sailkapena», koadrogile gehienek erabilitakoak.

4.8.2.1. Zerbitzuaren osagai-motak izendatzeko adierazleak, DIN 40719 (2. orria) araua aintzat hartuta

Adierazlea	Zerbitzuaren osagai-mota	Adibideak
A	Eraikuntza-ekipoak, -eraikuntza ekipoen zatiak	Anplifikadoreak, anplifikadore magnetikoak, laserra, maserra, tresnen konbinazioak.
B	Magnitude ez-elektroko magnitude elektriko bihurtzeko tresnak (bihurgailuak) eta alderantziz	Neurketa-bihurgailuak, zunda termoelektrokoak, termozezulak, zelula fotoelektrokoak, dinamometroak, kuartozko beirak, mikrofonoak, pic-up, bozgorailuak, eremu birakariako tresnak, posizionadote angularrak.
C	Kondentsadoreak	
D	Atzerapen-tresnak, memoria-tresnak, osagai bitarrak	Atzerapen-eroaleak, lotura-osagaiak, osagai biegonkorak, osagai monoegonkorak, nukleo-oen memoriak, erregistradoreak, dis-koen memoriak, zinta magnetikoen tresnak.
E	Askotarikoak	Argiztapen-instalazioak, berokuntza-instalazioak; Koadro honen beste alderdi batean adierazi gabeko instalazioak.
F	Babes-tresnak	Fusibleak, gaintentsioko deskargagailua, hesiak, haustura-fusibleak, babes-sareak, kliskagailua.
G	Elikaduraren sorgailuak	Sorgailu birakariak, frekuentziako transformadore birakariak, bateriak, elikadura-ekipoak, osziladoreak, faseen erreguladorea.
H	Seinaleztapen-ekipoak	Ikusteko eta entzuteko seinaleztapen-tresnak.
J	--	--
K	Erreleak, kontaktoreak	Potentziaren kontaktoreak, kontaktore lagungarriak, errele lagungarriak, etenakako erreleak, denborazko erreleak
L	Induktibitatea	Akaberako bobinak
M	Eragileak	
N	--	--
P	Neurketa-tresnak, proba-ekipoak	Neurketa-ekipoak, adierazleak, erregistradoreak eta kontadoreak, pultsu-igorgailuak, erlojuak

ra. Las bandejas estarán dotadas de separadores para independizar los cables en función del tipo de señal a transmitir separándose fuerza de instrumentación.

Los cables de comunicaciones si no están aislados para la tensión más alta presente deberán ir entubados en las mismas bandejas o en una separada y aislante.

4.8. Sistema de identificación de cables y equipos eléctricos

4.8.1. Identificación de cuadros

Todos los cuadros dispondrán de una placa de formica de fondo blanco y con la identificación del cuadro en letras negras, localizada en la zona superior del cuadro en la zona central.

4.8.2. Identificación de los aparatos instalados

Todos los aparatos instalados en los cuadros (instrumentos, dispositivos de accionamiento, etc.), estarán identificados por medio de placas de aluminio o de otro material similar. El fondo será blanco y las letras y números de identificación estarán grabados en color negro.

Esta identificación será doble, una por la parte interior de los cuadros y fijada a los aparatos, dispositivos etc., de forma que facilite la realización del cableado y posibilite las comprobaciones necesarias una vez puesta en marcha la instalación y otra por la parte frontal en la que además de la identificación del aparato, se indique su identificación funcional (nombre del circuito que alimenta).

Las placas se fijarán por medios adecuados que permitan su desmontaje sin dañar el cuadro.

Para la designación de los diversos elementos que figuran en los esquemas de proyecto y su identificación en los cuadros contruidos de baja tensión tomaremos como referencia la norma DIN 40719 hoja 2 de enero de 1974 o EN 61.346-2:2000 «Sistemas industriales, instalaciones y equipos y productos industriales.» Principios de estructuración y designaciones de referencia Parte 2: Clasificación de objetos y códigos para las clases, empleadas por la mayoría de cuadristas.

4.8.2.1. Indicativos para las designaciones de clases de elementos de servicio según DIN 40719 hoja 2

Indicativo	Clase de elemento de servicio	Ejemplos
A	Grupos constructivos, partes de Grupos constructivos	Amplificadores, amplificadores magnéticos, láser, máser, combinaciones de aparatos.
B	Convertidores de magnitudes no eléctricas a magnitudes eléctricas y al contrario	Convertidores de medida, sondas termoeléctricas, termocélulas, células fotoeléctricas, dinamómetros, cristales de cuarzo, micrófonos, pic-up, altavoces, aparatos de campo giratorio, posicionadotes angulares.
C	Condensadores	
D	Dispositivos de retardo, dispositivos de memoria, elementos binarios	Conductores de retardo, elementos de enlace, elementos biestables, elementos monoestables, memorias de núcleos, registradores, memorias de discos, aparatos de cintas magnéticas.
E	Diversos	Instalaciones de alumbrado, instalaciones de calefacción; instalaciones que no están indicadas en otro lugar de este cuadro.
F	Dispositivos de protección	Fusibles, descargador de sobretensión, barras, fusibles de ruptura, relés de protección, disparador.
G	Generadores de alimentación	Generadores rotativos, transformadores de frecuencia rotativos, baterías, equipos de alimentación, osciladores, regulador de fases.
H	Equipos de señalización	Aparatos de señalización ópticos y acústicos.
J	--	--
K	Relés, contactores	Contactores de potencia, contactores auxiliares, relés auxiliares, relés intermitentes, relés de tiempo.
L	Inductividad	Bobinas de alisado.
M	Motores	
N	--	--
P	Aparatos de medida, equipos de pruebas	Equipos de medida indicadores, registradores y contadores, emisores de impulso, relojes.

Adierazlea	Zerbitzuaren osagai-mota	Adibideak
Q	Korrante gogorreko tresnak	Potentiaren etengailuak, aukeragailuak, babes-etengailuak, motorra babesteko etengailuak, etengailu automatikoak, karga baxuko fusibleen etengailuak.
R	Erresistentziak	Doikuntzaren erresistentziak, potentziometroak, erreostatoak, shunt-ak, eratorpeneko erresistentziak, termisoreak.
S	Etengailuak, aukeragailuak	Karrerako amaierako sakagailuak, aginte etengailuak, konmutador-aukeragailuak, aukeragailu birakariak, egokigailuak, aukeragailuak, seinaleen igorgailuak.
T	Transformadoreak	Tentsioaren transformadoreak, intentsitatearen transformadoreak, transmisoreak.
U	Moduladoreak, bihurtgailuak	Selektoreak, frekuentziaren bihurtgailuak, frekuentzia estatikoaren bihurtgailuen demuladoreak, kodifikazio-ekipoak, bihurtgailuak, inbertsoreak, erregulagailuak, onduladoteak.
V	Balbulak, erdieroaleak	Huts-balbulak, gasa, diodoak, transistoreak, tiristoreak deskargatzeko balbulak.
W	Gidatze-eroanbideak, uhin-gidagailuak	Konexio-hariak, kableak, banaketa-borneak, uhin-gidagailuak, uhin-gidagailuek zuzendutako aklopamenduak, dipoloak, antena parabolikoak.
X	Borneak, kabilak, kutxak	Entxufearen kabilak eta kutxak, proben kabilak, borneen erregletak, soldaduraren erregletak.
Y	Modu mekanikoan akzionatutako ekipo elektrikoak	Balaztak, enbrageak, balbulak, klapetak, akoplamenduak.
Z	Obturadoreak, konpentsazio-ekipoak, iragazkiak, mugatzaileak	Kableen fikziozko lineak, erreguladore dinamikoak, beirazko iragazkiak.

4.8.3. Koadroen barruko kabletuaren identifikazioa

Koadroaren osagaien arteko konexio-kable guztien (tresnak, seinaleztapen-osagaiak, lanabesak, akzionamendu-tresnak, etab.) bi hertzetan beren identifikazioa agertuko da, seinaleztapen-osagai malguekin eta grabatu ezabaezinekin, mahuka termoertraktiarekin, ferrule serigrafatu edo grabatu ezabaezinekin edota kalitate eta prestazio ezaugarri baliokideak dituen beste sistema batekin.

Identifikaziorako sistema aipatzen diren bi moduetan egin ahal-ko da.

1. sistema:

Kablearen hertz bakoitzean identifikazio bikoitza agertuko da:

- Lehenengo identifikazioa: lotutako osagaiaren bornearena.
- Bigarren identifikazioa: beste ertzari dagokion osagaiaren bornearena.

Identifikazio hori ezabaezina izango da eta zirkuitu elektrikoaren ezaugarria adieraziko da, 4.8.3-1 Taula. Kolore bidezko identifikazio-irizpidea taula kontuan izanda.

2. sistema:

Kontrol-kable bakoitza planoetan erreferentzia unibokoaren bidez identifikatuta egongo da (kablearen zk.).

Kablearen ertz bakoitzean erreferentzia hori adieraziko da.

Zubiak edo ekipo bat baino gehiago konektatzeaz gain, ikuspegi elektrikitik erkidetzat jo daitezkeen kableen kasuan, beti zenbaki berdina adieraziko da, baldin eta ikuspuntu fisikitik koadroan lotuta agertzen badira (mekanika eta ikuspegi elektrikitik lotuta).

Identifikazio hori ezabaezina izango da eta zirkuitu elektrikoaren ezaugarria adieraziko da, 4.8.3-1 Taula. Kolore bidezko identifikazio-irizpidea taula kontuan izanda.

4.8.3-1. Taula – Koloreen arabeko identifikazio-irizpidea

Zirkuitua	Kolorea	
Etengabeko korrantea:	Positiboa eta zuzenekoak	Gorria
Etengabeko korrantea:	Negatiboa eta zuzenekoak	Urdina
Etengabeko korrantea:	Positibo/negatiboa eta zeharkakoa	Berde

Indicativo	Clase de elemento de servicio	Ejemplos
Q	Aparatos de maniobra de corriente fuerte	Interruptores de potencia, seccionadores, interruptor de protección, interruptores de protección de motor, interruptores automáticos, interruptores fusibles bajo carga.
R	Resistencias	Resistencias de ajuste, potenciómetros, reostatos, shunts, resistencias en derivación, termisores.
S	Interruptores, selectores	Pulsadores finales de carrera, interruptores de mando, computador-selector, selectores rotativos, adaptadores selectores, emisores de señales.
T	Transformadores	Transformadores de tensión, transformadores de intensidad, transmisores.
U	Moduladores, convertidores	Discriminadores, convertidores de frecuencia, demoduladores convertidores de frecuencia estático, equipos de codificación convertidores inversores, variadores, onduladotes.
V	Válvulas, semiconductores	Válvulas de vacío, válvulas de descarga en gases, diodos, transistores, tiristores.
W	Vías de conducción, guiaondas	Hilos de conexión, cables, bornas de distribución, guiaondas, acoplamientos dirigidos por guiaondas, dipolos, antenas parabólicas.
X	Bornas, clavijas, cajas	Clavijas y cajas de enchufe, clavijas de pruebas, regletas de bornas, regletas de soldadura.
Y	Equipos eléctricos accionados mecánicamente	Frenos, embragues, válvulas, clapietas, acoplamientos.
Z	Obturadores, equipos de compensación, filtros, limitadores	Líneas ficticias de cables, reguladores dinámicos, filtros de cristal.

4.8.3. Identificación de cableado interior de los cuadros

Todos los cables de interconexión entre elementos de cuadro (aparellaje, elementos de señalización, instrumentos, dispositivos de accionamiento, etc.) irán identificados en ambos extremos con elementos de señalización flexibles y con grabado indeleble, con manguito termorretráctil, ferrules serigrafados o grabados indelebles u otro sistema equivalente en calidad y prestaciones.

El sistema a utilizar para la identificación se podrá realizar de las dos formas que se indican:

Sistema 1:

Cada extremo del cable llevará doble identificación:

- Primera identificación: la de la borna del elemento a la cual está asociado
- Segunda identificación: la de la borna del elemento correspondiente al otro extremo.

Esta identificación se realizará de forma indeleble y se marcará la característica del circuito eléctrico según el criterio de la Tabla 4.8.3 1 Criterio de identificación por colores.

Sistema 2:

Cada cable de control estará identificado por una referencia unívoca en los planos (n.º de cable).

En cada extremo del cable se marcará con dicha referencia.

En caso de cables que realicen puentes y/o conecten más de un equipo y se puedan considerar eléctricamente comunes se marcará con el mismo número siempre y cuando estén físicamente unidos en el cuadro (mecánica y eléctricamente unidos).

Esta identificación se realizará de forma indeleble y se marcará la característica del circuito eléctrico según criterio de la Tabla 4.8.3 1 Criterio de identificación por colores.

Tabla 4.8.3-1 – Criterio de identificación por colores

Circuito	Color	
Corriente continua:	Positivo directo	Rojo
Corriente continua:	Negativo directo	Azul
Corriente continua:	Positivo/negativo indirectos	Verde

Zirkuitua	Kolorea
Etengabeko korrontea:	Bihurgailuen irteera
Korronte alternoa:	Tentsioak
Korronte alternoa:	Intentsitateak
	Horia
	Beltza
	Zuria

4.8.4. Koadroaren barruko kableatuaren proiektua eta osagaien eskuragarritasunak

Kableatu horren proiektua koadroen fabrikatzaileak edo eki-poen hornitzaileak egingo du.

Hona hemen ekipo bakoitzarekin eman beharreko planoak:

- Koadroa jasotzen duen planoaren azala.
- Zenbakia, plano bakoitzaren izenburua eta berrikuspina jasotzen dituen planoen aurkibidea.
- Eskema hari-bakarrak.
- Hiru hariako eskemak eta kontrol-eskemak, erabilitako tresnak eta erreleak kontuan izanda.
- Tresnen eskuragarritasun fisikoa, zenbaki funtzionalak, marka, mota eta fabrikazioaren ezaugarriak eta kableatuaren izendapenak adierazita.
- Indar borneroa, identifikazioarekin batera.
- Kontrol borneroa, identifikazioarekin batera.
- Kableen zerrendak, konektatutako koadroen borneak aipatuta, bai eta horrek elikatzen dituen ekipoak aipatuta ere.
- Koadroen barruko kableatuaren orriak, sarrera bikoitzeko kableatu-sistemekin, kablearen bi alderdietan jatorrizko eta xedeko identifikazio gurutzatuaren, kablearen atalaren eta identifikazio-kolorearen eskakizunarekin batera.

5. ENERGIA ELEKTRIKOAREN KONTROLA

Bide osoan egongo da erabilgarri energia eta kontroleko sistemaren pantailan ikusteko modua egongo da; energia beharrezkoa den toki guztietan eta beharrezkoa denean etengabe erabilgarri egongo dela ziurtatu beharko da. Energia-hornidura segurua izan dadin, honako hauekin diseinatuko da: energiaren iturri nagusia, iturri erredundantea eta iturri bat beste batekin txandakatzea seguru egiten duen konmutazio sistema bat, lehen energia-iturriak huts egiten baldin badu. Gainera, Etengabeko Elikatze Sistemak (EES) tentsioan eta maiztasunean egonkorturiko energia ematen du, eta erantzukizun handiena duten taldeen funtzionamendua ziurtatzen du konmutazioa gertatzean eta bi iturriek huts egiten dutenean; izan ere, konmutazioa hainbat minutuz luza daiteke.

Energia eta kontroleko sistemak halako moldez diseinatu behar dira non azken horretako pantailan energiaren instalazioak monitorizatuko baitira; hala, operadoreak denbora errealean matxuraren kausei buruzko informazioa emango duela ziurtatuko da. Horretarako, sentsoreak jarriko dira, gutxienez honako seinale hauek izan ditzaten:

- Behe-tentsioko koadro orokorretan automatismo orokorrak.
- Koadro bakoitzeko magnetotermikoak eta diferentzialak.
- Neurketa-estazioa RS485 konexioarekin:
 - Sareko sarrerak.
 - Talde elektrogenoa edota iturri erredundantea.
 - EES.
- Transformatzailearen alarmak:
 - Temperatura.
- Talde elektrogenoaren edota elikatze-iturriaren egoerak eta alarmak:
 - Martxan egotea.
 - Olioaren alarma.
 - Gasolioaren alarma.
 - Temperaturaren alarma.

Circuito	Color
Corriente continua:	Salida convertidores
Corriente alterna:	Tensiones
Corriente alterna:	Intensidades
	Amarillo
	Negro
	Blanco

4.8.4. Proyecto del cableado interno de los cuadros y disposiciones de elementos

El proyecto de este cableado será realizado por el fabricante de los cuadros o suministrador de los equipos.

Los planos a entregar con cada equipo serán:

- Portada de plano donde se indique el cuadro de que se trata.
- Índice de planos en el que figure su número, título de cada plano y revisión en el que se encuentra.
- Esquemas unifilares.
- Esquemas trifilares y del control en función del aparellaje y relés utilizados.
- Disposición física de aparatos, con indicación de números funcionales, marca, tipo y características de fabricación y denominaciones para cableado.
- Borneros de fuerza con su identificación.
- Borneros de control con su identificación.
- Listas de cables con referencia de las bornas de los cuadros a los que se conectan y referencia de los equipos a los que alimentan.
- Hojas de cableado del interior de los cuadros, con sistemas de cableado de doble entrada que requiere la identificación cruzada de origen y destino en ambos extremos del cable, sección de cable y color de identificación.

5. CONTROL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía debe estar disponible en todo el viario y ser monitorizada por el sistema de control, asegurando su disponibilidad continua en todos los puntos en que sea necesaria y en el momento en que sea preciso. Para hacer seguro el suministro de energía, éste está diseñado con una fuente principal de energía, una fuente redundante y un sistema de conmutación que hace seguro el relevo de una fuente por otra, en caso de fallo en el suministro de la primera. Además, un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) proporciona energía estabilizada en tensión y frecuencia y asegura el funcionamiento de los equipos de mayor responsabilidad en el momento de la conmutación, que puede llevar algunos minutos, y en caso de eventual fallo de las dos fuentes.

Se debe diseñar los sistemas de energía y de control para que este último monitorice las instalaciones de energía, asegurando de esa forma una información al operador en tiempo real de las causas de una eventual avería. Para ello se instalarán sensores para que al menos se dispongan de las siguientes señales:

- Automáticos generales en los cuadros Generales de Baja Tensión.
- Magnetotérmicos y diferenciales de cada cuadro.
- Estación de medida con conexión RS485:
 - Entradas de la red.
 - Grupo electrógeno/fuente redundante.
 - SAI.
- Alarmas del transformador:
 - Temperatura.
- Estados y alarmas del grupo electrógeno/fuente de alimentación:
 - Estado en marcha.
 - Alarma aceite.
 - Alarma gasóleo.
 - Alarma temperatura.

- EESren egoerak eta alarmak:
 - Berehalako geldialdiaren alarma.
 - Gainkargaren alarma.
 - Sareko funtzionamendua.
 - Bateriako funtzionamendua.
 - Eskuzko by passeko funtzionamendua.
 - Bateriaren karga neurtzea.
- Sarea, taldea, EES konmutatzeko alarma. EESk komunikazioa izango du RS485 delakoaren bidez.

6. MANTENIMENDUA

Argien instalazioetako mantentze-lan espezifikoak edozein direla ere, akats elektrikoak aztertu behar dira; izan ere, akatsak gertatzen dira, normalean, hodiak eta sare elektrikoak zaharrak direlako, kontaktu elektrikoak herdoilduta eta lasai daudelako, lurrerako sistemak eta dispositiboak akatsak dituztelako, lanen ondorioz hodiak hautsi direlako, lurra mugitu delako, etab.

Era horretako instalazioak behar bezala mantendu behar dira nahitaez, honako arrazoi hauek direla eta: era horretako instalazioak aire zabalean jartzen direlako, horietako zati batzuk eskuragarri egoiteak eragiten dituen arriskuengatik eta instalaziook bide-segurtasunaren eta pertsonen eta ondasunen segurtasunaren arloan betetzen duten eginkizun garrantzitsuegatik.

Hortaz, denboraren joan-etorriarekin instalazio elektrikoak hondatu ez daitezten, behar bezalako mantentze bikoitza egingo da; batetik, mantentze pribatiboa deritzona, denboraren programazioa eginda jarduketa sistematikoki jakin batzuk burutzean datzana, eta, bestetik, mantentze zuzentzailea, matxuratutako instalazioak konpontzeko edo kalteturiko instalazioak funtzionamendu-egoera egokira itzultzeko beharrezko eragiketak biltzen dituen. Baldin eta mantentze prebentiboa behar bezala eta erregularitasunez egiten bada, mantentze zuzentzaileari dagozkion eragiketak ez dira hain garrantzitsuak izango eta ez dira hain maiz egingo.

Honako jarduera hauek barne hartuko dituzte mantentze prebentiboko lanek:

- Armairuak egiaztatzea, artatzea eta garbitzea.
- Tokiko edota urrutiko funtzionamendua egiaztatzea.
- Automatismoa egiaztatzea.
- Kanalizazio elektrikoak egiaztatzea eta artatzea.
- Goi-tentsioko eta behe-tentsioko lineen isolamendu elektrikoak neurtzea.
- Behe-tentsioko instalazioetan elektrizitatea banatzeko zentroen eta transformazio-zentroen lurreko sareak neurtzea (urtero).
- Pasoko tentsioak, kontaktukoak eta transferiturikoak neurtzea, instalazioa abiarazi baino lehen eta gutxienez hiru urterik behin egin beharrekoa.

Mantentze zuzentzaileko eragiketetan, trafiko istripuaren, ekintza bandalikoaren eta abarren ondorioz akatsak dituen edozein material aldatuko da eta instalazio elektrikoak osatzen dituzten elementuen akats elektrikoek edo mekanikoek eragindako matxurak konpontzeko dira gehienez 24 orduko epearen barruan.

6.1. Mantentze prebentiboaren programazioa

Ondorengo programazioa barne hartuko du mantentze prebentiboak, bertan agertzen diren eragiketen aldizkakotasunarekin:

1. Goi-tentsioko sistema:
 - GTAn adierazitakoaren arabera gutxienezko berrikuspenak.
 - Neutroaren, burdineriaren eta BTaren urteroko lurren neurketa.
2. Behe-tentsioko sistema:
 - BTAn adierazitakoaren arabera gutxienezko berrikuspenak.

- Estados y alarmas del SAI:
 - Alarma parada inminente.
 - Alarma sobrecarga.
 - Funcionamiento en red.
 - Funcionamiento en batería.
 - Funcionamiento en by pass manual.
 - Medida de la carga de las baterías.
- Alarma de conmutación red, grupo, SAI. El SAI dispondrá de comunicación vía RS485.

6. MANTENIMIENTO

Independientemente de las labores de mantenimiento específicas de la instalación de alumbrado se deben contemplar los fallos eléctricos cuyas causas más frecuentes hay que encontrarlas en el envejecimiento de los conductores y redes eléctricas, en la oxidación y aflojamiento de los contactos eléctricos, defectos en los dispositivos y sistemas de puesta a tierra, a las roturas de conductores debidas a trabajos, deslizamientos de terreno, etc.

La peculiar implantación de este tipo de instalaciones a la intemperie, el riesgo que implica que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, así como la función importante que dichas instalaciones desempeñan en materia de seguridad vial, así como de las personas y los bienes, obligan a establecer un correcto mantenimiento de las mismas.

Por tanto, al objeto de evitar la degradación de las instalaciones eléctricas en el transcurso del tiempo, se realizará un adecuado doble mantenimiento, el denominado preventivo que establecerá una programación en el tiempo consistente en efectuar sobre las instalaciones un cierto número de intervenciones sistemáticas, y el mantenimiento correctivo, que comprenderá una serie de operaciones necesarias para reponer las instalaciones averiadas o que han sufrido deterioro a un correcto estado de funcionamiento. Cuando se lleve a cabo correctamente y de forma regular el mantenimiento preventivo, las operaciones de mantenimiento correctivo serán menos importantes y frecuentes.

Los trabajos de mantenimiento preventivo comprenderán los siguientes:

- Verificación, conservación y limpieza de armarios.
- Verificación de funcionamiento local/remoto.
- Verificación y comprobación de automatismos.
- Verificación y conservación de las canalizaciones eléctricas.
- Medida de aislamiento eléctrico de líneas de Alta y Baja Tensión.
- Medida de redes de tierras en centros de transformación y centros de reparto a instalaciones de Baja Tensión (todos los años).
- Medida de tensiones de paso, contacto y transferidas, a realizar antes de la puesta en marcha y al menos cada tres años.

Las operaciones de mantenimiento correctivo consistirán en reemplazar cualquier material defectuoso como consecuencia de un accidente de tráfico, actos de vandalismo, etc. y en reparar las averías ocasionadas por fallos eléctricos o mecánicos de los elementos que componen las instalaciones eléctricas, en un plazo no superior a las 24 horas.

6.1. Programación del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo comprenderá la siguiente programación con la periodicidad en las operaciones que se indican:

1. Sistema de Alta Tensión:
 - Revisiones mínimas según se indica en el RAT.
 - Medición de tierras de neutro, herrajes y BT anual.
2. Sistema de Baja Tensión:
 - Revisiones mínimas según se indica en el RBT.

3. Behe-tentsioko koadro orokorrak eta bigarren mailakoak, Aginte eta Neurketa Zentroak:

- Armairua urtean behin berrikustea.
 - Babesak urtean behin egiaztatzea (etengailuak eta fusibleak).
 - Instalazioa lurtean ezartzeko sistema egiaztatzea urtean behin.
 - Instalazioa pizteko eta itzaltzeko dispositiboa kontrolatzea 6 hilean behin.
- ### 4. Instalazio elektrikoa:
- Elikatze-tentsioa erregistratzea 6 hilean behin, 24 orduz.
 - Potentzia-faktorea erregistratzea 6 hilean behin, 24 orduz.
 - Lurreko harguneak urtean behin berrikustea.
 - Linearen lurrarekiko linearen jarraikortasuna egiaztatzea, urtean behin.
 - Lurreko konexioaren sistema orokorra kontrolatzea, urtean behin.
 - Potentzia eta kontroleko konexioak egiaztatzea.
 - Hodien isolamendua egiaztatzea, urtean behin.
 - Sei hilean behin garbitzea.

Mantentze prebentiboaren programazioan ezarritako ekintzei kalterik egin gabe, horniduraren tentsioak, intentsitateak, potentzia-faktorea, etab. neurtuko dira aldian-aldian; urtean behin, gutxienez.

Prebentziorako mantentze-lanak planifikatzeko, kontuan hartu behar dira energia-eraginkortasunari buruzko 1890/2008 EDaren 12. artikuluko betekizunak, eta mantentze-lan horiek dekretu horretan aurreikusitako argiztapen-neurketekin batera planifikatuko dira, zeregin horiek antzeko baldintzetan gauzatzeko eta neurketak urte desberdinetan egindakoekin alderatu ahal izateko.

Energia Eraginkortasunaren Araudian adierazten den bezala, mantentze-lanak eta horien emaitzak erregistratu egin behar dira, arazoan trazagarritasuna izateko, baita mantentze-lanen jarraipena izateko edo/eta behin baino gehiagotan agertzen diren matxura posibleak identifikatzeko ere.

6.1.1. *Mantentze-lan zuzentzailea*

Instalazio elektrikoetako matxurak antzemateko eta konpontzeko beharrezko eragiketak barne hartzen ditu, eta haren helburuak matxurak arin antzematea eta kostu txikiko jarduketak burutzeko izango dira, betiere era horretako instalazioen segurtasuna hobetuko duen konponketaren kalitate ona izanik; gainera, kudeaketa zentralizatuko sistemak jar daitezke. Honako hauek sartzen dira, era berean, konponketa lanetan: matxuraturiko elementuak aldatzea edo konpontzea, matxuraren eragileak desagerrarazi direla egiaztatzea eta matxurarik berriz ez gertatzeko ahaleginak egitea.

6.2. *Energia-eraginkortasunari buruzko irizpideak*

Energia-eraginkortasunaren irizpideek argiztapen publikoko instalazioen energia-eraginkortasunari buruzko 1890/2008 EDan adierazitakoa bete behar dute, eta, oro har, honako baldintza hauek bete behar dituzte:

- Ibilgailuentzako abiadura handiko bideetarako ezarritakoak izango dira argiztapen-mailak, proiektuko egoerari dagozkionak, eta ahal dela ez dira aipaturiko maila horiek gaindituko.
- Argi-eraginkortasun handiena ematen duten lanpara-motak erabili behar dira kolore-errendimenduaren, batzaz beste iraupenaren, eta abarren mugen barruan.
- Lanparek emandako argi-fluxua behar bezala aprobetxatzea ahalbidetuko dute argiztapen publikoko instalazioen diseinuak eta luminarien errendimenduak; horretarako, proiektuko kalkuluak eta abiarazi baino lehen egin beharreko

3. Cuadros de Baja tensión general y secundarios, Centros de Mando y Medida:

- Revisión del armario 1 vez al año.
 - Verificación de protecciones (interruptores y fusibles) 1 vez al año.
 - Comprobación de la puesta a tierra 1 vez al año.
 - Control dispositivo encendido /apagado instalación una vez cada 6 meses.
- ### 4. Instalación Eléctrica:
- Registro de tensión de alimentación una vez cada 6 meses, durante 24 horas.
 - Registro del factor de potencia una vez cada 6 meses, durante 24 horas.
 - Revisión de las tomas de tierra 1 vez al año.
 - Verificación de la continuidad de la línea de enlace con tierra 1 vez al año.
 - Control del sistema global de puesta a tierra de la instalación 1 vez al año.
 - Verificaciones de las conexiones de potencia y control.
 - Comprobación del aislamiento de los conductores 1 vez al año.
 - Limpieza cada seis meses.

Sin perjuicio de las acciones establecidas en la programación del mantenimiento preventivo, periódicamente, y como mínimo anualmente, se medirán las tensiones de suministro, intensidades, factor de potencia, etc. dejando registro histórico de las mismas.

Se deberá tener en cuenta para planificar el mantenimiento preventivo las exigencias de RD 1890/2008, artículo 12, sobre eficiencia energética y planificar este mantenimiento en conjunto con las mediciones de iluminación previstas por este decreto, para realizarlas en similares condiciones y poder contrastar las medidas con las realizadas en diferentes años.

Tal y como indica el Reglamento de Eficiencia Energética se deberá dejar registro de los trabajos de mantenimiento y sus resultados a fin de tener una trazabilidad de los problemas, seguimiento del mantenimiento y/o identificar posibles averías recurrentes.

6.1.1. *Mantenimiento correctivo*

Comprenderá las operaciones necesarias para la detección y reparación de las averías en las instalaciones eléctricas, y sus objetivos serán la rapidez en la detección y actuación a un coste bajo, con una buena calidad en la reparación que mejore la seguridad de este tipo de instalaciones, pudiendo implantarse sistemas de gestión centralizada. La reparación incluirá además de la sustitución o arreglo de los elementos averiados, la comprobación de la eliminación de las causas de la avería, evitando su repetición.

6.2. *Criterios de eficiencia energética*

Los criterios de eficiencia energética se han de ajustar a lo indicado en el RD 1890/2008 sobre eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público y como carácter general los siguientes:

- Los niveles de iluminación serán los establecidos para las vías de tráfico rodado de alta velocidad correspondientes a situaciones de proyecto y se evitará superar los mismos.
- Deberán utilizarse, dentro de los límites de rendimiento de color, vida media, etc., los tipos de lámparas de mayor eficacia luminosa.
- El diseño de la instalación de alumbrado público y el rendimiento de las luminarias permitirán el óptimo aprovechamiento del flujo luminoso emitido por las lámparas, para ello se tomará base los cálculos de proyecto y los dossier

neurketeki buruzko dossierrak hartuko dira oinarritzat, eta gutxienez urtean behin egin beharreko neurketak gehituko zaizkio dossierrari. Urteko neurketa horiek instalazioak dituen beharrak utziko ditu agerian beiren garbiketari, itxierari, eta abarri dagokienez.

- Argien maila erregulatzeko sistemak aurreikusiko dira, kontsumo-ekonomiarako komenigarriak izan daitezkeenak.
- Ahal denean, halako moldez eraikiko dira galtzadetako zoladurak non luminantzia-koefiziente altua edo Qo argitasun-gradu ertaina ahalbidetuko baitute, baita S1 espekulazio-faktore baxua ere. Hortaz, energia-ehuneko jakin bat aurreztuko da.
- Instalazioari berari dagozkion galerak mugatuko dira, bereziki horniduraren tentsio handiegia dela-eta elikatze lineetan eta kontsumoetan Joule efektuak eragindakoak.
- Instalazioko osagarrien kalitateak eta egokitzapenak ez du disfuncziorik eragin behar, kontsumoa igoaraz dezaketen disfunczioak hain zuzen ere.
- Hilero zainduko da faktura elektrikoa, pizteko eta itzaltzeko sistemen eraginkortasuna kontrolatuz egun eguzkitsuen, egun lainotuen, egunsentiaren edo iluntzearen eta gidatuko argiteria modernoko fluxuaren erregulazioaren arabera.
- Lineen banaketa eta maniobrako dispositiboak lagungarriak izango dira aldi batez argirik behar ez den aldeetan ez jarzteko.
- Itzaltze eta pizte sistemek ez dute instalazioen funtzionamendu-denbora beharrezkoa izan gabe luzatu behar.
- Energiaren potentzia kontrolatzeko eta neurtzeko dispositiboak instalazioaren ezaugarrietarako eta aurreikusitako kontratazio-motarako egokienak direnak izango dira betiere.
- Ahal dela ez da energia erreaktiboa kontsumituko.
- Instalazio bakoitzerako kontratazio tarifarik egokiena aukeratu behar da eta hilero kontrolatu behar da faktura elektrikoa egokia den ala ez.

Aipatutakoaz gain, energia-eraginkortasunari buruzko 1890/2008 EDaren 12. artikuluan adierazitakoa bete beharko da.

Hasiera-hasieratik, instalazioen artapena eta mantentzea hartuko dira aintzat eta programatuko dira.

de mediciones a realizar antes de la puesta en marcha, que se compararán con mediciones a realizar cuando menos una vez al año. Estas mediciones anuales marcarán las necesidades de la instalación en cuanto a limpieza de vidrios, cierre, etc.

- Se preverán los sistemas de regulación del nivel de iluminación que puedan ser convenientes a la economía de consumo.
- Cuando sea posible, sería recomendable la construcción de los pavimentos de las calzadas que permitan un elevado coeficiente de luminancia medio o grado de luminosidad Qo y un factor especular S1 bajo y, por tanto, un porcentaje de ahorro energético.
- Se limitarán las pérdidas propias de la instalación, especialmente las debidas al efecto Joule en líneas de alimentación y los consumos por sobretensión de suministro.
- La calidad y adecuación de los componentes de la instalación evitarán disfuncionalidades que puedan repercutir en incrementos de consumo.
- Se vigilará mes a mes la factura eléctrica controlando la eficaz actuación de los sistemas de encendidos y apagados en función de días soleados, nublados, crepúsculo o nocturno y la regulación del flujo en alumbrado moderno de guiado.
- La distribución espacial de líneas y dispositivos de maniobra facilitarán la exclusión de zonas donde el alumbrado no sea necesario temporalmente.
- Los sistemas de encendido y apagado deberán evitar la prolongación innecesaria de los periodos de funcionamiento de las instalaciones.
- Los dispositivos de control de potencia y medición de energía serán los adecuados a las características de la instalación y a la modalidad de contratación prevista.
- Se evitará el consumo de energía reactiva.
- Deberá seleccionarse la tarifa de contratación más adecuada a cada instalación y controlar mes a mes la idoneidad de la factura eléctrica

Además de lo indicado anteriormente se deberá cumplir con el RD 1890/2008 Reglamento de Eficiencia Energética en el artículo 12.

Desde el instante inicial, se considerarán y programarán la conservación y mantenimiento de las instalaciones.

I. ERANSKINA

Kontrola eta zirkuitu elektrikoak	Kable mota			Elikadura		
	SZ1-K	RZ1-K	RVK / Buprenoa	Normala	Taldea	EES
Indarreko Kableak eta Argiztapena						
<i>Elektrizitatea</i>						
Hargunea Babes Kutxa kutxarako Hargunera BTan (barrualdeko inst. kasuan).....	x					
Hargunea Babes Kutxa kutxarako Hargunera BTan (kanpoaldeko inst. kasuan).....			x			
Trafo Hargunea TBKO koadroa (hornidura GTan).....	x					
Hargunea Multzoa TBKO koadroa.....	x					
EES Hargunea (Sarrera Irteera).....	x					
Larrialdietarako zerbitzuak edo/eta oinarritzekoak dituzten azpi-koadroetarako harguneeak.....	x					
Larrialdietarako zerbitzuak edo/eta oinarritzekoak ez dituzten azpi-koadroetarako harguneeak.....		x				
<i>Argiztapena</i>						
Harguneeak eta argiztapen linea lagungarriak (hodeiak, eguzkia).....		x		x		
Harguneeak eta etengabeko argiztapen lineak.....		x		x		
Harguneeak eta larrialdietarako argiztapen lineak.....	x					x
Harguneeak eta ebakuazioko argiztapen lineak (autonomoak).....	x					x
Ebakuazio-seinaleztapeneko elementuen lineetarako harguneeak (ariadna haria, paper fotolumineszenteak, adierazleak, ebakuazio-ahoetako argiztapen lagungarria...)	x					x
Kanpoko argiztapenerako harguneeak (tunelaren barruan badoaz).....		x				
Kanpoko argiztapenerako harguneeak (tunelaren kanpoan badoaz).....			x			
Kanpoko argiztapenerako harguneeak (kanalizazio lurperatua).....			x			
Argiztapena aho bakoitzean.....			x	x	x	
<i>Aireztapena</i>						
Keen kontroleko haizagailuetarako harguneeak.....	x				x	
Galerien presurizazioarako haizagailuetarako harguneeak.....	x					x
Motorretarako harguneeak edo/eta tranpolen, sareten... eragingarrietakoak.....	x					x
Detektoreen elikadura (opazimetroak, anemometroak...).....	x					x

Kontrola eta zirkuitu elektrikoak	Kable mota			Elikadura		
	SZ1-K	RZ1-K	RVK / Buprenoa	Normala	Taldea	EES
PCI						
Sute-zentraletarako eta azpi-zentral banatuetarako harguneak	x					x
Ponpa eta presio-multzoetarako harguneak	x				x	
Tuneleko balbula-mozketa maniobrarako elementuetarako harguneak	x					x
ITS						
Megafonia zentralerako hargunea.....	x					x
CCTV zentralerako hargunea	x					x
GAD zentralerako hargunea	x					x
SOS zutoinetarako bigarren mailako koadroetarako harguneak.....	x					x
CCTV kameretarako bigarren mailako koadroetarako harguneak	x					x
Barrerak		x				x
Ahoko semaforoak		x				x
Kanpoko informazio-panelak.....					x	
Barruko informazio-panelak		x			x	
Kontrolako kableak eta komunikazioak						
Elektrizitatea						
.....						
Argiztapena						
.....						
Aireztapena						
Haizagailuetarako zunden kontrolerako kableak.....	x					
Instrumentazio seinalearen kableak	x					
PCI						
Detektoreen lineak		x				
Komunikazio-lotura zentralak	x					
ITS						
SOS zutoinen komunikazio-kableak	x					
CCTV Bideo kableak.....	x					
Megafonia bozgorailuak kableak.....	x					
Komunikazioak (Busak kobrezkoak eta F.O.)						
Guztiak.....	x					

ANEXO I

Circuitos eléctricos y de control	Tipo cable			Alimentación		
	SZ1-K	RZ1-K	RVK / Bupreno	Normal	Grupo	SAI
Cableados de fuerza e iluminación						
Electricidad						
Acometida Caja Protección a cuadro Acometida en BT (en caso de inst. interior).....	x					
Acometida Caja Protección a cuadro Acometida en BT (en caso de inst. exterior).....			x			
Acometida Trafo cuadro CGBT (suministro en AT)	x					
Acometida Grupo cuadro CGBT	x					
Acometida SAI (Entrada Salida)	x					
Acometidas a subcuadros que tengan servicios de emergencia y/o esenciales.....	x					
Acometidas a subcuadros sin servicios de emergencia y/o esenciales		x				
Alumbrado						
Acometidas y líneas alumbrado refuerzo (nublado, soleado)		x		x		
Acometidas y líneas alumbrado permanente.....		x		x		
Acometidas y líneas alumbrado emergencia	x					x
Acometidas y líneas alumbrado evacuación (Autónomas)	x					x
Acometidas a líneas de elementos de señalización evacuación (Hilo ariadna, paneles fotoluminiscentes, ... indicadores , refuerzos alumbrado bocas evacuación...)	x					x
Acometidas a alumbrado exterior (en caso de recorrido por el interior del túnel)		x				
Acometidas a alumbrado exterior (en caso de recorrido exterior del túnel).....			x			
Líneas de alumbrado exterior (canalización enterrada).....			x			
Alumbrado en cada una de las bocas.....			x	x	x	
Ventilación						
Acometidas a ventiladores control de humos	x				x	
Acometidas a ventiladores presurización de galerías.....	x					x
Acometidas a motores de y/o actuadores de trampillas, rejillas etc.	x					x
Alimentación a detectores (opacímetros, anemómetros ...)	x					x
PCI						
Acometida a central de incendios y subcentrales distribuidas.....	x					x
Acometidas a bombas y grupos de presión.....	x				x	
Acometidas a elementos de maniobra de seccionamiento de valvulería en túnel.....	x					x
ITS						
Acometida a central Megafonía	x					x
Acometida a central CCTV	x					x
Acometida a central DAI	x					x
Acometidas de cuadros secundarios a postes SOS.....	x					x
Acometidas de cuadros secundarios cámaras CCTV	x					x
Barreras		x				x
Semáforos boca.....		x				x
Paneles informativos exteriores					x	
Paneles informativos interiores.....		x			x	

Circuitos eléctricos y de control)	Tipo cable			Alimentación		
	SZ1-K	RZ1-K	RVK / Bupreno	Normal	Grupo	SAI
Cableados control y comunicaciones						
<i>Electricidad</i>						
.....						
<i>Alumbrado</i>						
.....						
<i>Ventilación</i>						
Cables control de sondas a ventiladores						
Cables señal instrumentación						
<i>PCI</i>						
Líneas de detectores						
Lazos de comunicación centrales						
<i>ITS</i>						
Cables comunicación postes SOS						
Cables Video CCTV						
Cables altavoces Megafonía						
Comunicaciones (Buses en cobre y F.O.)						
Todos						

III. ERANSKINA ARGIZTAPENA

1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jartzean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan energia elektrikoaren horniduraren instalazioek bete behar dituzten xedapen eta zehaztapen teknikoak definitzea da.

Dokumentu honen helburua da Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburu hauek erdiestea:

- Tunelen plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eskuragarri jarri nahi da, nork bere etapan diseinuaren, eraikuntzaren, zerbitzuan jartzearen eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezan segurtasunaren eskakizunei buruz; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.
- Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea; hala, eskatzekoa den legezko eremu gisa balioko du.
- Zerbitzu-maila altuari eustea errepideetako tunelen ustiapenean, tunelen barruko aldeetan pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetzeko, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobea izan dadin lagungarria izateko ere.

2. IRISMENA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiatu ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitzeko fasean, proiektu fasean edo planeamenduko fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepideei buruzko martxoaren 24ko 2/2011 Foru Arauan ezarritakoaren arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaez bete beharreko segurtasun-baldintzak zehaztu ditu.

Praktikan betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurriz kanpokoa izanez gero, Administrazio Agintaritzak arriskua murrizteko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurriok segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak ikuskatuko du; Segurtasun Irizpena bidaliko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balo-

ANEXO III ALUMBRADO

1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones de alumbrado y suministro de energía eléctrica en los túneles en explotación, puesta en servicio, construcción, proyecto, y planeamiento perteneciente al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia, a saber:

- Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción, puesta en servicio y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.
- Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.
- Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

2. ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/2011, del 24 de marzo de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

En el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Segu-

razioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratistaren edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepide-etako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen-organismoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-, gainbegiratzeko eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erreiak ixtea, seinaleak jartzea).

3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Jarraian, dokumentu honetan aplikatu beharreko arauak eta araudiak aipatzen dira:

- Zentral elektrikoak, azpiestazioen eta transformazio zentroyen baldintza teknikoak eta segurtasun bermeei buruzko araudia. (Industria eta Energia Ministerioa).
- Behe-tentsiorako Araudi Elektroteknikoa. Jarraibide tekniko osagarriak. (Zientzia eta Teknologia Ministerioa). Abuztuaren 2ko 842/2002 Dekretua, 2002ko irailaren 18ko 224 zk.ko «BOEren» gehigarria.
- Errepideak eta tunelak argiztatzeko gomendioak (Sustapen Ministerioa – 1999).
- Guide for the lighting of road tunnels and underpasses. (Argitalpena CIE 88 – 2004).
- Road lighting – Part 1: Selection of lighting classes. (DRAFT prEN 13201-1 – 1998).
- Road lighting – Part 2: Performance requirements. (DRAFT prEN 13201-2 – 2003).
- Road lighting – Part 3: Calculation of performance. (DRAFT prEN 13201-3 – 2003 + EN 13201-3/AC:2005).
- Road lighting – Part 4: Methods of measuring the light performance of installations. (DRAFT prEN 13201-4 – 2003).
- DIN 67524 standard alemana (1972ko edizioa).
- CIEren argitalpena, 33/AB-1977. Herri Argiterien instalazioen balio galera eta mantentzea.
- CIEren argitalpena, 34-1977. Argiteriaren instalazioetarako luminariak. Datu fotometrikoak, sailkapena eta jokabidea.
- CIEren argitalpena, 61-1984. Tunelen sarreratako argiztapena.
- CIEren argitalpena, 88-2004. Errepideko tunelak eta lur azpiko pasabideak argiztatzeko gida.
- UNE arauak.
- Europako Parlamentuak eta Kontseiluak 2004ko apirilaren 29an emandako 2004/54/CE Zuzentaraua, errepideen Europaz gairako sarearen tuneletarako segurtasunari buruzko gutxieneko eskakizunen gainekoa. 500 m-tik gorako tunelei aplikatu beharrekoa.
- Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tunelen segurtasunerako gutxieneko baldintzei buruzkoa.
- 635/2006 Errege Dekretuan jasotako okerren zuzenketa.
- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa.
- Azaroaren 14ko 1890/2008 Errege Dekretua, kanpoko argiztapenaren instalazioen energia eraginkortasunari buruzko Araudiaren ingurukoa, eta horren jarraibide tekniko osagarriak, EA01, 02, 03, 04, 05, 06 eta 07.
- CIEren 115-2010 argitalpena. Errepideetako argiztapena, trafikorako eta oinezkoentzat.
- CIEren 189:2010 argitalpena. Tuneletako argiztapenaren kalitate-irizpidearen kalkulua.
- CIEren 144-2001 argitalpena. Errepideko marken eta errepidearen azaleraren isla-ezaugarriak.

riedad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

A continuación se citan Normas y Reglamentos de referencia aplicables en este documento:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. (Ministerio de Industria y Energía).
- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión. Instrucciones Técnicas complementarias. (Ministerio de Ciencia y Tecnología). Decreto 842/2002 de 2 de agosto, «B.O.E.» suplemento del número 224 de 18 de septiembre de 2002.
- Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles (Ministerio de Fomento - 1999).
- Guide for the lighting of road tunnels and underpasses. (Publicación CIE 88 - 2004).
- Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes. (DRAFT prEN 13201-1 - 1998).
- Road lighting - Part 2: Performance requirements. (DRAFT prEN 13201-2 - 2003).
- Road lighting - Part 3: Calculation of performance. (DRAFT prEN 13201-3 - 2003 + EN 13201-3/AC:2005).
- Road lighting - Part 4: Methods of measuring the light performance of installations. (DRAFT prEN 13201-4 - 2003).
- Standard Alemán DIN 67524 (edición 1972).
- Publicación CIE número 33/AB-1977. Depreciación y mantenimiento de Instalaciones de Alumbrado Público.
- Publicación CIE número 34-1977. Luminarias para instalaciones de Alumbrado. Datos fotométricos, clasificación y comportamiento.
- Publicación CIE número 61-1984. Iluminación en la entrada a túneles.
- Publicación CIE número 88-2004. Guía para la iluminación de túneles de carretera y pasos subterráneos.
- Normas UNE.
- Directiva 2004/54/CE del parlamento Europeo y del consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras. Aplicable a túneles de más de 500 m.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 635/2006.
- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, sobre el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA01,02,03,04,05,06 y 07.
- Publicación CIE número 115-2010. Alumbrado de carreteras para tráfico de vehículos y peatones.
- Publicación CIE número 189:2010. Cálculo del criterio de calidad del alumbrado de túneles.
- Publicación CIE número 144-2001. Características de reflexión de las marcas de la carretera y de la superficie de la carretera.

4. TUNELETAKO ARGIAK

4.1. Argiztapen-motak

Hiru argiztapen-mota daude: arrunta, larrialdietakoa eta ebakuaziorakoa.

- Argiztapen arrunta eskainiko da gidariek egunez nahiz gaez tunelaren sarreran ikusmen egokia izan dezaten, bai eta iragabideetan eta alderdi zentrolean ere.
- Larrialdietako argiztapena eskainiko da tuneleko erabiltzaileek energia elektrikoaren hornidura matxuraturaz gero beren ibilgailuetan kanporatu ahal izateko gutxienezko argia izan dezaten.
- Ebakuazioetarako argiztapena 1,5 metrotik behera egongo da kokaturik, eta suteran bat egonez gero tunelaren erabiltzaileak oinez tunela ebakutzeko gidatzeko moduan proiektatuko da.

I. motako tuneletan hiru motetako argiztapena egongo da.

II. eta III. motako tuneletan hiru argiztapen-motak ezarriko dira, eta gainerakoan argiztapena ezartzeko beharrezana aztertuko da, jarraibide honetan ezarritakoa kontuan izanda.

4.2. Sarrera

Tunelera hurbildu, tunelean sartu eta bertatik irteteko beharra da tunelean argiztapen sistema bat jartzeko arrazoi nagusia, betiere eguneko eta gaueko baldintza onetan eta abiadura jakin batean; hala ere, segurtasun eta erosotasun maila aire zabaleko errepidekoari dagokiona bezain handia izango da.

Egun argiz tunelean ibilgailua gidatzeak dakartzan arazoak eta gaez aire zabalean gidatzeak planteatzen dituenak erabat ezberdinak dira; izan ere, gizakiaren begiak tunelaren barruan dauden luminantzia-maila baxuen eta kanpoan dauden luminantzia-maila altuen arteko diferentzietara egokitu beharra du. Horren guztiaren ondorioz, «zulo beltzaren efektua» deritzona eragiten du diferentzia horrek, eta efektu horrek galarazi egiten die gidariei tunelaren barruko aldea ikustea egunez tunelaren ahotik distantzia jakin batera daudenean.

Luminantziari dagokionez, berriz, hiru alde bereizten dira tuneletan: sarrerakoa, atalaseko aldeak eta trantsizioko aldekoak, barrualdekoak eta, azkenik, irteerako aldea. Arrazoi ekonomikoak tartean direla, ezinezkoa da tuneleko sarreretan kanpoko aldean egunez dagoen antzeko egoera ezartzea (sarrerakoa); izan ere, 100.000 luxerainoko balioak izan daitezke bertan.

Tuneleko sarreraren ondoan dagoen atalaseko aldean, gutxi gorabehera segurtasun distantziaren luzera berdina izanik, halako moldez diseinatuko da argiztapena non galtzadako balizko oztopoak nahikoa ondo ikusteko modua ziurtatuko baita, nahiz eta hasieran kanpoko aldean (sarreran) dauden argiztapen-mailak bat-batean murriztu; maila hori, dena dela, onargarria da. Atalaseko bigarren zatian murriztu egiten dira argiztapen-mailak pixkanaka.

Hurrengo aldearen edo trantsizioko aldearen luzera aldatu egiten da zirkulazio abiaduraren arabera, eta bertan jarri beharreko argiteria honako egokitzapen-efektu hau arintzeko modukoa izango da: oso argiztapen-maila altutik, bat-batean, nahikoa maila baxuagora igarotzea, baina argiztapen-mailak pixkanaka txikituz joango dira harik eta begia egokitzeko prozesua osatu arte barruko aldera iristean; bertan jarriko da nahikoa argiztapen-maila konstantea duen argiteria.

Gutxi gorabehera segurtasun distantziaren luzera berdina duen irteerako aldean, era berean, argiteria indartu behar da pixkanaka argiztapen-mailak handituz, halako moldez non gidariak hobeto egokitu ahal izango baitira kanpoko argiaren egoerara. Bi norabideko tuneletako irteerako argiteriak sarrerakoaren antzekoa izan behar du.

4. ALUMBRADO DE TÚNELES

4.1. Tipos de Iluminación

Se distinguen tres tipos de iluminación: normal, emergencia y de evacuación.

- La iluminación normal se proporcionará de modo que asegure a los conductores una visibilidad adecuada de día y de noche en la entrada del túnel, en las zonas de transición y en la parte central.
- La iluminación de emergencia se proporcionará de modo que permita una visibilidad mínima para que los usuarios del túnel puedan evacuarlo en sus vehículos, en caso de avería del suministro de energía eléctrica.
- La iluminación de evacuación estará situada a una altura no superior a 1,5 metros y deberá proyectarse de modo que permita guiar a los usuarios del túnel para evacuarlo a pie en caso de incendio.

En los túneles de Tipo I, se dispondrán de los tres tipos de iluminación.

En los túneles de tipo II y III en zona urbana se instalarán los tres tipos de iluminación, en el resto se estudiará su necesidad, según lo indicado en la presente instrucción.

4.2. Introducción

La razón principal por la que un túnel debe ser dotado de un sistema de iluminación se debe a la necesidad de poder aproximarse, atravesar y salir del túnel en condiciones diurnas y nocturnas a una velocidad determinada con una grado de seguridad y confort no inferior a las condiciones en carretera abierta.

La conducción de vehículos a través de los túneles durante las horas diurnas plantea una problemática totalmente diferente a la conducción al aire libre por la noche, que se concreta fundamentalmente en la adaptación del ojo humano a las diferencias existentes entre los elevados niveles de luminancia exteriores y los bajos niveles de luminancia en el interior de los túneles. Todo lo cual da lugar al denominado «efecto agujero negro» que impide, durante el día, que los conductores vean el interior del túnel cuando se encuentran a una cierta distancia de la boca del mismo.

Desde el punto de vista luminotécnico en los túneles se diferencian las siguientes zonas: de acceso, de entrada constituida por las zonas de umbral y de transición, del interior y, finalmente, de salida. Por razones económicas, no es posible reestablecer en la zona de entrada de los túneles condiciones de iluminación idénticas a las existentes durante el día en el exterior (zona de acceso), que pueden alcanzar valores de hasta 100.000 lux.

En la zona de umbral situada justo a la entrada del túnel, con una longitud aproximadamente igual a la distancia de seguridad, el alumbrado durante el día debe dimensionarse de forma que asegure una visión suficiente de eventuales obstáculos sobre la calzada, aunque se produzca una primera reducción brusca de los niveles de iluminación existentes en el exterior (zona de acceso), pero que resulta aceptable. En la segunda parte de la zona de umbral se disminuyen progresivamente los niveles de iluminación.

En la zona inmediata siguiente o zona de transición, de longitud variable en función de la velocidad de circulación, la instalación de alumbrado debe concebirse para paliar el efecto de adaptación por el paso súbito de un nivel de iluminación muy elevado a un nivel bastante bajo continuando con la disminución paulatina de los niveles de iluminación hasta haber completado el proceso de adaptación del ojo al llegar a la zona del interior, donde se instala un alumbrado con un nivel constante de iluminación.

En la zona de salida, con una longitud aproximadamente igual a la distancia de seguridad debe reforzarse de forma asimismo progresiva el alumbrado elevando los niveles de iluminación, de manera que se facilite a los conductores la adaptación a las condiciones luminosas exteriores. En los túneles bidireccionales el alumbrado en la zona de salida será idéntico al de la zona de entrada.

4.3. Ikuspen-arazoak tuneletan

Ikuspenaren inguruko arazoak barruan, indukzio-efektuak eta egokitzapen-efektuak eta errezel-luminantziaren eragina ere sarzzen dira. Horren guztiaren ondorioz, segurtasun distantzia hartu behar da kontuan tuneleko trafikoaren abiaduraren arabera.

4.3.1. Indukzio-efektua

Tunel batera eguneko kanpoko luminantzia altuekin hurbiltzen den gidariaren begiek egokitu beharra dutela-eta, gidariak tuneleko ahoa edo sarrera ikusten duenean, kanpoko irudia jasotzen duen erretinaren zatiak indukzio-efektua eragiten dio tuneleko ahoko irudia jasotzen duen beste zatiari, halako moldez non tuneleko sarre-*ra* «zulo beltz» lez agertzen baita; halakoetan, ezin da xehetasunik bat ere ikusi.

4.3.2. Egokitzapen-efektua

Egokitzapen-efektua deritzonari esker, gizakiaren begiaren sensibilitatea ikuspen-eremuko luminantzia aldatetari egokitu ahal zaio. Halaber, begiaren sensibilitateak ikuspen-eremuko luminantzia aldatetari egokitzeko behar duen denborari egokitzapen denbora deritzo.

Begiaren sensibilitatea ez zaie berehala egokitzen ikuspen-eremuko luminantziaren banaketaren aldaketa bizkorrei; hori dela-eta, ikusmena txikitu egiten da denbora batez, eta uneko itsualdia gertatzen da luminantziaren banaketa bat-batean aldatzen bada.

4.3.3. Errezel-luminantziaren eragina

Ondoren aipatuko ditugunak konbinatuz, tuneleko sarrerako oztopoak ikusteko ahalmena murrizten duen argi-errezela sortzen da: gidariaren begietan dagoen argi parasittoa (foveal errezel luminantzia edo Fry luminantzia), atmosferaren egoera (Atmosfera-*ren* luminantzia) eta ibilgailuko haizetako islapenak (haizetakoen luminantzia).

Tuneleko argiztapenaren eginkizun nagusia uneoro oztopoak ikusteko modua ematea da, eta horretarako, oztopoaren luminantziaren eta tunelaren atzealdeko edo galtzadako luminantziaren arteko diferentzia antzeman behar da.

Definizioz, honelaxe adierazten da kontrastea:

$$C = \frac{L_o - L_f}{L_f}$$

non:

- L_o = Oztopoaren luminantzia.
- L_f = Atzeko aldeko luminantzia.
- C kontrastea positiboa edo negatiboa izan daiteke:
 - $L_o > L_f$ $C > 0$ bada, kontraste positiboa (oztopoa atzeko aldea baino argiagoa).
 - $L_o < L_f$ $C < 0$ bada, kontraste negatiboa (oztopoa atzeko aldea baino ilunagoa).

Tunelaren kasuan, bi kontraste-mota bereizi behar dira: berezkoa edo fisikoa deritzona, C_{int} , oztopoaren ondoan neurtuta, eta erretinako kontrastea, C_R , ibilgailuko gidariaren begitik neurtua. Bi kontraste horien artean errezel-luminantziaren multzoa sartzen da; atmosfera-*ren* luminantzia (L_{atm}), haizetako luminantzia (L_{pb}) eta foveal edo Fry luminantzia (L_f) deritze, gidariaren ikusmena eteten duen errezel-itsualdia eragiten dutenak gidariaren begietan. (Ikus 4.3.3 irudia).

Eguzki argiarekin argiztaturiko partikulak dakartzaten atmosferako aire-geruzek atmosfera-*ren* L_{atm} eragiten dute, atmosfera-*ren* aire-geruza horietako argien errefrakzioa dela-eta. Atmosfera-*ren* egoeraren eta eguzkiaren kokalekuaren arabera da aipaturiko luminantzia.

Haizetako L_{pb} luminantzia ibilgailuetako haizetakoak eragiten du, difrakzio edo erreflexio efektuak sorrarazten ditu eguzkiak ikuspen-eremuan duen kokalekuaren eta haizetakoaren beraren egoeraren, kurbaturaren eta makurduraren arabera.

4.3. Problemática visual en los túneles

La problemática visual en los túneles comprende los efectos de inducción y adaptación, así como la influencia de las luminancias de velo. Todo lo cual exige tener en cuenta la distancia de seguridad en función de la velocidad del tráfico del túnel.

4.3.1. Efecto de inducción

Debido a la adaptación de los ojos del conductor que se aproxima a un túnel a las altas luminancias exteriores diurnas, cuando éste observa la boca o entrada del mismo, la parte de la retina que recibe la imagen del exterior ejerce sobre la otra parte que recibe la imagen de la boca del túnel un efecto de inducción, de forma que la entrada del túnel aparece como un «agujero negro» en el que no se ve ni un solo detalle.

4.3.2. Efecto de adaptación

Es el que permite el ajuste de la sensibilidad del ojo humano a un cambio en la distribución de luminancias en el campo de visión. El tiempo que tarda en producirse la adaptación de la sensibilidad del ojo al cambio en la distribución de luminancias, se denomina tiempo de adaptación.

La adaptación de la sensibilidad del ojo a los cambios rápidos de la distribución de luminancias en el campo de visión no es instantánea, por lo que durante un determinado tiempo la capacidad de visión disminuye, llegando a producirse una ceguera momentánea en el caso de un cambio brusco de la distribución de luminancias.

4.3.3. Influencia de las luminancias de velo

La luz parásita presente sobre el ojo de los conductores (luminancia de velo foveal o de Fry), el estado de la atmósfera (luminancia atmosférica) y los reflejos del parabrisas del vehículo (luminancia del parabrisas), se combinan para formar un velo luminoso que reduce la visibilidad de los obstáculos a la entrada de los túneles.

La razón principal de la iluminación de un túnel es asegurar en todo momento la visibilidad de los obstáculos, lo que exige percibir una diferencia entre la luminancia del obstáculo y la luminancia de fondo o de la calzada y paredes del túnel.

Por definición, el contraste se expresa de la forma siguiente:

$$C = \frac{L_o - L_f}{L_f}$$

donde:

- L_o = Luminancia del obstáculo.
- L_f = Luminancia de fondo.
- El contraste C puede ser positivo o negativo:
 - Sí $L_o > L_f$ $C > 0$ Contraste positivo (obstáculo más claro que el fondo).
 - Sí $L_o < L_f$ $C < 0$ Contraste negativo (obstáculo más oscuro que el fondo).

En el caso de túneles se deben diferenciar dos tipos de contraste: el denominado intrínseco o físico C_{int} , medido junto al obstáculo y el contraste de retina C_R , medido desde el ojo del conductor del vehículo, interponiéndose entre ambos contrastes un conjunto de luminancias de velo denominadas atmosférica L_{atm} , de parabrisas L_{pb} y foveal o de Fry, L_f , que dan origen en el ojo del conductor a un deslumbramiento de velo que perturba la visión. (Ver figura 4.3.3).

Las capas de aire de la atmósfera conteniendo partículas iluminadas por la luz solar dan lugar a la luminancia atmosférica L_{atm} debido a la refracción de la luz en dichas capas de aire de la atmósfera. Depende de las condiciones atmosféricas y de la posición del sol.

La luminancia de parabrisas L_{pb} se produce como consecuencia de la existencia en los vehículos del parabrisas, que provoca efectos de difracción o reflexión según la posición del sol en el campo visual y el estado, curvatura e inclinación del propio parabrisas.

4.3.3. irudia – Atmosferako errezel parasitoak, haizetako errezelak eta fove errezelak

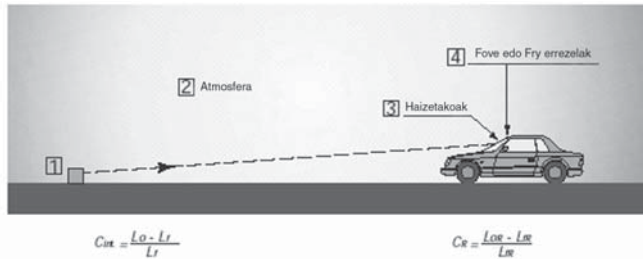
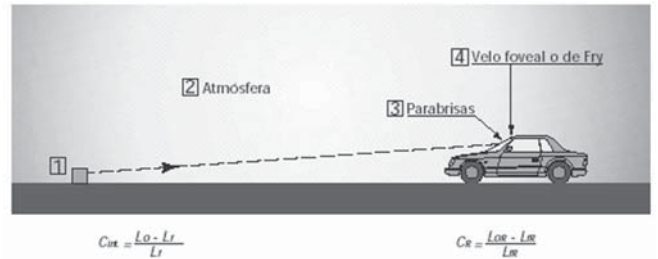


Fig 4.3.3 – Velos parásitos atmosféricos, de parabrisas y de velo foveal



Fove errezel-luminantzia edo Fry luminantzia, L_v , ikuspena ete-tean gertatzen da, noiz-eta ikusi beharrekoarekin zerikusirik ez duen luminantzia batek eragiten duenean eta irudiak antzematea zailtzen denean, begi-globoko ur-humorean argiaren difrakzioak gidariaren begian eragindako argi-errezela dela-eta.

Oztopoaren eta gidariaren artean sartzen diren atmosferako errezel-luminantziak, haizetako luminantziak edo fove edo fry luminantziak oztopoaren C_{int} berezko kontrastea murrizten dute ($C_r < C_{int}$) kontrastearen zeinua aldatu barik betiere, eta oztopoak ikusteko ahalmena txikitzen dute tuneleko sarreretan.

Berezko kontraste horren murrizketa dela-eta, gerta liteke tuneletako sarreraren ikuspena ziurtatzeko modurik ez izatea, eta horren ondorioz, tuneleko atalaseko aldean lortu beharreko luminantzia-balioak nahitaez bikoiztu beharra gerta liteke tunelean argi artifizialak jarrita.

Tunelaren inguruko efektuen ezaugarri nagusiak diren errezel parasitoak edo luminantziak, haizetako luminantziak eta atmosferaren luminantziak, gidariaren ikuspena eteten dutenak, aldatu egiten dira tuneleko aldearen arabera, baita orientazioaren, urtaroren, klimatologiaren, eguneko orduaren eta abarren arabera ere.

4.3.4. Segurtasun distantzia (edo balaztatzeakoa)

Abiadura jakin batean doan ibilgailu batek galtzadako oztopo batekin talka egin baino lehen gelditzeko behar duen distantziari deritzo segurtasun distantzia. Bi batugai ditu distantzia horrek: gidariak oztopoa ikusten duen unetik aurrera ibilgailuak eginiko distantzia, batetik, eta balaztatzeakoa distantzia bera, bestetik.

Ibilgailu bat tunel batera hurbiltzen denean, indukzio-efektuek eta egokitzapen-efektuek eta errezel-luminantziaren eraginak lotura estua dute ibilgailuko gidaria tuneleko ahotik dagoen distantziarekin, hain zuzen ere gutxi gorabehera segurtasun distantziaren (SD) distantzia bereko luzera duen sarrerako aldean.

La luminancia de velo foveal o de Fry, L_v está causada por la perturbación en la visión que induce una luminancia ajena a la tarea visual a realizar, y que dificulta la percepción de las imágenes, debido al velo luminoso producido en el ojo del conductor a causa de la difracción de la luz en el humor acuoso del globo ocular.

Las luminancias de velo atmosférico, de parabrisas y foveal, o de Fry que, se interponen entre el obstáculo y el conductor, reducen el contraste intrínseco C_{int} del obstáculo ($C_r < C_{int}$) sin cambiar el signo del contraste, disminuyendo la visibilidad de los obstáculos a la entrada de los túneles.

Dicha reducción del contraste intrínseco podría ocasionar que no se llegara a asegurar la visibilidad de los obstáculos a la entrada de los túneles, sobre todo en el caso de luminancias de velo fuertes, que podrían obligar a duplicar los valores de luminancia a alcanzar en la zona de umbral del túnel mediante el alumbrado artificial.

Las luminancias o velos parásitos que caracterizan los efectos del entorno del túnel, del parabrisas y de la atmósfera y que perturban la visión del conductor, son variables según la región y zona donde se encuentra el túnel, así como su orientación, la estación del año, climatología, la hora de la jornada, etc.

4.3.4. Distancia de seguridad (o de parada)

Distancia de seguridad (DS) es la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula a determinada velocidad, pueda detenerse antes de alcanzar a un obstáculo situado en la calzada. Dicha distancia consta de dos sumandos: el recorrido del vehículo desde el instante que el conductor divisa el obstáculo hasta que aplica los frenos y la distancia de frenado propiamente dicha.

Quando se aproxima un vehículo a un túnel los efectos de inducción, adaptación y la influencia de las luminancias de velo están íntimamente relacionadas con la distancia a la que el conductor del vehículo se encuentra de la boca de dicho túnel, en la denominada zona de acceso con una longitud aproximadamente igual a la distancia de seguridad (DS).

4.3.4. irudia – Segurtasun distantziak

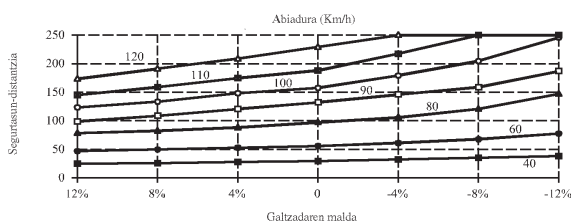
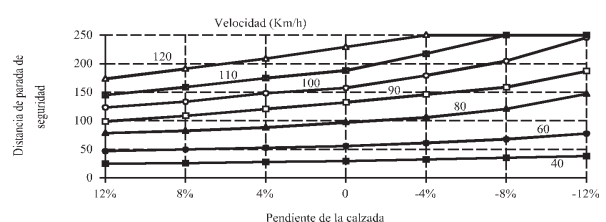


Fig 4.3.4 – Distancias de seguridad



Bi faktorearen araberakoa izango da, funtsean, segurtasun distantzia: ibilgailuaren abiadura eta galtzadaren malda.

Ibilgailuak daraman abiadura zenbat eta handiagoa izan, orduan eta handiagoa izango da segurtasun distantzia (SD), eta horrexegatik hartu behar dira kontuan ondorengo alderdi hauek:

- Oztopo baten pertzepzioa segurtasun distantziaren karra-tuaren alderantzizkoaren proportzionala izango da ($SD \propto v^2$), kontrastea konstantea dela suposatuz.
- Errezel atmosferikoaren luminantzia, L_{atm} , segurtasun distantziaren proportzionala da (SD). Transmisio atmosferikoa $T_{atm} = 10 \cdot kSD$ da.
- Ikusizko egokitzapen-abiadura ibilgailuaren hurbiltze-abiadurarekin dago lotuta betiere.

La Distancia de Seguridad depende fundamentalmente de dos factores: velocidad de circulación del vehículo y pendiente de la calzada.

Quando mayor es la velocidad de un vehículo, mayor resulta la distancia de seguridad (DS) y por ello deben tenerse en cuenta algunas consideraciones:

- La percepción de un obstáculo es proporcional a la inversa del cuadrado de la distancia de seguridad ($DS \propto v^2$), suponiendo que el contraste es constante.
- La luminancia de velo atmosférico L_{atm} es proporcional a la distancia de seguridad (DS). La transmisión atmosférica es $T_{atm} = 10 \cdot kDS$.
- La velocidad de adaptación visual está relacionada con la velocidad de aproximación del vehículo.

Ibilgailuaren abiadura zenbat eta handiagoa izan orduan eta luzeagoa izango da segurtasun distantzia tuneleko ahotik tunelaren barruko alderantz, hain zuzen ere gidariak tunelaren barruan ikusi behar duen tokitik; argiztatu beharreko atalaseko aldea luzeagoa izatea dakar horrek.

Halaber, zenbat eta distantzia handiagoak izan, orduan eta txikiagoa izango da tunelaren barruko oztopo batek duen angelua eta, beraz, zailagoa izango da oztopoa ikuste. Gainera, sarreran dagoen gidariaren eta tuneleko sarreraren arteko aire-geruza handiagoa da eta, beraz, horrek esan nahi du L_{atm} atmosferaren luminantzia handiagoa izango dela, C_{int} berezko kontrastea murriztuko da eta, ondorioz, oztopoak ikusteko ahalmena txikiagoa izango da. Horrek guztiak argiztapen-maila handiagoak eskatzen ditu tunelaren atalaseko aldean.

Segurtasun distantzia edo gelditzeko distantzia CIE-88 txostenaren ediziorik eguneratuenerako A.2 eranskinaren arabera kalkulatu da.

4.4. Argiztapen-sistemak

Bi multzotan bana daitezke tuneleko argiztapen-sistemak: simetrikoa eta asimetrikoa; aldi berean, beste azpisailkapen bat egin daiteke: ibilgailuaren zirkulazioa norabidearen kontrako fluxuko argiztapen-sistema, «kontrafluxua» izenekoa, eta norabidearen aldeko fluxuko argiztapen sistema.

Azken hori, praktikan baliagarria ez dela-eta, ez da kontsideratzen. Tuneleko argiteriaren ezaugarri nagusia kontraste kalitatearen P parametroa da, q_c kontraste koefizientearen deribazioa, eta honelaxe adierazten da:

Non:

$$P = q_c = \frac{L}{E_v}$$

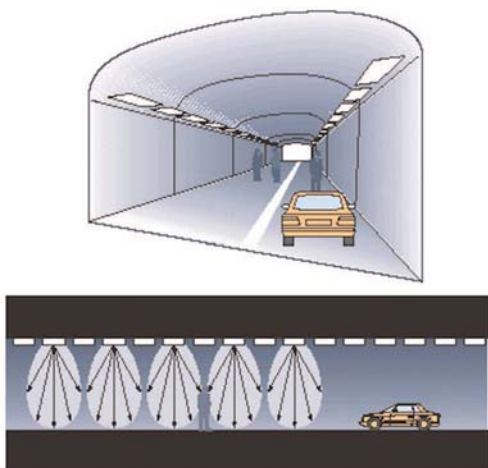
L = Galtzadaren luminantzia cd/m^2 -tan.

E_v = Oztopoaren luminantzia bertikala galtzadaren mailako lux-etan, ibilgailuaren zirkulazioaren noranzkoan, hots, tunelaren ardatzaren azalera bertikal perpendikularren gainean neurturiko luminantzia, sarrerarantz bideratuta.

4.4.1. Argiztapen simetriko sistema

Argiztapen simetriko sistema dituen luminariak argi intentsitatearen banaketa jakin bat dute; izan ere, aipaturiko banaketa hori simetrikoa da tuneleko ardatzaren perpendikularrekiko.

4.4.1. irudia – Argiztapen simetriko sistema



Oztopoen kontrasteak negatiboak edo positiboak izan daitezke, horien azaleraren erreflexio-propietateen arabera. Aitzitik, sistema honekin kontraste positiboko ikuspena ziurtatu nahi da, hots, oztopoen kontraste argia izatea galtzadako eta tuneleko hormetako atzealde ilunean.

Lanpara fluorescente konbentzionalak eta trinkoak dituzten luminariak –presio altuko eta baxuko sodio-lurrineko lanparak edo indukzio bidezko deskargako lanparak- dauden tuneletako barruko aldean erabiltzen da, kasu guztietan, argiztapen simetriko sistema

Para un conductor en la zona de acceso, cuanto mayor es la velocidad de su vehículo más larga es la distancia desde la boca del túnel hacia el interior en la que el conductor tiene que ver dentro del túnel, lo que supone mayor longitud de la zona umbral a iluminar.

Asimismo, a mayores distancias un obstáculo situado en el interior del túnel subtende un ángulo más pequeño en el ojo del conductor y, por tanto, es menos visible. Además, la capa de aire entre el conductor situado en la zona de acceso y la entrada del túnel es mayor, lo que significa mayor luminancia atmosférica L_{atm} , reducción del contraste intrínseco C_{int} y, consecuentemente, disminución de la visibilidad de los obstáculos. Todo ello exige mayores niveles de iluminación en la zona de umbral del túnel.

La distancia de seguridad o de parada se calculará según el anexo A.2 del informe CIE-88 en su edición más actualizada.

4.4. Sistemas de alumbrado

Los sistemas de alumbrado de túneles pueden dividirse en dos familias: simétrico y asimétrico que a su vez comprende el sistema de alumbrado de flujo contrario al sentido de circulación de vehículos, también denominado a «contraflujo» y el sistema de alumbrado a favor de flujo que carece de utilidad práctica y, por tanto, no se considera.

El alumbrado de los túneles se caracteriza por el parámetro de calidad de contraste P , también conocido como coeficiente de revelado de contraste q_c cuya expresión es la siguiente:

Donde:

$$P = q_c = \frac{L}{E_v}$$

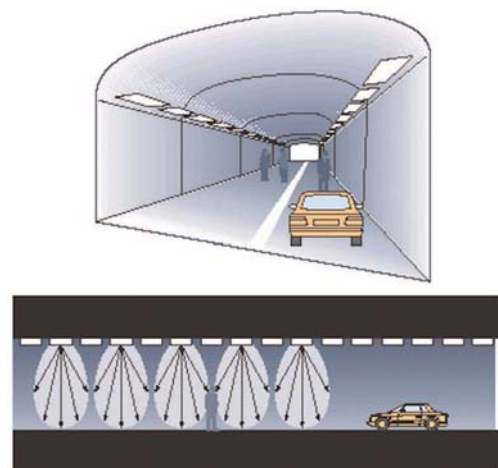
L = Luminancia de la calzada en cd/m^2 .

E_v = Iluminancia vertical del obstáculo en lux a nivel de la calzada en la dirección de la circulación de vehículos, es decir, iluminancia medida sobre una superficie vertical perpendicular al eje del túnel y, orientada hacia la entrada.

4.4.1. Sistema de alumbrado simétrico

El sistema de alumbrado simétrico es un sistema en el que las luminarias tienen una distribución de la intensidad luminosa que es simétrica en relación a un plano perpendicular al eje del túnel.

Fig 4.4.1 – Sistema de alumbrado simétrico



Los contrastes de los obstáculos pueden ser negativos o positivos; dependiendo de las propiedades de reflexión de la superficie de los mismos. No obstante, con este sistema se pretende asegurar una visión en contraste positivo, es decir, que los obstáculos se destaquen claros sobre el fondo oscuro de la calzada y paredes del túnel.

El sistema de alumbrado simétrico se utiliza en todos los casos en la zona del interior de los túneles con luminarias dotadas de lámparas fluorescentes convencionales y compactas, de vapor de sodio a alta y baja presión o de descarga por inducción, pudiéndose uti-

tema, eta sistema hori ezar daiteke sarreretan ibilgailuak hurbiltzeko muga baxua ezarrita duten tuneletan.

Honelaxe laburbil daitezke argiteria-sistemaren ezaugarri nagusiak:

- Oztipoen kontraste positiboa ematen du.
- Nahikoa itsualdi txikiko irtenbidea eskaintzen du.
- Trafikoko dentsitate altua dagoen egoeretara ondo egokitua.
- Luminarien kokapen ezberdinak ahalbidetzen ditu tunelaren sekzioan.
- Horman argiteria ona izatea errazagoa da.

Sistema horri esker, tunelean dauden oztipoak ondo ikus daitezke eta ez dago itsualdirik, eta gomendagarria da fotometriaren aldetik galtzadako zoladurak eta tuneleko hormak azalera difusoreak (S1 faktore espekular txikia) eta argiak izatea (batez besteko luminantziaren Q_0 koefiziente altua). Hortaz, zoladura R1, R2 edo C1 klasekoa izatea gomendatzen da, CIEren gomendioen arabera, argiztapen-maila altuarekin (ahalik eta Q_0 altuena).

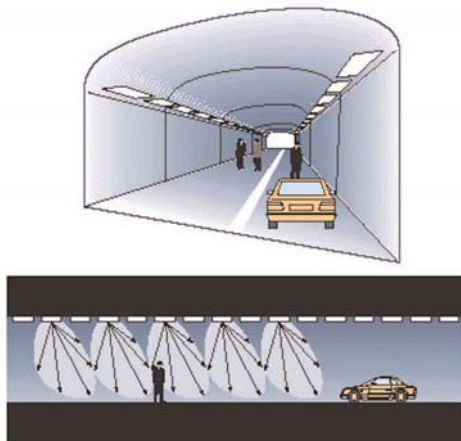
Baldin eta tuneletako argiteriaren tamaina sarrerako sistema metriko baten bidez finkatzen bada, lortzen zailak izango diren argiztapen-mailak edukiko ditugu ibilgailuen 90 km/h-tik gorako hurbiltze-abiaduretan, errezel-luminantziekin edo sarreran neurturiko luminantziekin, edo 70 km/h-tik gorako hurbiltze-abiaduretan errezel gogorrek. 200 cd/m²-tik gorako balioak lortu nahi direnean (lortzen oso zailak direnak, praktikan, sistema simetrikoarekin) beharrezkoa da halakoetan bestelako alternatibak bilatzea, bai ibilgailuen abiadura mugak jarritz, bai kontrafluxuko argiztapen-sistema ezarri sarreran.

4.4.2. Kontrafluxuko argiztapen-sistema

Kontrafluxuko argiztapen-sisteman, argiaren intentsitatea modu asimétrikoan banatzen da, hain zuzen ere ibilgailuen trafikoko zirkulazioaren norabidearen kontra, 4.4.2. irudian agertzen denez.

Argiztapen-sistema honi esker, errazagoa da oztipoa ikustea kontraste negatiboaren bidez, hots, oztipoak nabarmen geldituko dira galtzadako eta tuneleko hormetako atzealde argian. Kontraste negatiboko ikuspen hori oztipoaren luminantzia murriztuz (L_0), horren iluminantzia bertikala nabarmen murriztuz (E_v) eta galtzadaren luminantzia handituz lortzen da.

4.4.2. irudia – Kontrafluxuko argiztapen-sistema.



Hauexek dira sistema honen ezaugarriak:

- Atalasean eta trantsizioko aldean baino ez da baliagarria.
- Eraginkorragoak dira zoladura espekularrekin.
- Erabilitako luminaria-kopuru txikiagoa, inbertsio kostu txikiagoa.
- Kontu handiz jarriko dira itsualdirik ez eragiteko.
- Luminariak sabai pean jarri behar dira nahitaez.
- Ez da hain eroso; ez da gomendatzen trafiko handia dagoenean.

lizar la implantación de dicho sistema en la zona de entrada de aquellos túneles que tengan establecida una limitación de la velocidad de aproximación de los vehículos baja.

Las características principales de este sistema de alumbrado se resumen en:

- Proporciona un contraste positivo de los obstáculos.
- Solución con deslumbramiento relativamente bajo.
- Bien adaptado a situaciones con densidad de tráfico alta.
- Permite diferentes ubicaciones de las luminarias en la sección del túnel.
- Hace más fácil un buen alumbrado en la pared.

Este sistema permite una buena visibilidad de los obstáculos y ausencia de deslumbramiento, siendo aconsejable fotométricamente que el pavimento de la calzada y las paredes del túnel sean superficies difusoras (factor especular S1 pequeño) y claras (coeficiente de luminancia medio Q_0 alto). Por tanto, el pavimento conviene que sea de la Clase R1, R2 o C1, según Recomendaciones de la CIE, con alto grado de claridad o luminosidad (Q_0 lo más elevado posible).

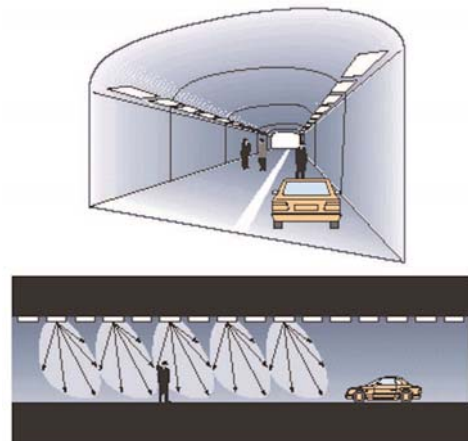
El dimensionamiento del alumbrado de los túneles, mediante sistema simétrico en la zona de entrada, conduce a niveles de iluminación difíciles de conseguir para velocidades de aproximación de los vehículos superiores a 90 km/h con luminancias de velo débiles o medias en la zona de acceso, o mayores de 70 km/h con luminancias de velo fuertes. Cuando se pretenda alcanzar niveles superiores a 200 cd/m², muy complicados de lograr en la práctica con el sistema simétrico, resulta necesario en dichos casos buscar otras alternativas, bien de limitación en la velocidad de los vehículos o de implantación del sistema de alumbrado a contraflujo, en la zona de entrada.

4.4.2. Sistema de alumbrado a contraflujo

El sistema de alumbrado a contraflujo es un sistema en el que las luminarias tienen una distribución de la intensidad luminosa asimétrica, que está dirigida contra el sentido de circulación del tráfico de vehículos, tal y como se representa la figura 4.4.2.

Este sistema de alumbrado favorece la visión de obstáculos por contraste negativo, es decir, que los obstáculos se destaquen oscuros sobre el fondo claro de calzada y paredes del túnel. Esta visión en contraste negativo se logra reduciendo la luminancia del obstáculo (L_0), limitando sensiblemente la iluminancia vertical del mismo (E_v), y aumentando la luminancia de la calzada.

Fig 4.4.2 – Sistema de alumbrado a contraflujo.



Las características de este sistema se resumen en:

- Sólo es válido en zona umbral y de transición.
- Más eficiente con pavimentos especulares.
- Menor número de luminarias utilizadas, menor coste de inversión.
- Instalación muy cuidadosa y crítica para evitar deslumbramientos.
- Las luminarias deben ir colocadas forzosamente bajo techo.
- Menos confortable, no recomendado en situaciones con tráfico denso.

Kontrafluxuko argiztapen-sistema soilik tunelen sarreretan erabiltzen da (ez barruko aldean). Alde horretan erabiltzea gomendatzen da, zeren eta kasu horietan abantaila ekonomikoak baitaude; izan ere, ibilgailuen abiaduraren muga altua da, hots, gutxi gorabehera 90 km orduko abiaduratik gorakoa izaten da. Luminariak, ezinbestean, trafikoko erreien gainean jarri behar dira eta presio altuko sodio-lurrineko lanpaz daude hornituta normalean.

Sistema ulertzeko modua bera dela-eta, ahal dela ez da bi norabideko tuneletan erabiliko, zeren eta kasu horretan zirkulazioaren norabide jakin baterako kontrafluxua izango litzatekeen fluxuaren aldekoa izango bailitzateke kontrako norabiderako; hortaz, gidarien ikuspen-baldintzak aldatuko litzuzke.

Kontrafluxuko argiztapen-sistemak kontraste handiagoa eragin ohi du oztopoaren eta atzeko aldearen artean, baina nolabait «zulo beltza» efektua handitu dezake eta, ondorioz, gidariaren ikuspen-erosotasuna murriztuko litzateke. Halaber, kontrafluxuko sistema hori baliteke egokia ez izatea eguneko argitasun handia sartzen den tuneleko sarreretan, eta ez da hain eraginkorra trafikoko intentsitateak oso altuak direnean edo trafikoko aurrekusten diren ibilgailu astunen ehuneko oso altua denean.

Argiztapen-sistema honek oztopoak ondo ikusteko modua ematen du, baina, hala ere, itsualdiak mugatu behar dira luminarietako ematen duten argi-intentsitatea kontrolatuz. Hala, bada, gomendagarria da fotometriaren aldetik zoladura espekularrak (S1 faktore espekular altua) eta argiak erabiltzea, hots, batez besteko Q_0 luminantzia altua, R3, R4 ed C2 klaseko zoladurak, CIEren gomendioen arabera, argiztapen-maila altuarekin betiere (ahalik eta Q_0 , altuena). Gainera, tuneleko hormetan luminantzia handia mugatu beharra dago, gutxienez metro bateko mailaraino, oztopoen iluminantzia bertikala murrizteko (E_v).

4.4.3. Kontrastearen errebelatze-koefizientea

Hartutako argiteriaren sistema simetrikoaren edo kontrafluxuko sistemaren ezaugarri nagusia kontrastea errebelatzeko zenbait koefiziente dira, q_c , eta horien balioak ondoko taulan agertzen dira

4.4.3. Taula – Kontrastearen errebelatze-koefizientea

Argiztapen-Sistema	Errebelatze-Koefizientea $q_c = L/E_v$
Simetrikoa	$\leq 0,2$
Kontrafluxua	$\geq 0,6$

$q_c = L/E_v$ kontrastearen errebelatze-koefizientearen balioak oso lotura estua du tuneleko argiztapen-sistemari datzekion ezaugarriekin, luminarien ezarpenarekin, zoladuraren ezaugarriekin eta tuneletako hormen ekarpen fotometrikoarekin. Taulako balio horiek tuneletako argiztapen-sistemaren ezaugarri nagusia dira, baina gaeuz egiten diren neurketetan soilik.

4.4.4. Argiztapen-sistema naturala eguneko argiarekin

Argiztapen artifizial simetrikoko eta kontrafluxuko argiztapen sistemaz gain, bada beste alternatiba bat tuneleko sarrerak argiztatzeko, eta horretarako, paralumenek edo pantailak emandako pantaila-itxurako eguneko argi egokia erabili beharko da. Argiztapen natural mota horrek bete egin behar ditu argiztapen artifizialak emandako argiztapen-maila berak, eta ka faktorearen balioak dira (koefiziente horrekin biderkatu behar da tuneleko sarrerako L_{20} luminantzia tuneleko atalaseko aldeko L_{th} luminantzia lortzeko, hots, $L_{th} = k L_{20}$) argiztapen simetrikoaren sistemaren antzekoak izango dira. Halaber, argiztapen artifizialean bezala finkatuko da kontrasteko q_c errebelatze-koefizientea argiztapen naturalean, eta kalkulu horretan, gainera, bitartean islaturiko argiaren ekarpena ere sartzen da.

4.5. Tunelen sailkapena

Argiztapenari dagokionez, tunelak hiru motatan sailkatzen dira:

- Geometrikoki luzeak diren tunelak.
- Optikoki luzeak diren tunelak.
- Tunel laburrak.

El sistema de alumbrado a contraflujo únicamente se utiliza en la zona de entrada de los túneles (no en la zona interior). Se recomienda en esta zona cuya limitación de la velocidad de los vehículos es elevada, es decir, a partir aproximadamente de 90 km/h, dadas las ventajas económicas que en dichos casos representa. Las luminarias se instalan necesariamente encima de los carriles de tráfico y están equipadas normalmente con lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Por la propia concepción de este sistema, debe evitarse su utilización en túnel de doble sentido de circulación (bidireccionales), dado que en dicho caso, lo que sería contraflujo para un sentido de circulación determinado, resultaría a favor de flujo para el sentido contrario, con lo que se modificarían las condiciones de visión de los conductores.

El sistema de alumbrado a contraflujo crea habitualmente mayor contraste entre obstáculo y el fondo, pero puede producir un cierto aumento del efecto «agujero negro» reduciendo el confort visual del conductor. Asimismo, este sistema a contraflujo puede no ser apropiado en la entrada de túneles con penetración muy alta de luz diurna, y resulta menos efectivo cuando las intensidades de tráfico sean muy elevadas o se prevea en el tráfico un elevado porcentaje de vehículos pesados.

En este sistema de alumbrado, que proporciona una buena visibilidad de los obstáculos, debe limitarse el deslumbramiento controlando la intensidad luminosa emitida por las luminarias, siendo aconsejable fotométricamente la utilización de pavimentos especulares (factor espekular S1 elevado) y claros, es decir, con coeficiente de luminancia medio Q_0 alto, pavimentos clase R3, R4 o C2, según Recomendaciones de la CIE, con alto grado de claridad o luminosidad (Q_0 , lo más elevado posible). Además debe limitarse en las paredes del túnel, al menos hasta el nivel de 1 m, una elevada luminancia, con el fin de reducir la iluminancia vertical de los obstáculos (E_v).

4.4.3. Coeficiente de revelado de contraste

El sistema de alumbrado adoptado bien simétrico o a contraflujo se caracteriza por unos determinados coeficientes de revelado de contraste q_c cuyos valores se incluyen en la tabla adjunta.

Tabla 4.4.3 – Coeficiente de revelado de contraste

Sistema de alumbrado	Coeficiente de revelado $q_c = L/E_v$
Simétrico	$\leq 0,2$
Contraflujo	$\geq 0,6$

El valor del coeficiente de revelado de contraste $q_c = L/E_v$ está estrechamente ligado a las características intrínsecas del sistema de alumbrado del túnel, a la implantación de las luminarias y a las características reflexivas del pavimento, así como a la contribución fotométrica de las paredes del túnel. Estos valores de la tabla caracterizan el sistema de alumbrado de los túneles únicamente en mediciones nocturnas.

4.4.4. Sistema de iluminación natural con luz diurna

Además de los sistemas de alumbrado artificial simétrico y a contraflujo, existe otra alternativa para la iluminación de la entrada de los túneles mediante la adecuada utilización de la luz diurna apantallada proporcionada por paralúmenes o pantallas. Este tipo de iluminación natural debe satisfacer los mismos niveles luminosos que los del alumbrado artificial, siendo los valores del factor k (coeficiente por el que se debe multiplicar la luminancia de la zona de acceso del túnel L_{20} , para obtener la luminancia de la zona de umbral de túnel L_{th} , es decir, $L_{th} = k L_{20}$), idénticas a las del sistema de alumbrado simétrico. Asimismo, el coeficiente de revelado de contraste q_c se determinará en la iluminación natural del mismo modo que para el alumbrado artificial, incluyéndose también en el cálculo la contribución de la luz interreflejada.

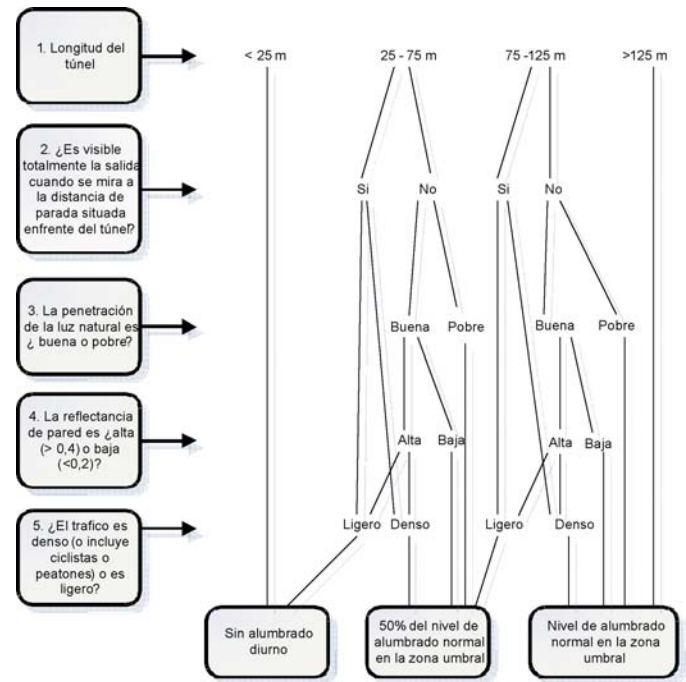
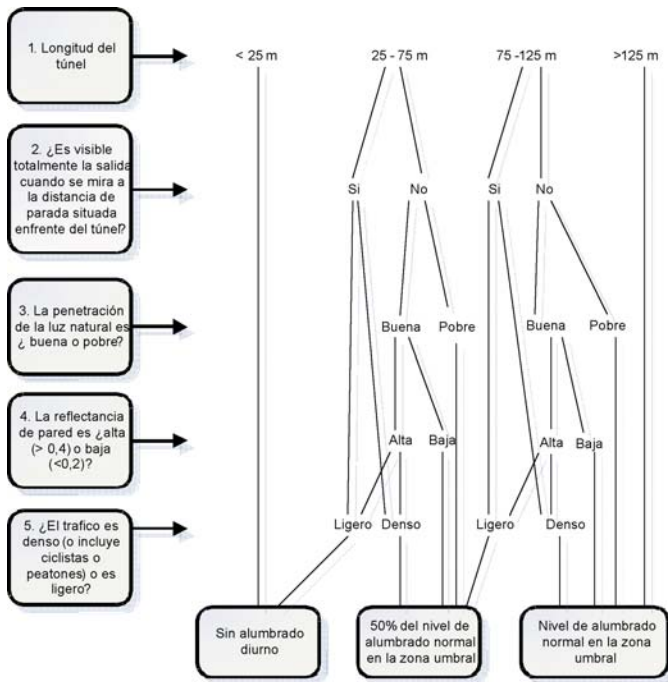
4.5. Clasificación de túneles

Con respecto a la iluminación, los túneles son subdivididos en tres clases:

- Túneles geoméricamente largos.
- Túneles ópticamente largos.
- Túneles cortos.

4.5. irudia – Argiztapena egunez, luzera desberdinetako tuneletan

Fig 4.5 – Alumbrado durante el día de túneles de longitudes diferentes



Oharra: 75 metrorainoko tuneletan, egunez argizterik gomendatzen ez bada, 4.5 irudian bezala, egunsentia iritsi baino ordu bete lehenago, gutxienez, eta ilundu eta ordubetera, tunel luze baten barrurako gomendatzen diren balioen pareko argiztapen-maila lortu behar da (ikus barrualdeko luminantzia). Gazez gaueko argiztapenerako gomendatutako balioa besterik ez da behar.

Nota: Para longitudes de túnel de hasta 75 m en los que no se recomienda alumbrado durante el día en la fig. 4.5, ha de observarse que al menos una hora antes del amanecer y una hora después del ocaso debe conseguirse un nivel de iluminación igual a los valores recomendados para la zona interior de un túnel largo (véase luminancia en la zona interior). Durante la noche solamente se necesita el valor recomendado para alumbrado nocturno.

5. TUNEL LUZEETAKO ARGIZTAPEN ARRUNTA

Hona hemen tuneleko argiztapenaren kalitatea ezartzeko beharrezko ezaugarri fotometriko nagusiak:

- Galtzadaren luminantzia-maila.
- Hormen luminantzia-maila, bereziki gehienez 2 m-rainoko altueran.
- Luminantziaren banaketa-uniformetasuna galtzadetan eta hormetan.
- Itsualdia mugatzea.
- Flicker-efektua kontrolatzea.

5. irudian hiri arteko norabide bakarreko I edo II. motako tunel baten sekzio longitudinala agertzen da, tuneleko alde desberdinen luzerak eta luminantzia-mailak zehaztuz. Ondoren zehaztuko dira argiztapen-mailen nomenklatura eta definizioa:

- L_{20} = Sarreraren inguruko luminantzia.
- L_{th} = Atalaseen inguruko luminantzia.
- L_{tr} = Trantsizioko aldearen inguruko luminantzia.
- L_n = Barruko aldearen luminantzia.
- L_{ex} = Irteeraren inguruko luminantzia.

Jarraian, berriz, eskematikoki agertzen eta identifikatzen dira hainbat aldetako argiztapen-mailak.

Non:

$$L_{tr} = L_{th} (1,9+t)^{-1,428}$$

Eta L_{th} = %100 eta t = denbora segundotan

Segurtasun distantziak lortzen dira 4.3.4 irudia oinarritzat hartuta zirkulatzeko gehieneko abiaduraren eta galtzadaren maldaren datuekin.

5. ALUMBRADO NORMAL DE TÚNELES LARGOS

Las principales características fotométricas necesarias para establecer la calidad del alumbrado de un túnel son las siguientes:

- Nivel de luminancia de la calzada.
- Nivel de luminancia de las paredes, en particular hasta una altura de 2 metros.
- Uniformidad de distribución de luminancia en calzada y paredes.
- Limitación del deslumbramiento.
- Control del efecto flicker.

En la figura 5 se ha representado una sección longitudinal de un túnel tipo I o II unidireccional interurbano, detallando las longitudes y niveles luminancia de las diferentes zonas del mismo. La nomenclatura y correspondiente definición de dichos niveles luminotécnicos se concreta a continuación:

- L_{20} = Luminancia en la zona de acceso.
- L_{th} = Luminancia en la zona de umbral.
- L_{tr} = Luminancia en la zona de transición:
- L_n = Luminancia en la zona del interior.
- L_{ex} = Luminancia en la zona de salida.

A continuación se identifican y representan de forma esquemática los niveles de iluminación en las distintas zonas.

Donde:

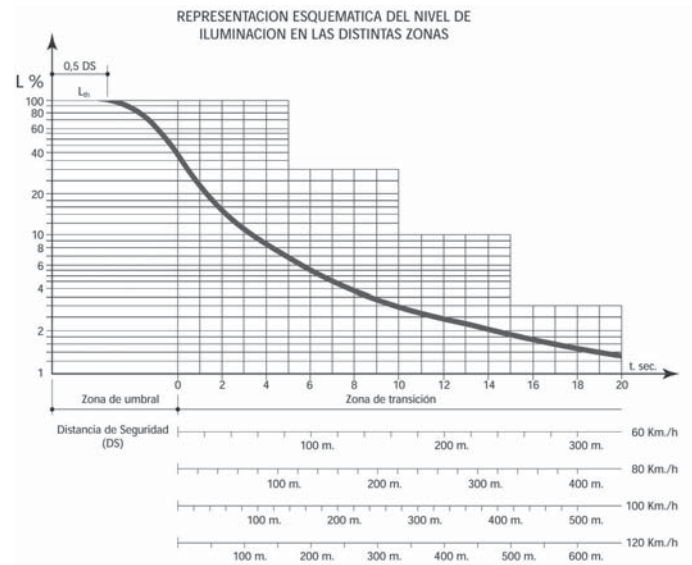
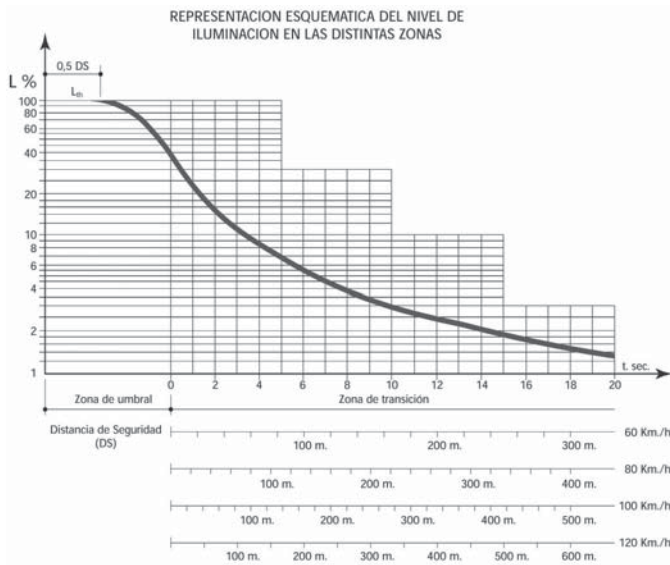
$$L_{tr} = L_{th} (1,9+t)^{-1,428}$$

Con L_{th} = 100% y t = tiempo en segundos

Las Distancias de Seguridad se obtienen a partir de la Figura 4.3.4 con los datos de la velocidad máxima permitida de circulación y de la pendiente de la calzada.

5. irud. – Luminantziaren bilakaera tunelean.
%100eko balioa atalase aldeko
lehen zatiri dagokio

Fig. 5 – Evolución de la luminancia a lo largo del túnel.
El valor de 100% corresponde a la primera mitad
de la zona de umbral



5.1. Sarrerako aldeko luminantzia

Sarrera aire zabalean dagoen errepideko zatia da, tuneleko sarreraren edo atariaren aurretik dagoena eta tuneleko hurbiltzen den gidariak tuneleko sarrera ikusteko modua izan behar duen distantzia betetzen duena. Sarrerako aldearen luzera berekoa da (SD), eta ahoa baino 20 edo 30 metro lehenago bukatzen da, 5. irudian agertzen den moduan.

Sarrerako aldeko L_{20} luminantzia 20 graduko angelua duen ikuspen-eremuko batez besteko luminantzia da, erpina gidariaren begiaren posizioan du (tuneletik distantzia jakin batera kokatuta, hau da, gelditzeko distantziara kokatuta) eta tunelaren atarirantz bideratuta tunelaren ahoaren 1/4ko altueran.

Sarrerako aldeko L_{20} luminantzia finkatzeak berebiziko garrantzia du, atalaseko aldeko argiztapenaren bidez lortu beharreko maila aurrez finkatzen baitu. Sarrerako aldeko luminantzia hori inguruko atmosferaren egoeraren eta tunelaren kokalekuaren arabera izango da (orografia, inguruak, etab.).

5.1.1. Luminantzia finkatzea tuneleko sarreraren aldean

Atalaseko aldearen hasieran behar den luminantziaren balioaren oinarriak sarrerako L_{20} luminantziaren balioa izan behar du, tunelaren aurreko tarte jakin batean: tarte horrek segurtasun distantziaren luzera berekoa izan behar du nolahi ere. Eguneko argiaren antzeko baldintzetan, hurbiltzeko alde eta inguru ezberdinak dituzten tunelek (orografia ezberdina, ingurunea, eta abar) nahikoa luminantzia balio ezberdinak izango dituzte L_{20} sarrerako aldean.

Tunel bateko argiztapenaren instalazioaren diseinua eta proiektua egiteko, urte osoan nahikoa maiz gertatzen den L_{20} horren gehieneko balioa ezagutu beharra dago. Kasurik gehienetan L_{20} balio hori urtaroaren baldintzen eta eguraldiaren arabera denez gero, ondoren zehaztuko diren bi metodo empiriko erraztu erabiltzen dira L_{20} ebaluatu ahal izateko.

5.1.1.1. Hurbiltze-metodoa

Izenak berak adierazten duenez, metodo honek gutxi gorabeherako balioak ematen ditu, eta tuneleko sarreraren inguruei buruzko nahikoa informazio zehatzik ez dagoenean erabiliko da soilik. Sarrerako L_{20} luminantzia aukeratzean datza metodo hau, 5.1.1.1. taularen bidez eta kcd/m^2 -tan adierazia (103 cd/m^2):

5.1 Luminancia en la zona de acceso

La zona de acceso es la parte de la carretera a cielo abierto, situada inmediatamente anterior a la entrada o portal del túnel, que cubre la distancia a la que un conductor que se aproxima debe ser capaz de ver en el interior del túnel. La longitud de la zona de acceso es igual a la distancia de seguridad (DS), y termina 20 o 30 m antes del emboquille tal y como se ha indicado en la figura 5.

La luminancia de la zona de acceso L_{20} es la luminancia media contenida en un campo cónico de visión que subtiende un ángulo de 20° , con el vértice en la posición del ojo del conductor, situado a una distancia anterior al túnel igual a la distancia de parada, y orientado el cono hacia el portal de túnel sobre un punto situado a una altura de 1/4 de la boca del túnel.

La determinación de la luminancia de la zona de acceso L_{20} tiene una gran trascendencia, ya que es la que predetermina el nivel a obtener mediante el alumbrado en la zona de umbral. Dicha luminancia de la zona de acceso depende de las condiciones atmosféricas de la zona y del emplazamiento del túnel (orografía, alrededores, etc.).

5.1.1. Determinación de la luminancia en la zona de acceso del túnel

El valor de luminancia necesaria al comienzo de la zona de umbral debe basarse en el valor de la luminancia en la zona de acceso L_{20} a una separación delante del túnel igual a la distancia de seguridad «DS». Bajo idénticas condiciones de luz diurnas, los túneles con distintas zonas de aproximación y alrededores (distinta orografía, entorno etc.) tendrán valores considerablemente diferentes de luminancia en la zona de acceso L_{20} .

Para diseñar y proyectar la instalación de alumbrado de un túnel se necesita conocer el valor máximo de L_{20} que tiene lugar con una frecuencia suficiente durante todo el año. Como en la mayoría de los casos este valor L_{20} depende de las condiciones estacionales y del tiempo meteorológico, se utilizan dos métodos empíricos simplificados para la evaluación de L_{20} que a continuación se especifican.

5.1.1.1. Método de aproximación

Como su propio nombre indica este método da solamente una indicación aproximada, y únicamente debe utilizarse cuando no exista información suficientemente detallada acerca de los alrededores inmediatos de la boca de entrada del túnel. Este método consiste en la elección de la luminancia de la zona de acceso L_{20} mediante la Tabla 5.1.1.1 expresada en kcd/m^2 (103 cd/m^2):

5.1.1.1. Taula – Sarreraren aldeko batez besteko luminantzia L_{20} (Kcd/m^2)

Segurtasun distantzia eta egoera	Zeruko portzentajeak (%) 20°-ko ikuspen-eremu konikoan															
	%35				%25				%10				%0			
	Ohik.		Elurra		Ohik.		Elurra		Ohik.		Elurra		Ohik.		Elurra	
	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Ikuspen-eremuko distira	(1)		(1)		(1)		(1)		(2)		(3)		(2)		(3)	
60 m-ko segurtasun distantzia (60 km/h)	(4)		(4)		4	5	4	5	2,5	3,5	3	3,5	1,5	3	1,5	4
100 m-ko segurtasun distantzia (80 km/h)	4	6	4	6	4	6	4	6	3	4,5	3	5	2,5	5	2,5	5

Tabla 5.1.1.1 – Luminancia media de la zona de acceso L_{20} (Kcd/m^2)

Situación y distancia de seguridad	Porcentaje de cielo (%) en los campos de visión cónicos A 20°															
	35%				25%				10%				0%			
	Normal		Nieve		Normal		Nieve		Normal		Nieve		Normal		Nieve	
	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Situación de brillo en campo de visión	(1)		(1)		(1)		(1)		(2)		(3)		(2)		(3)	
Distancia seguridad 60 m (60 km/h)	(4)		(4)		4	5	4	5	2,5	3,5	3	3,5	1,5	3	1,5	4
Distancia seguridad 100 m (80 km/h)	4	6	4	6	4	6	4	6	3	4,5	3	5	2,5	5	2,5	5

Azalpena:

1) Efektu hori, funtsean, tunelaren orientazioaren arabera da:

— «B»: Baxua; iparraldeko hemisferioan: «hegoaldeko sarrera».

— «A»: Altua; iparraldeko hemisferioan: «iparraldeko sarrera».

Ekialdeko eta mendebaldeko sarreretan, maila baxuaren eta altuaren bitarteko balioak hautatu behar dira.

2. Efektu hori, funtsean, inguruko distiraren arabera da:

— «B»: Baxua; inguruetako islapen baxuak.

— «A»: Altua; inguruetako islapen altuak.

3. Efektu hori, funtsean, tunelaren orientazioaren arabera da:

— «B»: Baxua; iparraldeko hemisferioan: «hegoaldeko sarrera».

— «A»: Altua; iparraldeko hemisferioan: «iparraldeko sarrera».

Ekialdeko eta mendebaldeko sarreretan, maila baxuaren eta altuaren bitarteko balioak hautatu behar dira.

4. 60 metroko gelditzeeko distantzian ez dago, praktikan, %35eko zeruko portzentajerik.

Oharrak: «Iparraldeko sarrerak» esan nahi du hegoalderantz doazen ibilgailuetako gidarientzako sarrera dela. «Hegoaldeko sarrerak» iparralderantz doazen ibilgailuetako gidarientzako sarrera adierazten du.

5.1.1.2. Metodo zehatza

Bigarrena metodoa, zehatzagoa dena, tunelaren ahoaren hiru dimentsioko bista dagoenean erabili behar da. Sarrerako batez besteko L_{20} luminantzia ebaluatzeeko metodo hori lortzeko abiapuntua tuneleko sarreraren inguruetako krokis bat da, eta ondoko formularen bidez kalkulatzen da.

$$L_{20} = aL_c + bL_R + cL_E + dL_{th}$$

Non:

— L_c = Zeruko luminantzia

a = zeruaren %.

— L_R = Errepideko luminantzia

b = errepidearen %.

— L_E = Inguruetako luminantzia

c = inguruen %.

— L_{th} = Tuneleko atalasearen inguruko luminantzia

d = tuneleko sarreraren %.

Eta hauxe egiaztatzen da:

$$a + b + c + d = 1$$

Siendo:

1. Efecto dependiente fundamentalmente de la orientación del túnel:

— «B»: Bajo; En el hemisferio norte: «entrada sur».

— «A»: Alto; En el hemisferio norte: «entrada norte».

Para entradas este y oeste deben elegirse valores intermedios entre bajo y alto.

2. Efecto dependiente fundamentalmente del brillo de los alrededores:

— «B»: Bajo; Reflectancias de los alrededores bajas.

— «A»: Alto; Reflectancias de los alrededores altas.

3. Efecto dependiente fundamentalmente de la orientación del túnel:

— «B»: Bajo; En el hemisferio norte: «entrada sur».

— «A»: Alto; En el hemisferio norte: «entrada norte».

Para entradas este y oeste deben elegirse valores intermedios entre bajo y alto.

4. Para una distancia de parada de 60 m no se encuentran en la práctica porcentajes de cielo del 35%.

Notas: La «entrada norte» significa la entrada para conductores de vehículos viajando hacia el sur. La «entrada sur» expresa la entrada para conductores de vehículos viajando hacia el norte.

5.1.1.2. Método exacto

El segundo método, más exacto, debe utilizarse cuando exista disponible una vista en tres dimensiones de la boca del túnel. En este método la evaluación de la luminancia media de la zona de acceso L_{20} se obtiene a partir de un croquis de los alrededores de la entrada del túnel y se calcula mediante la fórmula siguiente.

$$L_{20} = aL_c + bL_R + cL_E + dL_{th}$$

Donde:

— L_c = Luminancia del cielo

a = % de cielo.

— L_R = Luminancia de la carretera

b = % de la carretera.

— L_E = Luminancia de los alrededores

c = % de los alrededores.

— L_{th} = Luminancia de la zona de umbral del túnel

d = % de la entrada del túnel.

Verificándose que:

$$a + b + c + d = 1$$

100 m-tik gorako segurtasun distantzietan (SD), (d)-ren balioa txikia da ($d < \%10$) eta atalaseko aldearen L_{th} luminantzia txikia denez aire zabaleko beste luminantzia-balio batzuekiko, balioa gal dezake L_{th} -ren ekarpenak.

60 m-ko segurtasun-distantzia batean, honako adierazpen hau ezar daiteke:

$$L_{20} = \frac{aL_C + bL_R + cL_E}{1+k}$$

Nor:

$$k = L_{th}/L_{20}$$

k faktorearen balioak 5.2.1. taulan ezarri dira, eta faktore horrek 0,1eko balioa inoiz gainditzen ez duenez, honelaxe gelditzen da formula:

$$L_{20} = aL_C + bL_R + cL_E$$

Ondokoa kontuan izanik:

$$a + b + c < 1$$

a, b eta c finkatzea ezinezkoa denean, 5.1.1.3 irudian jasotako tuneletan sartzeko 8 diseinuren bildumarekin konparatuta egin daiteke ebaluazioa; izan ere, irudi horietan gidariak tunelaren sarreran duen ikuspeneko zeru-portzentajeak agertzen dira.

L_C , L_R eta L_E -ren tokiko balio zehatzik egon ezean, ondoko taularen bidez lor daitezke, non balio horiek Kcd/m^2 -tan adierazten diren ($103 cd/m^2$).

5.1.1.2. Taula – Zeruko, errepideko eta inguruetako luminantzien balioak (Kcd/m^2)

Tunel zuloaren norabidea	Zerua Errepidea		L_E (inguruak)			
	L_C	L_R	Harkaitzak	Eraikinak	Elurra	Zelaiak
I	8	3	3	8	15 (V)/15(H)	2
E-M	12	4	2	6	10 (V)/15(H)	2
H	16	5	1	4	5(V)/15(H)	2

Oharra: (V) Azalera bertikalak; (H) Azalera horizontalak.

5.1.1.3. Metodoen erabilera

Hurbiltze-metodoaren 5.1.1.1. taularen erabilera errazteko, tunelearen sarreraren zortzi eredu bilduma bat erantsi da (5.1.1.3. irudia). Diseinu horien oinarriak argazkiak dira, eta marrazki bakoitzaren gainetik jarriko dira 20 graduko ikuspen-eremu konikoan, sarrerako L_{20} luminantzia definituz. Diseinu bakoitzean, zeruko portzentajea agertzen da 20 graduko eremuaren barruan tuneleko sarrerako segurtasun distantziarekin batera; izan ere, sarreratik hartu zen hasieran argazkia.

Edozein tuneletako sarrerako L_{20} luminantziaren balioa izateko ekarpena egiten duen zeruko portzentajearen balioa zein den jakiteko, argazki bat atera beharko litzateke segurtasun distantzia hasten den puntutik, eta horren gaineko benetako neurriren bat eza gutuz gero, adibidez tunelaren altuera, 20 graduko konoaren diametroa finka liteke argazkian.

Tunela egiteke badago oraindik, zeruaren lerroan ateratako argazkia edo eskalara eginiko marrazkia erabil daiteke, baina ez litzateke aldatu behar tunelaren eraikuntzak irau bitartean. Argazkia edo marrazkia, orduan, bereziki beharuriko zeruko portzentajearen balioetatik hurbilen duen diseinuarekin konpara daiteke (1 - 8. irudiak).

Zeruko portzentajea 5.1.1.1. taulan agertzen diren balioen artean badago, orduan beharrezkoa da interpolatzea sarrerako L_{20} luminantziaren balioa lortzeko. Aipaturiko taula hori erabiliz lortu diren L_{20} balioak gutxi gorabeherakoak dira, eta tuneleko sarrerari buruzko informazio oso mugatua denean gomendatzen da balio horiek erabiltzea.

Tunelean sartzeko nahikoa informazio dagoenean erabili behar da L_{20} finkatzeko metodo zehatza. Tunel bateko argiztapenaren gaineko proiektua egiteko modurik onena, praktikan, sarrerako L_{20} luminantziaren balioaren hasierako kalkulua egitea da hurbiltze-metodoaren 5.1.1.1. taula erabiliz, baina argiteriaren azken diseinua metodo zehatzaren bidez egin beharko da.

Para distancias de seguridad (DS) superiores a 100 m, el valor de (d) es pequeño ($d < 10\%$) y como la luminancia de la zona de umbral L_{th} es baja respecto a otros valores de luminancia a cielo abierto, puede desprejarse la contribución de L_{th} .

Para una distancia de seguridad (DS) de 60 m se puede establecer la siguiente expresión:

$$L_{20} = \frac{aL_C + bL_R + cL_E}{1+k}$$

Siendo:

$$k = L_{th}/L_{20}$$

Como el factor k, cuyos valores se establecen en la tabla 5.2.1, nunca excede de 0,1 la fórmula anterior queda de la siguiente forma:

$$L_{20} = aL_C + bL_R + cL_E$$

Teniendo en cuenta que:

$$a + b + c < 1$$

Cuando la determinación de a, b y c no resulta factible, pueden evaluarse por comparación con la colección de 8 diseños de entrada de túneles de la figura 5.1.1.3, que muestran los porcentajes de cielo en la visión del conductor para la zona de acceso.

En el caso de no disponer de valores locales exactos de L_C , L_R y L_E , pueden obtenerse mediante la Tabla siguiente, en la que dichos valores se expresan en Kcd/m^2 ($103 cd/m^2$).

Tabla 5.1.1.2 – Valores de las luminancias de cielo, carretera y alrededores (Kcd/m^2)

Dirección de conducción	Cielo Carretera		L_E (alrededores)			
	L_C	L_R	Rocas	Edificios	Nieve	Praderas
N	8	3	3	8	15 (V)/15(H)	2
E-O	12	4	2	6	10 (V)/15(H)	2
S	16	5	1	4	5(V)/15(H)	2

Nota: (V) Superficies verticales; (H) Superficies horizontales.

5.1.1.3. Uso de dos métodos

Para facilitar el uso de la tabla 5.1.1.1 del método de aproximación se incluye una colección de ocho diseños de entradas de túneles (figura 5.1.1.3). Estos diseños se basan en fotografías y se superponen a cada dibujo en el campo de vista cónico de 20° , definiendo la luminancia de la zona de acceso L_{20} . Bajo cada diseño aparece el porcentaje de cielo dentro del campo de 20° , junto con la distancia de seguridad a la entrada del túnel, desde la cual se tomó originariamente cada fotografía.

Para estimar el valor de porcentaje de cielo que contribuye al valor de la luminancia de la zona de acceso L_{20} en la entrada de cualquier túnel, debería sacarse una fotografía desde el punto donde se inicia la distancia de seguridad y conociendo alguna dimensión real de la misma, por ejemplo, la altura del túnel, podría determinarse el diámetro del cono de 20° en la fotografía.

Si el túnel no está todavía construido, entonces podría utilizarse una fotografía sacada a lo largo de la línea del cielo, o un dibujo a escala, que debería no alterarse durante la construcción del túnel. La fotografía o el dibujo puede entonces compararse con el diseño (figuras 1 a 8) que se parezca más a los valores del porcentaje de cielo observados particularmente.

Cuando el porcentaje de cielo se sitúa entre los valores de la Tabla 5.1.1.1, entonces es necesario interpolar para obtener el valor de la luminancia de la zona de acceso L_{20} . Los valores L_{20} obtenidos utilizando dicha tabla son muy aproximados y se recomienda su uso cuando la disponibilidad de información de la entrada del túnel sea muy limitada.

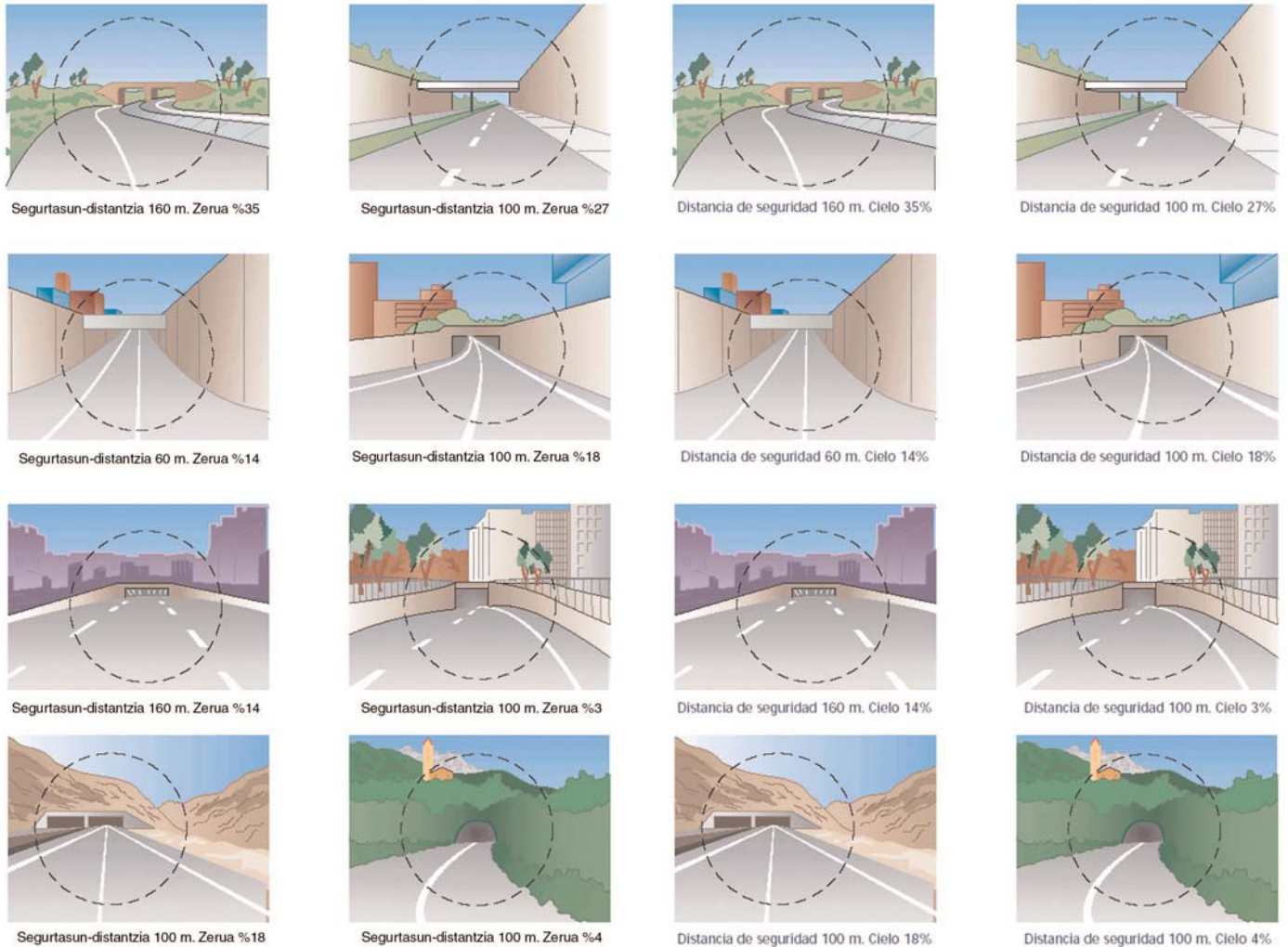
El método exacto para determinar L_{20} debe utilizarse cuando se dispone de suficiente información de la entrada del túnel. En la práctica, el mejor sistema de operar, a la hora de proyectar la iluminación de un túnel, es realizar una estimación inicial del valor de la luminancia de la zona de acceso L_{20} utilizando la Tabla 5.1.1.1 del Método aproximado, pero el diseño final del alumbrado debe realizarse mediante el Método exacto.

Komenigarria da segurtasun nahikoa dakarren maila definitzea, betiere kostuaren benetako beharretara egokituta. Tunelaren barruko argiztapen-maila definitzeko ikuspen irizpide zorrotzak erabiliko balira soilik, nahikoak ez diren balioak izango genituzke; segurtasun neurriak dira, hain zuzen, lehenago aipaturikoak baino maila handiagoak dakartzatenak. Argiztapen atalaseen maila horiek handiagoak dira trafiko dentsitate handiagoak dauden hiri-tuneletan.

Es conveniente definir el nivel adecuado que, ajustándose a las necesidades reales de costo, suponga tener la suficiente seguridad. Si se utilizasen solamente estrictos criterios de visibilidad para la definición del nivel de iluminación en el interior del túnel, se llegaría a valores insuficientes; son las medidas de seguridad, las que imponen unos niveles superiores a los antes mencionados. Hay que señalar que estos niveles de umbral de iluminación son mayores en los túneles urbanos donde las densidades de tráfico son más elevadas.

5.1.1.3 irudia – Zeruko portzentajeak gidariaren ikuspenean

Fig. 5.1.1.3 – Porcentajes de cielo en la visual del conductor



Honako hauen arabera aldatzen dira egokitapen-luminantziako balioak tuneleko ardatzean zentraturiko 20 graduko eremuan, sarrerako ahoetan erreferentziatzat jotzen direnak: gelditzeko distantziaren, ikuspen-eremuko luminantziaren intentsitatearen eta 20 graduko ikuspen-eremuko zeruko portzentajearen arabera; gutxieneko balioak 1.500 cd/m²-koak eta gehienekoak, berriz, 7.500 cd/m²-koak dira. 5.1.1.3 taulak ikusizko inguruaren baldintzen araberako balioak ematen ditu.

Los valores de luminancia de adaptación en el campo de 20° centrado en el eje del túnel, que se toman de referencia en las bocas de entrada varían con la distancia de parada, con la intensidad de iluminación en el campo de visión y con el porcentaje de cielo en el campo de visión de 20°, con valores mínimos de 1500 cd/m² y máximos de 7500 cd/m². La tabla 5.1.1.3 indica unos valores en función de las condiciones del entorno visual.

5.1.1.3. Taula – Egokitapen-luminantziak, ikuspen-eremuaren baldintzen arabera

Tabla 5.1.1.3. – Luminancias de adaptación según las condiciones del entorno visual

Ikuspen-eremuaren baldintzak	Luminantzia (cd/m ²)
Zeruak edo luminantzia altuko eremuak hartzen dute ikuspen-aldearen %60 baino gehiago.....	7.000
Tunelaren ahoa eta ingurua gune irekietan daude kokatuta, hegoalderantz. Ikuspen-eremuaren %50 baino gehiago hartzen du zeruak edo azalera argiak.....	6.000
Sarrerako aldea garbi dago eta ahokaduran obra-azalera argia du, baita zoladura ere. Ikuspen-eremuaren %40 baino gehiago hartzen du zeruak edo azalera argiak.....	5.000

Condiciones del entorno visual	Luminancia (cd/m ²)
Más del 60% del área de visión está ocupada por el cielo o superficies con alta luminancia.....	7.000
La embocadura del túnel y su entorno están localizados en un entorno abierto y orientados hacia el Sur..... Más del 50% del campo de visión está ocupada por el cielo o superficies con alta luminancia.....	6.000
La zona de entrada se encuentra despejada y en la embocadura presenta una gran superficie de obra clara, así como el pavimento. Más del 40% del área de visión está ocupada por el cielo o superficie clara.....	5.000

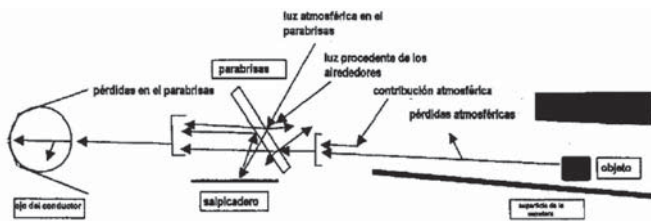
Ikuspen-eremuaren baldintzak	Luminantzia (cd/m ²)
Ikuspen-eremuaren %25 baino gehiago hartzen du zeruak edo luminantzia altuko azalerek. Tunelaren ahokadura eta inguruak nahikoa toki irekian daude koka-tuta, hego-sortaldera edo hego-sartaldera bideratuta gutxienez 25°-tan. Hiri guneetako tunelak oro har.....	4.000
Ez dago ikuspen-eremu oso azalera argitsurik –zerua, adibidez– proportzio txikian ez bada. Tunelaren ahokadura malda handiko magalekin edo alde bietan basoekin inguratutik. Hiri guneetako tunelak, ahokaduretan eraikin altuekin inguratutik. Tunelaren ahokaduretan eguzki argiak zuzenean eragiten ez duen inoiz, edozein urtaro izanda ere.	3.000
Mendiko tuneleko ahokadura, iparraldera bideratuta eta alboetan landarez beteriko magalekin; ikuspen-eremu horretan luminantzia baxuko azalera daude soilik.....	2.000

Condiciones del entorno visual	Luminancia (cd/m ²)
Más del 25% del área de visión está ocupada por el cielo o superficies con alta luminancia. La embocadura del túnel y su entorno están localizados en una zona bastante abierta y orientada al sudeste o sudoeste por lo menos 25°. Túneles en áreas urbanas en general.....	4.000
No existen en el campo de visión superficies muy luminosas como cielo, mas que en muy pequeña proporción. La embocadura del túnel se encuentra flanqueada por laderas de pendiente acentuada o bosque a ambos lados. Túneles en áreas urbanas con la embocadura rodeada de altos edificios. Túneles localizados de tal manera que sobre su embocadura no pueden incidir directamente la luz solar en ningún momento ni época del año.....	3.000
Embocadura del túnel de montaña orientada hacia el Norte y flanqueada por laderas cubiertas de vegetación, en cuyo campo de visión solo existen superficies de baja luminancia.....	2.000

5.1.1.4. Hautemandako kontraste metodoa

Metodorik zehatzena hautemandako kontrastearena da, CIE-88aren azken berrikuspenean adierazten denaren arabera, baina zailtasun bat du, hau da, errezel-luminantzia atmosferikoen eta haizetakoarenaren benetako balioak zein diren jakitea, baita errezel-luminantzia baliokidearena zein den jakitea ere. Eszenako luminariak ondoko irudian jaso dira:

5.1.1.4. irudia



Balaztatzeko distantziatik hautemandako oztupoaren kontrastea, objektuaren luminantzia hautemanaren ($L_{o,p}$) eta galtzadaren luminantzia hautemanaren ($L_{r,p}$) araberakoa da:

$$C_{\text{percibido}} = \frac{L_{o,p} - L_{r,p}}{L_{r,p}}$$

Komenigarria da eskatutako gutxieneko kontrastea %28koa izatea.

$$L_{o,p} = \tau_{WS} \cdot \tau_{atm} \cdot L_{o,intrinseco} + \tau_{WS} \cdot L_{atm} + L_{WS} + L_{seq}$$

$$L_{r,p} = \tau_{WS} \cdot \tau_{atm} \cdot L_{r,intrinseco} + \tau_{WS} \cdot L_{atm} + L_{WS} + L_{seq}$$

Non:

ζ_{WS} : haizetakoaren transmisio-faktorea, 0,8ko balioarekin, tokiko datu eskuragarriak ez badago.

τ_{WS} : transmisio-faktore atmosferikoa, 1,0eko balioarekin, tokiko datu eskuragarriak ez badago.

L_{atm} : Errezel atmosferikoaren luminantzia.

L_{WS} : Haizetakoaren atmosferikoaren luminantzia.

L_{seq} : Errezel luminantzia baliokidea.

Errezel atmosferikoaren luminantzien balio tipikoak eta haizetakoarenak honakoak dira:

5.1.1.4. Taula

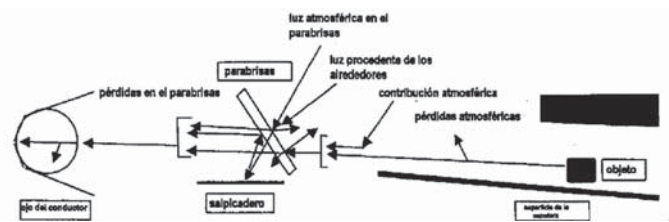
Errezel-mailak	Altua	Ertaina	Baxua
Errezel atmosferikoaren luminantzia (cd/m ²)	300	200	100
Haizetakoaren errezel luminantzia (cd/m ²)	200	100	50

Ikuspegi-eremuko azalera luminantziarik handiena duen errezel luminantzia baliokidearen kalkuluak (L_{seq}) atalaseko argizta-

5.1.1.4. Método de contraste percibido

El método más preciso es el del contraste percibido, según se enuncia en la última revisión de la CIE-88, aunque presenta la dificultad de conocer los valores reales de luminancias de velo atmosférica y del parabrisas, así como de la luminancia de velo equivalente. Las luminarias de la escena se presentan en la siguiente figura:

Fig. 5.1.1.4.



El contraste del obstáculo percibido desde la distancia de parada es función de la luminancia percibida del objeto ($L_{o,p}$) y de la luminancia percibida de la calzada ($L_{r,p}$):

$$C_{\text{percibido}} = \frac{L_{o,p} - L_{r,p}}{L_{r,p}}$$

Se recomienda que el contraste mínimo requerido sea del 28%.

$$L_{o,p} = \tau_{WS} \cdot \tau_{atm} \cdot L_{o,intrinseco} + \tau_{WS} \cdot L_{atm} + L_{WS} + L_{seq}$$

$$L_{r,p} = \tau_{WS} \cdot \tau_{atm} \cdot L_{r,intrinseco} + \tau_{WS} \cdot L_{atm} + L_{WS} + L_{seq}$$

Donde:

ζ_{WS} : factor de transmisión del parabrisas, con valor de 0,8 a falta de datos locales disponibles.

τ_{WS} : factor de transmisión atmosférico, con valor de 1,0 a falta de datos locales disponibles.

L_{atm} : Luminancia de velo atmosférica.

L_{WS} : Luminancia de velo del parabrisas.

L_{seq} : Luminancia de velo equivalente.

Los valores típicos de las luminancias de velo atmosférica y del parabrisas son los siguientes:

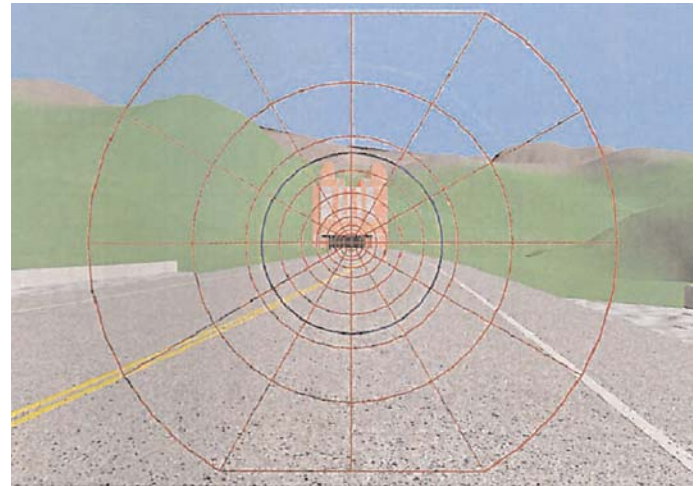
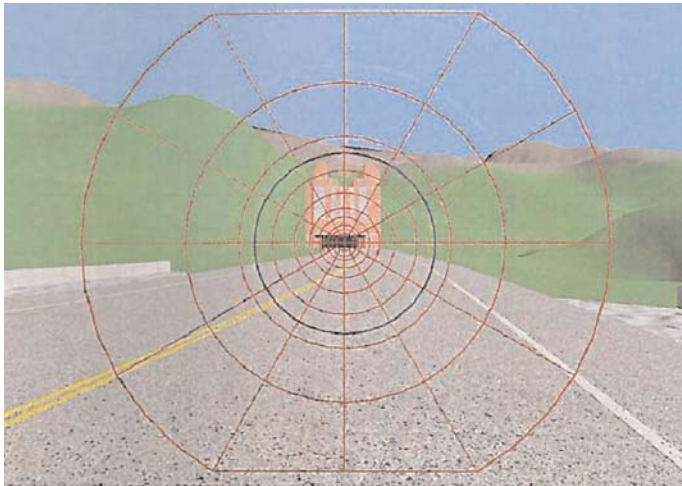
Tabla 5.1.1.4.

Niveles de velo	Alto	Medio	Bajo
Luminancia de velo atmosférica (cd/m ²)	300	200	100
Luminancia de velo del parabrisas (cd/m ²)	200	100	50

El cálculo de la luminancia de velo equivalente (L_{seq}) con la mayor luminancia de superficie que ocurre en el campo de visión

pen maila altuak eragiten ditu. Kasu honetan, erreferentzia gisa urteko 75 egun-orduan, gutxienez, egon litezkeen luminantzia handiagoak erabiltzea proposatzen da. Tunelean «itsutze lente» batekin ekipatutako luminantzimetro bereziekin edo ibilgailuaren barruko itsutzea ebaluatzeko neurgailuekin tunelean neurketarik egin ez bada, errezel luminantzia baliokidea metodo grafiko baten bidez kalkula daiteke, Holladay-Stilesen formularen oinarrituz, tunel-ahoa zentratutako 9 eraztuneko diagrama polar batekin, eraztun bakoitzak ikuspegi-angelu desberdinak izanik, gelditzeko distantzian kokatutako behatoki batekin.

conduce a niveles muy altos del alumbrado umbral. Se propone en este caso utilizar las mayores luminancias que puedan ocurrir probablemente durante al menos 75 horas diurnas por año como referencia. A falta de mediciones en el lugar del túnel con luminómetros especiales equipados con una «lente de deslumbramiento», o con medidores de evaluación de deslumbramiento dentro del vehículo, la luminancia de velo equivalente puede calcularse mediante un método gráfico basado en la fórmula de Holladay-Stiles, con un diagrama polar de 9 anillos centrados en la boca del túnel, cada uno con diferentes ángulos de visión desde un punto de observación situado a la distancia de parada.



Eraztun-topologiak	Zentroa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Irakite-angelua	2,0°	3,0°	4,0°	5, 8.a	8,0°	11,6°	16,6°	24,0°	36,0°	58,6°

Anillo	Centro	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ángulo de abertura	2,0°	3,0°	4,0°	5,8°	8,0°	11,6°	16,6°	24,0°	36,0°	58,6°

Ikuspegi-eremuko sekzio guztiak batuz (2ºko eraztunari dagokion izan ezik) errezel luminantzia baliokide kopuru osoa lortzen da.

Sumando todas las secciones del campo visual (excepto la correspondiente al anillo de 2º) se obtiene la cantidad total de luminancia de velo equivalente.

$$L_{seq} = 5,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sum L_{ije}$$

Eta $L_{ije} = (\tau_{WS} \cdot L_{ij}) + L_{WS}$

Non:

L_{seq} : errezel luminantzia baliokide osoa (cd/m²).

L_{ije} : sekzio bakoitzeko luminantzia (cd/m²) begiaren aurrean.

L_{ij} : sekzio bakoitzeko batez besteko luminantzia (cd/m²) ibilgailutik kanpo neurtuta, haizagailuaren aurrean.

L_{WS} : haizetakoaren errezel luminantzia sarritan gutxietsi egiten da hasierako ekuazioan.

Tunelaren inguruko luminantzia neurturik ez badago, 5.1.1.2 Taulako kcd/m² erreferentzia-datuak erabil daitezke, eta aurreko atalean adierazi da metodo zehatza.

Aipatutako ekuazioetan oinarrituz, atalase luminantzia honela kalkulatu litzateke:

$$L_{th} = \frac{L_m}{\frac{1}{C_m} \cdot \left(\frac{\rho}{\pi \cdot q_c} - 1 \right) - 1}$$

Eta $L_m = \frac{\tau_{WS} \cdot L_{atm} + L_{WS} + L_{seq}}{\tau_{WS} \cdot \tau_{atm}}$

Donde:

C_m : Hautemandako gutxieneko kontrastea 0,28 balio negatibokoa (-0,28) baldin eta $q_c > 0,06$.

ρ : Objektuaren islatze-faktorea, 0,2 baliokoa.

q_c : Kontrastea erakusten duen koefizientea 0,2ko baliokoa sistema simetrikoetarako, eta 0,6koa kontrafluxuko sistemetarako.

$$L_{seq} = 5,1 \cdot 10^{-4} \cdot \sum L_{ije}$$

Con $L_{ije} = (\tau_{WS} \cdot L_{ij}) + L_{WS}$

Donde:

L_{seq} : luminancia de velo equivalente total (cd/m²).

L_{ije} : luminancia de cada sección (cd/m²) en frente del ojo.

L_{ij} : luminancia media de cada sección (cd/m²) medida fuera del vehículo, en frente del parabrisas.

L_{WS} : luminancia de velo del parabrisas, puede ser a menudo despreciada en la ecuación previa.

En caso de que no haya disponible luminancias medidas del entorno del túnel, pueden usarse los datos de referencia en kcd/m² de la siguiente la Tabla 5.1.1.2, indicada en el apartado anterior del método exacto.

A partir de las ecuaciones anteriores, la luminancia umbral se calcularía de la siguiente forma:

$$L_{th} = \frac{L_m}{\frac{1}{C_m} \cdot \left(\frac{\rho}{\pi \cdot q_c} - 1 \right) - 1}$$

Con $L_m = \frac{\tau_{WS} \cdot L_{atm} + L_{WS} + L_{seq}}{\tau_{WS} \cdot \tau_{atm}}$

Donde:

C_m : Contraste mínimo percibido de valor 0,28, negativo (-0,28) si $q_c > 0,06$.

ρ : Factor de reflectancia del objeto, de valor 0,2.

q_c : Coeficiente revelador de contraste, de valor 0,2 para sistemas simétricos, y 0,6 para sistemas a contraflujo.

5.2. Sarrerako aldeko argiak

irudian agertzen denez, tuneleko sarrerak ondoz ondoko bi tar- te ditu: atalaseko aldea, tuneleko ahotik hurbilen dagoena, eta trantsi- zio-ko aldea.

5.2.1. Atalasearen aldeko argiztapen-mailak

Kontraste hautemanaren metodoarekin zuzenean lortzen da atalasean behar den luminantzia. Aitzitik, gutxi gorabeherako metodoa (5.1.1.1 atalekoa) edo metodo zehatza (5.1.1.2 atalekoa) erabiliz gero, atalasearen inguruko luminantzia honela kalkulatu- ko da:

Atalaseko aldea atariaren ondoren zuzenean kokaturik dago- en tuneleko lehen zatia da; hortaz, tunelaren ahotik hasten da. Argi- teriak atalaseko aldearen hasieran egunez eman behar duen lumi- nantzia-maila, L_{th} (galtzadako azaleraren batez besteko luminantzia, zerbitzuan dagoen eta instalazioaren mantentzea duena), sarre- rako aldeko L_{20} luminantziaren ehuneko bat da, halako moldez non hauxe egiaztatzen baita:

$$L_{th} = k L_{20}$$

Sarrerako ikuspegiak hartutako proportzioa sarrera-eremu- aren longituedearen funtzio bat denez, bete behar den k-ren gutxie- neko balioa gelditzeko distantziaren araberakoa da (edo zirkulazio- abiaduraren araberakoa), taula honi jarraiki:

5.2.1. Taula – K-ren gutxieneko balioak

Argiztapen sistema Abiadura (km/h)	Simetrikoa $k = L_{th}/L_{20}$	Kontrafluxua
≤ 60	0,05	0,04
80	0,06	0,05
120	0,10	0,07

5.2.2. Atalasearen aldeko luzera

Atalaseko aldearen luzerak, gutxienez, segurtasun distantziaren luzera bera izan behar du (SD). Distantzia horren lehen zatian (SD), galtzadako luminantzia L_{th} -ren berdina izango da, hots, atalaseko aldearen hasieran duen balioa.

Segurtasun distantziaren lehen zatitik aurrera (SD), $0,4 L_{th}$ -ren berdina izango den baliora txikitu daiteke pixkanaka eta linealki ata- laseko aldearen amaieran (5. irudia). Mailaz maila egin daiteke murriz- keta graduala atalaseko aldearen bigarren zatian, halako moldez non mailen arteko erlazioak ez baitu gaindituko 3:1 balioa eta lumi- nantzia ez baita jaitsiko murrizketa gradual linealari dagozkion balio- etatik.

5.2.3. Hormetako luminantzia

Atalaseko aldeko hormen batez besteko luminantziak, 2 m-ko altueraraino, galtzadako azaleraren batez besteko luminantziaren antzekoa izan behar du. Batez besteko luminantziaren balioaren %60ko balioa onartzen da galtzadako hormetan.

5.2.4. Trantsizio-ko aldearen luzera eta luminantzia

Atalaseko aldearen ondotik dagoen tuneleko zatia da trantsi- zio-ko aldea, 5. irudian agertzen denez. Hortaz, atalaseko aldearen amaieran hasi eta barruko aldearen hasieran bukatzen da alde hori.

5. irudiarekin bat etorriz, trantsizio-ko aldearen luzera ibilgai- luak egin behar duen distantzia da, hain zuzen ere atalaseko alde- ko luminantzia-mailatik tunelaren barruko aldean hasten deneko lumi- nantzia balioraino igarotzeko behar den distantzia, betiere ikusizko egokitzapena eginez. Horren ondorioz, ibilgailuaren abiadura bakoitzean, trantsizio-ko aldearen luminantziaren murrizketa onar- garria, L_{tr} , alde horretan eginiko distantziaren funtzioa da.

Pixkanaka jaisten da trantsizio-ko aldeko instalazioan mantentzea duen eta zerbitzuan den galtzadako batez besteko L_{tr} luminantzia, atalaseko luminantziatik barruko aldeko luminantziaraino.

Proba experimental ugari egin izanaren ondorioz daukagu 5. irudiko kurba, betiere begiaren egokitzapenaren arabera, luminantzia

5.2. Alumbrado de la zona de entrada

Tal y como se representa en la figura 5, la entrada del túnel consta de dos tramos consecutivos: la zona de umbral, que es la más próxima a la boca del mismo y la zona de transición.

5.2.1. Niveles de iluminación de la zona de umbral

Con el método de contraste percibido se obtiene directamente la luminancia requerida en el la zona umbral. Por el contrario, en caso de haber utilizado el método aproximado (apartado 5.1.1.1) o el método exacto (apartado 5.1.1.2), la luminancia de la zona umbral se calculará de la siguiente forma:

La zona de umbral es la primera parte del túnel ubicada direc- tamente después del portal, comenzando, por tanto, en la boca del mismo. El nivel de luminancia L_{th} (luminancia media en servicio de la superficie de la calzada con mantenimiento de la instalación), que debe ser proporcionado por el alumbrado durante el día al comienzo de la zona de umbral, es un porcentaje de la luminan- cia de la zona de acceso L_{20} , de forma que se verifica:

$$L_{th} = k L_{20}$$

Como la proporción tomada por la vista de la entrada es una función de la longitud de la zona de acceso, el valor mínimo de k que ha de cumplirse depende también de la distancia de parada (o la velocidad de circulación) de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 5.2.1 – Valores mínimos de K

Sistema de alumbrado Velocidad (km/h)	Simétrico $k = L_{th}/L_{20}$	Contraflujo
≤ 60	0,05	0,04
80	0,06	0,05
120	0,10	0,07

5.2.2. Longitud de la zona de umbral

La longitud de la zona de umbral debe ser como mínimo igual a la distancia de seguridad (DS). En la primera mitad de dicha dis- tancia (DS), la luminancia en la calzada será igual a L_{th} , es decir, el valor al comienzo de la zona de umbral.

A partir de la mitad de la distancia de seguridad (DS), la lumi- nancia de la calzada puede disminuir gradual y linealmente has- ta un valor, al final de la zona de umbral, igual a $0,4 L_{th}$ (figura 5). La reducción gradual en la segunda mitad de la zona de umbral puede realizarse de forma escalonada, de manera que la relación entre escalones no exceda de la relación 3:1 y la luminancia no caiga por debajo de los valores correspondientes a la disminución gradual lineal.

5.2.3. Luminancia de las paredes

La luminancia media de las paredes en la zona de umbral, has- ta una altura de 2 m, debe ser similar a la luminancia media de la superficie de la calzada, admitiéndose un valor del 60% del valor de la luminancia media en la calzada para las paredes.

5.2.4. Luminancia y longitud de la zona de transición

La zona de transición es la parte del túnel que sigue a la zona de umbral, tal como se indica en la figura 5. Por tanto, comienza al final de la zona de umbral y termina al inicio de la zona del interior.

De conformidad con la figura 5, la longitud de la zona de tran- sición es la distancia que debe recorrer un vehículo para pasar, adap- tándose visualmente, desde el nivel de luminancia del final de la zona de umbral, hasta el valor de la luminancia en el comienzo de la zona del interior. En consecuencia, para cada velocidad del vehícu- lo la reducción permisible de la luminancia en la zona de tran- sición L_{tr} , es función de la distancia recorrida en la mencionada zona.

La luminancia media en servicio de la calzada con manteni- miento de la instalación de la zona de transición L_{tr} disminuye gra- dualmente, desde la luminancia de la zona de umbral hasta la lumi- nancia de la zona del interior.

La curva de la figura 5 es el resultado de numerosas prue- bas experimentales en función de la adaptación del ojo desde

maila altuetatik oso maila baxuetara, eta honako adierazpen hau duen hurbiltze matematikoa sortu da aipaturiko proba horien ondorioz:

$$L_{tr} = L_{th} (1,9 + t)^{-1,428}$$

Hor: t = s denbora segundotan.

Trantsizioko aldeko luminantziaren jaitziera, praktikan, zenbait mailaren bidez egin daiteke, baina maila horiek 3:1eko erlazioa baino txikiagoak izan behar dute eta luminantziak ezin izan ditzake 5. irudiko kurbakoak baino balio txikiagoak, eta trantsizioko aldearen amaierara iritsiko gara luminantzia tuneleko barruko aldeko maila berekoa edo txikiagokoa denean.

5.3. Barne aldeko argiak

Tunelaren barruko aldean, batez besteko luminantzia segurtasun-distantziaren (SD) eta trafiko-kopuruaren arabera eman da. Oso tunel luzeen barruko aldean bi azpi-eremu bereizten dira. Lehenengo azpi-eremua 30 segundotan igarotzen den luzera da, eta «tunel luzeen» mailekin egon behar du argiztaturik. Bigarren azpi-eremua gainerako luzerari dagokio, eta «oso tunel luzeen» mailekin egon behar du argiztaturik.

5.3.1. Taula – Barruko aldeko luminantzia-balioak cd/m^2 tan (tunel luzeak)

Gelditzeko distantzia	Tunel luzeak. Trafiko kopurua (ibilgailuak/ordua/ibilgailuak)	
	Baxua	Handia
160 m	6	10
60 m	3	6

5.3.2. Taula – Barruko aldeko luminantzia-balioak cd/m^2 tan (oso tunel luzeak)

Gelditzeko distantzia	Oso tunel luzeak (ibilgailuak/ordua/ibilgailuak)	
	Baxua	Handia
160 m	2,5	4,5
60 m	1	2

Ezarritako zifren eta tarteko trafiko-kopuruaren (baxua eta altua artean) arteko gelditzeko distantzien kasuan interpolazio lineala erabil daiteke.

Aurreko tauletan erabilitako trafiko-kopurua honela defini daiteke:

5.3.3. Taula – Trafiko kopuruaren sailkapena

Trafiko kopurua	Noranzko bakarreko trafikoa	Noranzko biko trafikoa
Handia	>1500	>400
Baxua	<500	<100

5.4. Irteeren aldeetako argiak

Irteerako aldean, egunez, tunelaren kanpoko aldeko luminantzia altuaren eragina izaten du gidariaren ikuspenak. Irteerako aldea tune-laren barruko aldearen amaieran hasi eta irteerako ahoan bukatzen da, eta tunelaren barruko aldea bezala argiztatu beharko da.

Tunelaren irteeratik hurbil egoera arriskutsuak izan ditzaketen tuneletan eta barruko alde luzea dutenetan, gomendagarria da eguneko luminantzia irteeran pixka bat handiagoa izatea segurtasun-distantziaren (SD) luzeran (irteerako atalasea baino lehenago), barruko aldetik irteerako atalasetik 20 metroko distantziaraino.

altos niveles de luminancia a valores muy bajos, que han dado lugar a una aproximación matemática que responde a la siguiente expresión:

$$L_{tr} = L_{th} (1,9 + t)^{-1,428}$$

Siendo: t = tiempo en segundos.

En la práctica, el descenso de la luminancia en la zona de transición puede llevarse a cabo mediante una serie de escalones que deben ser menores que la relación 3:1 y la luminancia no puede alcanzar valores inferiores a los de la curva de la figura 5, alcanzándose el final de la zona de transición cuando su luminancia es igual o inferior a dos veces el nivel de la zona del interior del túnel.

5.3. Alumbrado de la zona interior

La luminancia media de la carretera en la zona interior del túnel está dada a continuación en función de la distancia de seguridad (DS) y del caudal de tráfico. La zona interior de un túnel muy largo consiste en dos subzonas diferentes. La primera subzona corresponde a la longitud que es cubierta en 30 segundos y debe ser iluminada con los niveles de «túneles largos». La segunda subzona corresponde a la longitud restante y debe ser iluminada con los niveles de «túneles muy largos».

Tabla 5.3.1 – Valores de luminancia en cd/m^2 en la zona interior (túneles largos)

Distancia de parada	Túneles largos Caudal de tráfico (vehículos/hora/carril)	
	Bajo	Elevado
160 m	6	10
60 m	3	6

Tabla 5.3.2 – Valores de luminancia en cd/m^2 en la zona interior (túneles muy largos)

Distancia de parada	Túneles muy largos Caudal de tráfico (vehículos/hora/carril)	
	Bajo	Elevado
160 m	2,5	4,5
60 m	1	2

Para distancias de parada que se encuentran entre las cifras establecidas y caudales de tráfico intermedios (entre bajo y elevado) puede usarse una interpolación lineal.

El caudal de tráfico usado en las tablas anteriores puede ser definido como sigue:

Tabla 5.3.3 – Clasificación de caudal de tráfico

Caudal de tráfico	Tráfico unidireccional	Tráfico bidireccional
Elevado	>1500	>400
Bajo	<500	<100

5.4. Alumbrado de la zona de salida

La zona de salida es la parte del túnel en la que, durante el día, la visión del conductor está influida predominantemente por la elevada luminancia exterior del túnel. La zona de salida comienza al final de la zona del interior y termina en la boca de salida del túnel y deberá ser iluminada de la misma manera que el la zona interior del túnel.

En los túneles en los que se puedan dar situaciones peligrosas adicionales cerca de la salida del túnel y en los túneles en los que la zona interior es larga, se recomienda que la luminancia durante el día en la zona de salida aumente linealmente sobre una longitud igual a la distancia de seguridad (DS) (antes del portal de salida), desde el nivel de la zona interior a una distancia de 20 m del portal de salida.

5.5. Abiapuntuko kanpoaldeko argiak

Tunela argiztatu gabeko errepide batean badago eta gidatze-ko abiadura 50 km/h baino handiagoa bada, gomendagarria da tune-laren abiapuntuko eremuan argiztapena izatea:

- Tunelaren gaueko argiztapen-maila 1 cd/m² baino handi-
goa bada.
- Tunelaren sarreran eta irteeran eguraldi-baldintza desber-
dinak egoteko aukera handiak badaude.

Hala balitz, argiztapen hori aurreikusi beharko da segurtasun-
distantziaren luzeraren bikoitzaren pareko luzeran, tunelaren
barruko eremuan gaueko luminantziaren 1/3tik gorako galtzadako
batez besteko luminantziarekin, eta bidearen argiztapenari buruz
kanpoko argiztapen-instalazioen energia-eraginkortasunari buruz-
ko Araudiko EA-02 Jarraibidean adierazitako mailak betetzea
gomendatzen da.

5.6. Galtzadako luminantziaren uniformitatea

Tuneletako galtzadak eta hormak ibilgailuen grafikoko muga-
tzaile edo ikusizko gidatzat har daitezke; horrexegatik uniformita-
te ona lortu behar da tuneleko hormetan eta galtzadan, 2 m-ko altue-
raraino.

5.6 taulan ezarri dira tuneleko galtzadetako luminantzien uni-
formitate orokorreko eta longitudinaleko zerbitzuan den instalazioaren
gutxieneko balioak, alde guztietan, hots, tunel osoan eta galtzadaren
zabalera osoan.

5.6. Taula – Galtzadaren azaleraren
luminantzia-uniformitateak

UNIFORMITATEAK	
Orokorra U _o	Luzera U _l
0,4	0,6

Uniformitate-balio horiek egiaztatu egin behar dira argiztapen-
instalazioaren argi-fluxuaren murrizketa-maila guztietarako. Gai-
nera, trantsizio-eremuan nahiz atalaseko eremuaren bigarren erdian
(eta irteerako eremuan, horrelakorik baldin badago), luminantziaren
uniformetasuna kalkulatu eta neurtu egingo da bariazio jarraitu-
ko kurba ordezkatzan duen maila bakoitzaren erdialdean. Gomen-
dagarria da aurreko balioak erdieste, mailaren luzera zeinahi izan-
da ere.

5.7. Itsualdiaren muga

Itsualdiak ikuspena murrizten duenez gero, oso garrantzitsua
da berau ahalik eta txikiena izatea tuneleko argiterian. Itsualdi asal-
datzailea, itsualdia dagoenean oztopo bat ikusteko behar den kon-
traste-atalasearen igoera gisa definitua, ondoko adierazpen haue-
tan zehazten da:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0,8}}$$

ehunekoa, $0,05 \leq L_m, \leq 5 \text{ cd/m}^2$

$$TI = 95 \frac{L_v}{(L_m)^{1,05}}$$

ehunekoa, $L_m > 5 \text{ cd/m}^2$

Non:

TI = Itsualdi asaldatzaileari dagokion atalaseko igoera.

L_v = Guztizko errezel-luminantzia cd/m²-tan.

L_m = Galtzadaren batezbesteko luminantzia cd/m²-tan.

Atalasearen igoerak (TI) %15ekoa baino txikiagoa izan behar
du atalaseko aldeetan, trantsizioko aldeetan eta alde guztietan gauz.
Irteerako aldean, egunez, ez dago mugarik itsualdi asaldatzailean.

5.5. Alumbrado exterior de la zona de partida

En caso de que el túnel pertenezca a una carretera sin ilumi-
nar y la velocidad de conducción sea mayor de 50 km/h, se reco-
mienda disponer de iluminación en la zona de partida del túnel:

- Si el nivel de alumbrado nocturno del túnel es superior a 1
cd/m².
- Si es probable que aparezcan condiciones de tiempo dife-
rentes a la entrada y a la salida del túnel.

En caso afirmativo, debe preverse dicha iluminación en una
longitud igual a 2 veces la distancia de seguridad, con una lumi-
nancia media de calzada no inferior a 1/3 de la luminancia noc-
turna en la zona interior del túnel, recomendándose cumplir los
niveles indicados en la Instrucción EA-02 del Reglamento de efi-
ciencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, para
el alumbrado vial.

5.6. Uniformidad de la luminancia de la calzada

En los túneles, la calzada y las paredes actúan como delimi-
tadores o guías visuales para el tráfico de vehículos, de ahí que
deba alcanzarse una buena uniformidad en la calzada y en las pare-
des de los túneles hasta una altura de 2 m.

En la tabla 5.6 se establecen los valores mínimos en servicio
con mantenimiento de la instalación, de la uniformidad global y lon-
gitudinal de luminancias en las calzadas de los túneles, en todas
sus zonas, es decir, en la longitud total de los mismos y la anchu-
ra completa de la calzada.

Tabla 5.6 – Uniformidades de luminancia
de la superficie de la calzada

UNIFORMIDADES	
Global U _o	Longitudinal U _l
0,4	0,6

Tales valores de uniformidad deben ser verificados para todos
los escalones de reducción de flujo luminoso de la instalación de
alumbrado. Además, en la zona de transición, así como en la segun-
da mitad de la zona umbral (y en la zona de salida si existe), la uni-
formidad de luminancia será calculada y medida en la parte cen-
tral de cada escalón que reemplaza la curva de variación continua.
Se recomienda que se alcancen los valores anteriores, indepen-
dientemente de la longitud del escalón.

5.7. Limitación del deslumbramiento

Dado que el deslumbramiento reduce la visibilidad, es muy
importante minimizarlo en el alumbrado de túneles. El deslum-
bramiento perturbador, definido como el incremento de umbral de
contraste (TI) necesario para ver un obstáculo cuando hay des-
lumbramiento, se especifica mediante las siguientes expresiones:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0,8}}$$

en % para $0,05 \leq L_m, \leq 5 \text{ cd/m}^2$

$$TI = 95 \frac{L_v}{(L_m)^{1,05}}$$

en % para $L_m > 5 \text{ cd/m}^2$

Donde:

TI = Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento
perturbador.

L_v = Luminancia de velo total en cd/m².

L_m = Luminancia media de la calzada en cd/m².

El incremento de umbral (TI) debe ser menor del 15% para
las zonas de umbral, de transición y zona interior durante el día,
y para todas las zonas durante la noche. Para la zona de salida
durante el día no existe limitación en el deslumbramiento per-
turbador.

5.8. Flicker-efektua kontrolatzea

Ikuspen-eremuko luminantziaren aldizkako aldaketek eragiten dute keinadaren edo flicker-efektuaren sentsazioa, tuneletako sabaletan edo hormetan jarritako luminariak eragindakoak noiz-eta luminarien arteko distantzia desegokia dagoenean, betiere argiztapen-intentsitatearen banaketako abiadura-aldaketa handia izanik.

Keinadaren edo flicker-efektuak ikuspenean eragindako deserosotasuna, funtsean, honako faktore hauen arabera da:

- Luminantzia-aldaketen kopurua segundoko (keinaden maiztasuna edo flicker).
- Flicker-efektuaren gutzitiko iraupena.
- Argitik ilunera aldatzeko abiadura, ziklo bakarrean.
- Gorengo argiztapen-mailaren eta argiztapen-mailarik txikiaren arteko erlazioa epealdi bakoitzean (luminantziaren modulazio-sakontasuna).

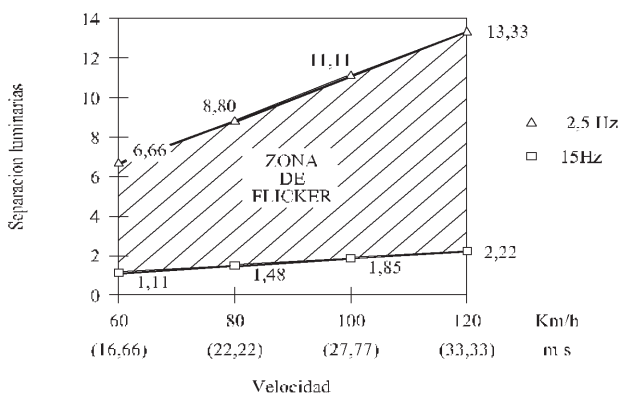
Ilbilgailuaren abiaduraren eta luminarien arteko distantziaren arabera da lehenbiziko hiru puntuen eragina; azken puntua, era berean, ezaugarri fotometrikoen (argi-intentsitatearen banaketa) eta luminarien arteko distantziaren arabera izango da.

Ondoko luminarietako muturren arteko distantzia luminaria bakar baten luzera baino txikiagoa denean, argitik ilunerako aldatzeko abiadurari buruzko hirugarren puntua gutxitu egiten da eta oso txikia da jasotako keinada edo flicker-efektua, argiteriaren instalazioaren ezarpena linea jarraituarekin berdinetik baitaiteke.

Tuneleko alde bateko keinada edo flicker frekuentzia kalkulatu ahal izateko, metro/segundoko trafikoaren abiadura zati metro-tan adierazitako luminarien arteko distantzia egin behar da.

Keinada edo flicker frekuentziak ekidin behar dira (luminantziaren aldaketa), 4 eta 11 Hz bitartekoak (eta, gainera, 2,5 Hz eta 15 Hz bitarteko frekuentziakoak ekiditea gomendatzen da), zirkulazio-abiaduran 20 segundoz baino denbora luzeagoz; izan ere, keinada-efektuak balioa gal baitezake 2,5 Hz-tik beherako eta 15 Hz-tik gorako frekuentzietan.

5.8 irudia – Flicker-efektua



5.9. Gaueko argiak

Tunela argiztatutik dagoen errepide-tarte batean baldin, tune-laren barruko argiztapenaren kalitateak sarrera-errepideko uniformetasun- eta itsutze-mailen parekoa izan behar du, gutxienez. Tuneletan uniformetasunak gauz eguneko argiztapenaren baldintza berak beteko ditu.

Tunela argiztatu gabeko errepide-tarte baten parte bada, barrualdeko galtzadaren azaleraren batez besteko luminantzia ezin da 1 cd/m²koa baino txikiagoa izan, uniformetasun orokorra %40koa izango da, gutxienez, eta uniformetasun longitudinala %60koa izango da, gutxienez.

Gauz eta iluntzeetan edota oso egun lainotueta luminantzia ertainak proiektatzea aurreikusten da tunelaren barruko aldean, ≥ 3 cd/m²-koak.

5.8. Control del efecto Flicker

La sensación de parpadeo o efecto flicker es la impresión molesta e incómoda producida por las variaciones periódicas de la luminancia en el campo de visión, originadas por las luminarias instaladas en las paredes o techos de los túneles cuando existe una separación inadecuada entre las mismas, con una elevada velocidad de cambio en la distribución de la intensidad luminosa.

La incomodidad visual experimentada por el conductor, debida al parpadeo o efecto flicker depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Número de cambios de la luminancia por segundo (frecuencia de parpadeo o flicker).
- Duración total del efecto Flicker.
- Velocidad de cambio de claro a oscuro, en un solo ciclo.
- Relación de pico-luz a valle-oscuridad, dentro de cada período (profundidad de modulación de luminancia).

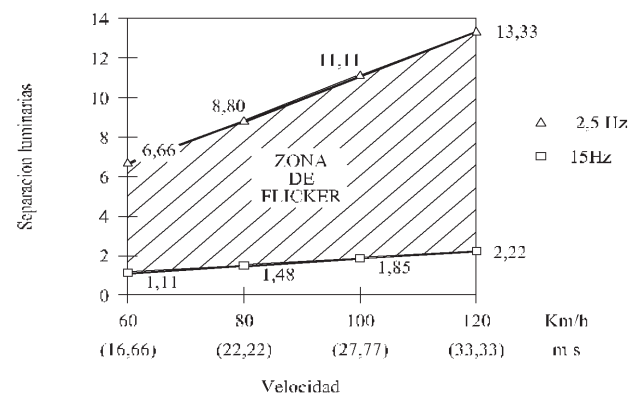
La influencia de los tres primeros puntos, depende de la velocidad del vehículo y de la separación entre luminarias; el último punto depende también de las características fotométricas (distribución de la intensidad luminosa) e interdistancia entre luminarias.

Quando la distancia entre los extremos de las luminarias adyacentes es inferior a la longitud de una sola luminaria, el tercer punto relativo a la velocidad de cambio de claro a oscuro queda minimizado, y el parpadeo o efecto Flicker percibido resulta despreciable, debido a que la implantación de la instalación de alumbrado puede asimilarse a una línea continua.

Para calcular la frecuencia de parpadeo o flicker en una zona del túnel, se divide la velocidad del tráfico en metros/segundo por la separación entre luminarias en metros.

Deben evitarse frecuencias de parpadeo o flicker (variación de la luminancia), comprendidas entre 4 y 11 Hz, recomendándose además evitar frecuencias comprendidas entre 2,5 Hz y 15 Hz, a la velocidad de circulación durante más de 20 segundos, dado que el efecto de parpadeo puede despreciarse para frecuencias por debajo de 2,5 Hz y por encima de 15 Hz.

Fig 5.8 – Efecto flicker



5.9. Alumbrado nocturno

Si el túnel se encuentra en un tramo de carretera iluminado, la calidad del alumbrado dentro del túnel debe ser al menos igual al nivel de uniformidades y deslumbramiento de la carretera de acceso. La uniformidad durante la noche en los túneles satisfará los mismos requisitos que el alumbrado diurno.

Si el túnel es parte de un tramo de carretera que no está iluminado, la luminancia media de la superficie de la calzada interior no debe ser menor de 1 cd/m², la uniformidad global al menos del 40% y la uniformidad longitudinal al menos del 60%.

Es recomendable que, durante la noche y periodos crepusculares y/o días muy nublados proyectar luminancias medias ≥ 3 cd/m² en el interior del túnel.

6. TUNELETAKO LARRIALDIETAKO, EBAKUAZIOETARAKO ARGIZ-TAPENA ETA LUMINANTZIA MAILAREN KONTROLA

Kasu guztietan izan beharko da kontuan elektrizitatea eten ondoren dagoen larrialdietarako argiztapena eta sute kasuetako ebakuazioetarako gidaketa-argiztapena.

6.1. Larrialdietako argiak zerbitzu elektrikoa eten egin dela-eta

Argindarrean akatsen bat badago, larrialdietako argien sistema behar da, eta segurtasuneko argiztapen sistema horrek, gutxienez, ziurtatu egin behar du argiztapenaren zati batek funtzionatzen jarraitzen duela, honako helburu hauek lortzeko:

- Argindarra eteteen, eroaleek azkar gelditzeko duten erre-akzio instintiboa txikitzea, zeren horrek talka ugari eragin baititzake.
- Ibilgailuen trafikorako zentzuzko argiztapen-mailak ematea, betiere ibilgailuen abiadura murriztu ondoren.
- Tunelaren barruan istripua edo matxura gertatu izanaren ondorioz larrialdietako zerbitzuen lana erraztea eta babes-tea.

Larrialdietako argiak tunel osoan zehar jarriko dira, sarreratik irteeraraino tunelaren sarrerako eremua kontuan hartuz; eta luminantzia maila, gutxienez, tunelaren barruko aldearen luminantziaren %10ekoa izango da ($0,1 L_{in}$) 5.3.1 eta 5.3.2 taulak, edo $0,2 \text{ cd/m}^2$ koa, eta bietako baliorik handiena hartu beharko da, gutxienez 10 luxeko batez besteko iluminantzia izango du eta 2 luxekoa, gutxienez, edozein tokitan. Hala lortuko da tunelaren barruko zenbait argi (fluoreszentea) EEstik hornituta eta ekipo autonomoak jarri-ta horma pikoan 50 m-ko tarteetan gehienez.

Ez da larrialdietako argirik behar argiztatu gabeko tuneletan, edo III. motako tuneletan baldin eta, tunelaren barruko edozein tokit-atik, gutxienez tuneleko irteeretako bat ikusteko modua badago.

6.2. Ebakuazio gidaketa-argiak sua dagoenean

I. motako tunel guztietan eta hiri-tuneletan, ebakuazioetarako gidaketa-argien sistema bat jarri behar da. Gainerako tuneletan jarri behar den aztertu beharko da.

Ebakuaziorako argiek tunelaren erabiltzaileak gidatu behar ditu tunela ebakuatzea beharrezko egiten duten sute-egoerak gertatzen badira, eta larrialdietako irteerak dauden horma pikoan edo horma pikoetan kokatutako luminariak izango dira, edo, bestela, zirkulazio-noranzkoaren eskuineko horma pikoan. Halaber, ebakuazio-galeriaren barruan nahiz horien atondoetan (horrelakorik dago) jarri behar dira.

Beren arteko tarte 50 metrokoa baino txikiagoa izango da, eta, horrela, argiztapen-mailak bermatuko dira, eta galtzadatik 1,5 metrora egon ahalko dira gehienez ere, etengabe egongo dira piz-tuta eta, horrela, sute-kasuetarako aurreikusitako funtzionamendua bermatuko da. 2 luxeko gutxieneko argiztapen horizontalaz eta espaloit-ik $0,5$ metrora proiektatu beharko da.

Ebakuazio-argiztapena EES batera konektatuta egongo da edo/eta bateria autonomoak izango ditu.

III. motako tunelaren barruko edozein tokit-atik gutxieneko irte-eretako bat ikusten denean, ez da beharrezkoa izango ebakuazioko gidaketarako argien sistema bat jartzea sua dagoenean.

7. IKUSIZKO GIDAKETA

Tuneletik doanean, informazio egokia izan behar du ibilgailu-ko gidariak. Hori lortzeko, tunelaren azalera hainbat kontraste-aza-leratan zatitu daiteke; esate baterako, tuneleko hormak kolore argi-koak izan daitezke eta sabaia iluna. Ikusizko gidaketak berebiziko garrantzia du erabiltzailea tuneleko hurbiltzen denean ibilgailua gidatuz, eta bereziki sarrerako argiztapen-maila baxua denean.

7.1. Ikusizko gidaketa I eta II. motako tuneletan

Sarrerako eremuan, gutxienez 5 luminaria jarri behar dira lehe-nengo 75 metroan.

6. ALUMBRADO DE EMERGENCIA, EVACUACION Y CONTROL DEL NIVEL DE LUMINANCIA EN TÚNELES

En todos los casos deben tenerse en cuenta el alumbrado de emergencia por interrupción del suministro eléctrico y el alumbrado de evacuación en caso de incendio.

6.1. Alumbrado de emergencia por interrupción del servicio eléctrico

Quando exista un fallo en la alimentación de corriente eléctrica, se requiere un sistema de alumbrado de emergencia que, al menos, asegure que una parte del alumbrado permanezca en funcionamiento al objeto de:

- Minimizar, en el momento del corte del fluido eléctrico, la reacción instintiva de los conductores de frenar rápidamente, lo que podría ocasionar múltiples colisiones.
- Dotar de unos niveles de iluminación razonables para el tráfico de vehículos, una vez que se haya impuesto una restricción en la velocidad de los vehículos.
- Ayudar y proteger el trabajo de los servicios de emergencia que se derivan de un accidente o una avería dentro del túnel.

El alumbrado de emergencia se instalará a lo largo de todo el túnel, desde la entrada hasta la salida, teniendo en cuenta la zona de acceso al túnel; con un nivel de luminancia como mínimo del 10% de la luminancia de la zona interior del túnel ($0,1 L_{in}$) tablas 5.3.1 y 5.3.2 o de $0,2 \text{ cd/m}^2$, debiéndose adoptar el valor mayor de los dos, como mínimo de 10 lux de iluminancia media y 2 lux como mínimo en cualquier punto. Esto se conseguirá alimentando parte del alumbrado interior del túnel (fluorescente) desde SAI y con equipos autónomos en los hastiales cada 50 m como máximo.

El alumbrado de emergencia no es necesario en los túneles sin iluminar, o en túneles tipo III si, desde cualquier posición dentro del túnel, es visible al menos una de las salidas del túnel.

6.2. Alumbrado de evacuación en caso de incendio

Para todos los túneles de tipo I y túneles urbanos se requiere la instalación de un sistema de alumbrado de evacuación. Su implantación en el resto de túneles será objeto de estudio.

El alumbrado de evacuación debe permitir el guiado de los usuarios del túnel ante situaciones de incendio que requieran evacuar el túnel a pie y consistirá en luminarias colocadas en el hastial o hastiales en los que se sitúen las salidas de emergencia o en su defecto en el hastial derecho en el sentido de circulación. Asimismo deben colocarse tanto dentro de la galería de evacuación, como en sus vestíbulos, si dispone de los mismos.

La separación deberá ser inferior a 50 m, con lo que se garanticen los niveles de iluminosidad y a una altura máxima de 1.5 m de la calzada, estando encendidas permanentemente y garantizando, de esta manera, el funcionamiento previsto en caso de incendio. Deberá proyectarse con una iluminancia horizontal mínima de 2 lux a $0,5$ m de la acera.

El alumbrado de evacuación estará conectado a SAI y/o contará con baterías autónomas.

En túneles tipo III, cuando desde cualquier lugar del interior del túnel, sea visible al menos una de las salidas, no será necesaria la instalación de este sistema de alumbrado para guiado de evacuación en caso de incendio.

7. GUIADO VISUAL

Al circular por el interior del túnel el conductor de un vehículo debe poseer la información adecuada. Esto puede conseguirse dividiendo la superficie longitudinal del túnel en varias superficies de contraste, como por ejemplo dejando las paredes del túnel claras y el techo oscuro. El guiado visual resulta de especial importancia cuando se aproxima el usuario conduciendo el vehículo al túnel y, particularmente, si el nivel luminoso de la zona de entrada es bajo.

7.1. Guiado visual para túneles tipo I y II

En la zona de entrada, deben instalarse en los primeros 75 m, como mínimo 5 luminarias.

Ikusizko gidaketaren araberako haztapan-faktoreak baloratzeko, aintzat hartuko da tuneleko hormetan eta galtzadan dispositibo islatzaile osagarriak jartzeko aukera (balizamendua, foku-hartzaileak, mugarriak, etab.).

7.2. Ikusizko gidaketa III. motako tuneletan

III. motako tunelek edo argien instalazioa ez duten beheko pasabideek seinaleztapen ona behar du, seinaleztapen bertikala zein horizontala. Honako kokapen hauek erabil daitezke ikusizko gidaketan:

- Marka islatzaileak galtzadan.
- Balizamendu islatzailearen sistema (kaptafaroak, mugarria, etab.) galtzadan.
- Markak eta balizamendu islatzailea hormetan.
- Diodo fotoemisoreak edo argi-emisoreak.

8. ARGIEI KONTROLA

8.1. Argien luminantzia-mailaren kontrola

Sarrerako aldeko luminantzia aldatu egiten da egunez. Izan ere, egunez, atalaseko aldeetan eta trantsizioko aldeetan jarritako argiek eman beharreko luminantzia-mailak luminantziaren portzentaje konstanteak izan behar dituzte sarreretan. Horrexegatik argiteria artifizialeko kontrol automatikoa aurreikusi behar da aipaturiko alde horietan.

Atalaseko aldean behar den luminantzia-maila kontrolatzeko, praktikan, 20 graduko neurketa-eremua duen luminanzimetroa erabili beharko da, tuneleko ahoan zentratuta eta segurtasun distantzian kokatuta (SD), tuneleko atariaren parean. Instalazioaren benetako beharrak direla-eta, gidariaren begiaren altueran baino altuera handiagoan muntatu behar da luminanzimetroa (L_{20} -rako definitu den moduan); mantentze-lanen ondorioz, zoladuratik 2 m eta 5 m bitarteko altueran muntatu beharko da. Hori dela-eta, aparte kalibratu beharko da tresna, eta atalasearen aldean L_{th} neurketa egingo da beste luminanzimetro batekin, zeren eta atalaseko luminantziak hornituriko luminarietako zirkuituen doikuntzaren menpe baitaude. Bi luminantziak proportzionalak direla suposatzen da.

Adimendun kontrol batekin konektatutako da aipaturiko depositu hori, eta automatikoki piztuko ditu zirkuitu egokiak lorturiko datuen arabera. Luminanzimetroek honako parametro hauek izatea komeni da: 1 eta 10.000 cd/m² bitarteko neurketa-lerruna eta 4-20 mA-ko irteera analogikoa. Garrantzitsua da kontrolako sistemak luminanzimetroaren seinalean zatzerapena izatea bere baitan, hodei iragankorren ondoriozko egoera-aldaketarik gerta ez dadin.

Luminanzimetroak huts egiten badu, segurtasun posizio batean kokatuko da kontrola, oinarritzko argitasun-maila jartzeko agindua emanez, edo bitarteko etapa bati dagokion maila egun argiz bada (fotozelulatik jasotako seinaletik).

Argiteria mugatuta dagoen tuneletan, zelula fotoelektrikoen eta orduen kontrolaren bidez kudea daiteke argien sistema. Tuneleko oinarritzko argietarako eta gaueko argietarako luminaria fluoreszenteek balasto elektronikoen bidez jaso dezakete fluxua gauez finkaturiko ordu jakin batzuetan, zertarako-eta argindarraren kontsumoa hobetu ahal izateko.

Argietako zirkuituen egoera guztiak monitorizatu behar dira kontrolako zentrotik.

Argietako zirkuituak hornitzeko sisteman dihardutenen bidez egingo du agintea kontrolako sistemak, baita fluxu-murriztaileen bidez ere (horrelako elementuak izanez gero). Honelaxe abiarazi ahal izan da:

- Teleagintea kontrolako zentrotik.
- Funtzionatzeko sistema automatikoa. Tuneleko teknikoak adimendun sistema bat eduki behar du, kontrolako zentroarekiko komunikazioa galduz gero automatikoki funtzionatzen jarrai dezan.
- Eskuz abiarazten den eta aurreko edozein sistemaren aurretik lehenetsiko den tokiko kontrola, zertarako-eta larrialdia dagoenean baimendutako pertsonalak ekipoak pizteko tuneletik.

En la valoración de los factores de ponderación en función del guiado visual, se considerará la instalación adicional de dispositivos retrorreflectantes (balizamiento, captafaros, hitos, etc.) en las paredes del túnel y en la superficie de la calzada.

7.2. Guiado visual en túneles tipo III

Los túneles tipo III que carecen de instalación de alumbrado, requieren una buena señalización tanto vertical como horizontal. Podrán utilizarse las siguientes disposiciones para el guiado visual:

- Marcas retrorreflectantes en la calzada.
- Sistema de balizamiento retrorreflectante (captafaros, hitos, etc.) en la calzada.
- Marcas y balizamiento retrorreflectante en las paredes.
- Diodos fotoemisores o emisores de luz.

8. CONTROL DE ALUMBRADO

8.1. Control del nivel de luminancia en el alumbrado

La luminancia en la zona de acceso varía con los cambios en las condiciones diurnas. Durante el día, los niveles de luminancia que deben ser proporcionados por la instalación de alumbrado en las zonas de umbral y transición deben ser porcentajes constantes de la luminancia en la zona de acceso, por lo que es necesario prever un control automático del alumbrado artificial en estas zonas.

En la práctica para el control del nivel de luminancia requerido en la zona de umbral debe usarse un luminancímetro con un campo de medición de 20°, centrado sobre la boca del túnel y posicionado a la distancia de seguridad (DS), enfrente del portal del túnel. Por necesidades reales de instalación, el luminancímetro ha de estar montado a una mayor altura que la posición del ojo del conductor (como se ha definido para L_{20}), por razones de mantenimiento deberá montarse a una altura entre 2 y 5 m sobre el pavimento. Por ello, el instrumento deberá calibrarse por separado con una medición de L_{th} en la zona umbral con un segundo luminancímetro ya que la luminancia efectiva de la zona umbral depende del ajuste de los circuitos de luminarias que son alimentados. Se supone que las dos luminancias son proporcionales.

Este equipo estará conectado a un control inteligente que, automáticamente, enciende los circuitos correspondientes según los datos obtenidos. Se recomienda que los luminancímetros tengan un rango de medida entre 1 y 10.000 cd/m², salida analógica 4-20 mA. Es importante que el sistema de control incluya un retardo en la señal del luminancímetro para evitar cambios de situaciones de alumbrado por nubes pasajeras.

En caso de fallo en el luminancímetro, el control irá a una posición de seguridad dando la orden de niveles de alumbrado base o una etapa intermedia si es de día (a partir de la señal recibida de la fotocélula).

Para túneles con alumbrado limitado, el sistema de control de alumbrado podrá realizar la gestión del sistema de alumbrado mediante células fotoeléctricas y control horario. Las luminarias fluorescentes para alumbrado base y nocturno en el interior del túnel podrán reducir el flujo por medio de los balastos electrónicos en un periodo horario determinado durante la noche, con el objeto de optimizar el consumo eléctrico.

Se debe monitorizar, desde el centro de control, el estado de todos los circuitos de alumbrado.

El sistema de control realizará el mando a través de actuadores sobre el sistema de alimentación de los circuitos de alumbrado y los reductores de flujo (si dispone de estos elementos). Se podrá accionar de los siguientes modos:

- Telemandado desde el centro de control.
- Sistema automático de funcionamiento, debe disponer de un sistema inteligente en el local técnico del túnel para que en el caso de perder comunicaciones con el centro de control puedan seguir funcionando de manera automática.
- Control local que se accione manualmente y que tenga preferencia sobre cualquiera de los sistemas anteriores para que en caso de emergencia el personal autorizado pueda accionar los equipos desde el túnel.

8.2. Funtzionamendu-erregimenak kontrolatzeko sistemak

Bi sistema posible daude barruko luminantziak kanpoko iluminantziatara egokitzeak: lanpara-multzoak itzaltzea (edo piztea) edo horren argi-fluxua murriztea.

Lehenbizikoa da gehien erabiltzen dena, bereziki luminantzia-maila handietan. Bigarrena luminantzia-maila apalagoetan erabiltzen da batzuetan, sarritan itzaltze edo pizte sistemekin konbinatuta edo horien osagarri moduan.

Mailaka egin daiteke konmutazioa lanparak pizteko edo itzaltzeko. Konmutazio horrek hainbat minututako desfasea izan behar du, beharrezkoa ez den konmutaziorik gerta ez dadin, zerutik igarotzean eguzki-argia estaltzen duten hodeiek eragindako tokiko argitasun-mailaren aldaketa iragankorra dela-eta.

Nahiz eta lanporetako argi-fluxua murriztea sistemarik gustukoena dela dirudien, benetako aurrezkoa kalkulatzeko, kontuan izan behar dira ekipoen kostu handituak, eta batzuetan lanpararen eraginkortasuna txikitzea ere (lm/w).

Tunelen barruko luminanzimentroak erabiltzeak arazo bat du; izan ere, zaila da toki zehatzean jartzea neurketa zehatzak lortzeko (eroaleek bezala, argia jasotzeko bideratuta egon beharko lukete) eta mantentze-lan handia behar du (zainketak, garbiketak, etab.). Hori dela-eta, ez da gomendagarria tuneletan.

Atalasean behar den gutxieneko maila jarraian finka daiteke berehalako luminantzia-balioa abiapuntutzat hartuta, k luminantziaren erlazioarekin biderkatuz. Fotohartzailari esker, 20 graduko diametroko eremu batean batez besteko luminantzia irakurri ahalko da, eta, horretarako, tuneleko atariko gelditze-distantziara kokatu beharko da, halako moldez non neurtzeko eremua ahalik eta gertuen egongo baita L_{20} jatorrizko kalkulurako erabilita-kotik balio hori.

Txandaka eta sarritan erabili izan da tuneletako ahoetako sarren ahoetan iluminantzia-balioak hartzen dituen foto-hartzaila bat (luxometroa). Era horretako fotohartzailen abantaila honako hau da: horiek jartzea eta mantentzea ez da luminanzimentroak bezain zaila.

8.3. Argiztapen-mailaren erregulazio-sistemak

Energia aurrezteko, argiztapen-instalazioak ondorengo sistema hauetakoren baten bidez argiztapen-maila erregulatzeko sistemekin edo gailuekin proiektatuko dira:

- Indukzioko multzoko balastoak.
- Linea buruko erregulatzailak-egonkortzailak.
- Balasto elektronikoak potentzia-maila bikoitzerako.
- Balasto elektroniko erregulagarriak.

Argitasun-maila erregulatzeko sistemak emandako energia aurrezkiaren ehuneko ezaizteko eta kasu bakoitzean sistemarik egokiena hautatzeko, honako hauek izan beharko dira kontuan: sareko tentsio-aldaketak, argi-puntuetak hornidura elektrikoko lineen egoera (tentsio-galerak, faseen eta harmonikoen oreka), lanparamota, etab.

Argiztapen-maila erregulatzeko sistemek ahalbidetu beharko dute igorritako fluxua ohiko zerbitzuko balioaren %50eraino gutxitzea, argiztapen-mailen uniformetasuna mantenduz, funtzionamendu txikiko orduetan.

9. INSTALAZIOAREN ENERGIA-ERAGINKORTASUNA

Halaber, argiztapen-instalazioen gehieneko luminantzia mailek edo batez besteko argiztapen mailek ezingo dituzte Energia Eraginkortasunari buruzko Araudian ezarritako erreferentziak batez besteko mailak %20 baino gehiago gaititu. Maila horiek UNE-EN 13201 «Errepede argiztapena» sortako arauetan daude oinarriturik.

10 LUMINARIAK TUNELETAN JARTZEA

10.1. Fluxu simetrikoko luminariak

Luminariak jartzea tunelaren azterlan fotometrikoaren barruan sartzen da eta azterlan hori baldintzatzen du; tunelaren sekzio tipoa aukeratzean kontuan izan behar da, sekzioaren arabera aldatu egin baitaiteke ekipoen instalazioa.

8.2. Sistemas de control de los regímenes de funcionamiento

Para adaptar las luminancias interiores a las exteriores existen dos sistemas posibles: apagar (o encender) grupos de lámparas, o reducir su flujo luminoso.

El primero es el más corrientemente aplicado, particularmente para niveles de elevada luminancia. El segundo, es utilizado a veces para niveles de luminancia inferiores, a menudo en combinación con, o como suplemento de, encendidos o apagados.

La conmutación puede hacerse mediante escalones, para encender distintas lámparas o apagarlas. Esta conmutación, debe tener un desfase de tiempo de varios minutos para evitar la conmutación innecesaria, debido a la variación transitoria en el nivel luminoso local provocado por nubes que al pasar ocultan la luz solar.

Aunque la reducción del flujo luminoso de las lámparas parece ser el sistema preferido, a la hora de calcular el ahorro real, deben tenerse en cuenta los costes de equipo incrementados, y a veces el descenso de la eficacia de lámpara (lm/w).

El problema del uso de luminancímetros en el interior de los túneles es la dificultad de colocación exacta para obtener mediciones exactas (debería estar orientado para recibir la luz igual que los conductores) y el mantenimiento que exige (cuidados, limpieza, etc.), lo que hace que no sea una solución recomendable para el interior del túnel.

El nivel mínimo requerido en la zona de umbral puede ser determinado de modo continuo, a partir del valor de luminancia instantáneo, multiplicado por la relación de luminancia k . Un fotorreceptor permitirá leer la luminancia media sobre un campo de 20 grados de diámetro y deberá estar situado para este propósito a la distancia de parada del portal del túnel, de tal modo que el campo de medición esté tan próximo como sea posible al usado para el cálculo original de L_{20} .

De manera alternativa, se ha utilizado con frecuencia un fotorreceptor (luxómetro) que capta los valores de iluminancia en las bocas de entrada del túnel. La ventaja de este tipo de fotorreceptores es que su colocación y mantenimiento no es tan crítico como en el caso de luminancímetros.

8.3. Sistemas de regulación del nivel luminoso

Con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante alguno de los sistemas siguientes:

- Balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia.
- Reguladores-estabilizadores en cabecera de línea.
- Balastos electrónicos para doble nivel de potencia.
- Balastos electrónicos regulables.

Para el establecimiento del porcentaje de ahorro energético proporcionado por los diferentes sistemas de regulación del nivel luminoso y la elección en cada caso del sistema idóneo, deberán considerarse las variaciones de tensión de la red, el estado de las líneas eléctricas de alimentación a los puntos de luz (posibles caídas de tensión, equilibrio de fases y armónicos), tipo de lámpara, etc..

Los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán permitir la disminución del flujo emitido hasta un 50% del valor en servicio normal, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación, durante las horas con funcionamiento reducido.

9. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

Asimismo los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos en el Reglamento de Eficiencia Energética. Esos niveles están basados en las normas de la serie UNE-EN 13201 «Iluminación de carreteras».

10. IMPLANTACIÓN DE LUMINARIAS EN TÚNELES

10.1. Luminarias de flujo simétrico

La implantación de luminarias forma parte y condiciona el estudio fotométrico del túnel y debe ser tenido en cuenta a la hora de definir la sección tipo del mismo ya que en función de ésta la instalación de los equipos puede ser muy diferente.

Bi sekzio kategoria bereizten dira:

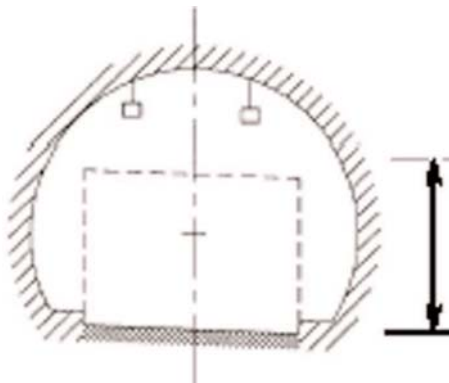
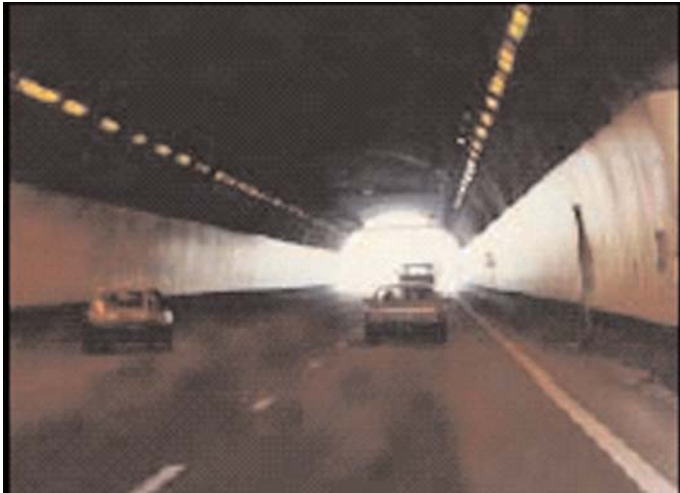
- Ganga-formako sekzioak.
- Profil karratuak.

10.1.1. Ganga-formako profileko tunelak

a) Aireztapen-sabai aizunik gabe:

Altuera libreko tamaina handia du. Onena zirkulazio bideen gainean kokatzen da.

10.1.1.a.1. irudia – Ganga-formako tunela, luminariak zirkulazio bideen gainean (segurtasun-distantzia: 0,10 m)



Hona hemen abantailak:

- Aparatuak ahalik eta erabilera-faktorik onena dute; izan ere, fluxua simetrikoki bana daiteke galtzadaren zeharkako planoan, halako moldez non banaketa homogeenagoa eta hobeto lortzen baita. Gainera, ikuspen-erosotasun handiagoa ematen zaie erabiltzaileei.
- Itsualdi txikia da alboan jarritako aparatuekin alderatuta; horri esker, aparatuek askoz modu malguagoan jar daitezke presio altuko sodio-lanparen kasuan. Hala, errendimendua hobetu egingo da.

Instalazio-mota honek, bestalde, eragozpen praktikoak ditu:

- Argi-ilarak zenbait ekiporen bidez pasatzea (erauzgailuak, seinaleztapen-panelak, etab.).
- Luminarietara iristeko erraztasuna mantentze-lanetan.
- Zenbait kasutan burdinaria kantitate handia hornitu beharra (esekidura luzeak); kopuru hori txikitu egin daiteke aparatuek hormaren kontra kokatuz gangaren alboetan.

Tunelak trafiko intentsitate txikia badu, arrazoi ekonomikoak direla-eta, sekzioaren erdian aparatuen ilara bakarra jartzea planteatu daiteke, irudiak erakusten duenez.

Se distinguen dos categorías de secciones:

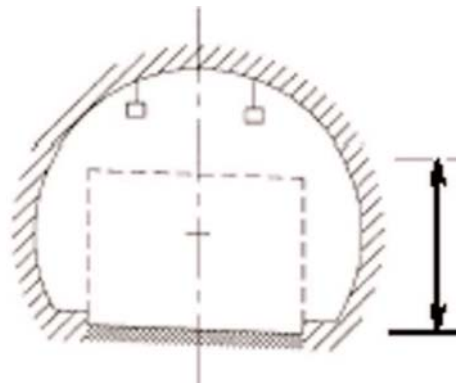
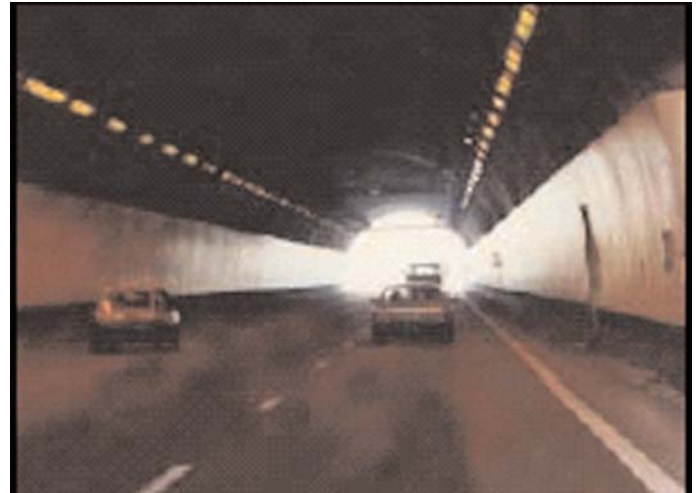
- Secciones abovedadas.
- Perfiles cuadrados.

10.1.1. Túneles de perfil abovedado

a) Sin falso techo de ventilación:

Dispone de un volumen importante de altura libre. La mejor implantación es situarlas encima de las vías de circulación

Fig 10.1.1 a.1 – Túnel abovedado, luminarias encima de las vías de circulación (distancia de seguridad 0,10 m)



Las ventajas son las siguientes:

- Los aparatos presentan el mejor factor de utilización posible; en efecto el flujo puede estar distribuido de manera simétrica dentro del plano transversal de la calzada, de manera que se obtiene un reparto homogéneo y optimizado, aportando igualmente un mejor confort visual para los usuarios.
- El deslumbramiento es reducido en comparación con una implantación lateral, lo que permite en el caso de lámparas de sodio a alta presión una alineación de aparatos mucho menos severa que conducen a mejorar el rendimiento.

Este tipo de instalación presenta por otra parte, inconvenientes de orden práctico:

- Paso de filas luminosas a través de ciertos equipos (extractores, paneles de señalización, etc.).
- Acceso a las luminarias en operaciones de mantenimiento.
- Necesidad de proveer en ciertos casos de un volumen de herrajes importante (suspensiones de gran longitud) lo cual se puede reducir situando los aparatos contra la pared en los laterales de la bóveda.

Por razones económicas cuando el túnel tiene una intensidad de tráfico poco densa se puede plantear la instalación de una sola fila de aparatos en el medio de la sección como se muestra en la figura.

10.1.1 a.2. irudia – Ganga-formako tunel estua; ilara albo baterantz mugiturik egon daiteke bide azkarraren gainean (luminariarekiko segurtasun-distantzia: 0,10 m)

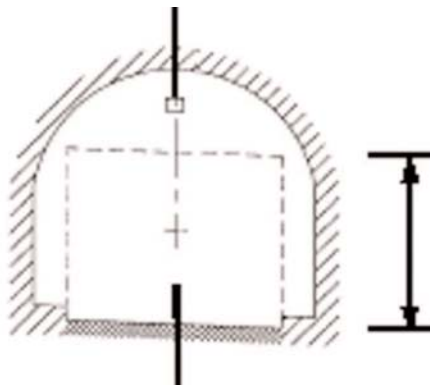
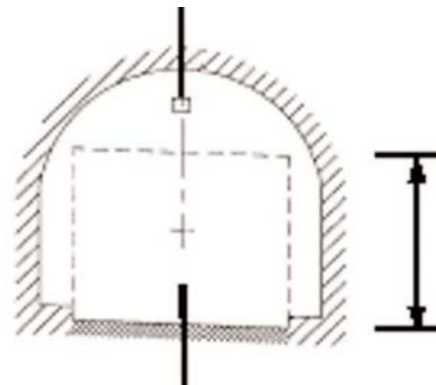


Fig 10.1.1 a.2 – Túnel abovedado estrecho, la fila puede estar desplazada lateralmente encima de la vía rápida (distancia de seguridad a luminarias 0,10 m)



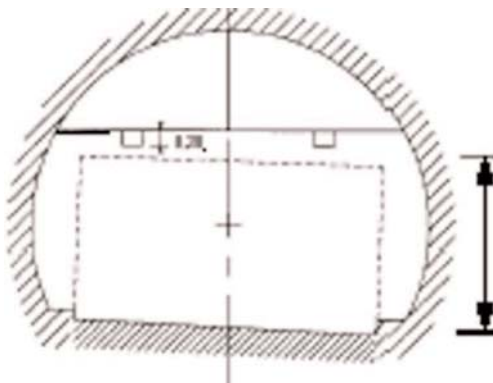
Aurreko irtenbidearekiko abantaila nagusia kostua da; kostu txikiagoa da inbertsioan eta ustiapenean.

Instalazioa mantentzeko tunel-zuloa itxi behar izaten da oro har; horixe da eragozpen nagusia. Zirkulazioa ezin bada beste tunel-zulo batetik edo ibilbide paralelo batetik desbideratu, baliteke ustiapenaren zailtasun horien ondorioz beharrezkoa izatea gailuen lerroa albo batean jartzea. Aukera hori ez da komenigarria bi noranzkoko tuneletarako.

b) Aireztapeneko sabai aizunarekin

Baldin eta zirkulazio bideen gainean dagoen gunerik erabilgarria nahikoa bada, aurreko kasuen moduan jokatu da, irudiak erakusten duen bezala:

10.1.1.b.1 irudia – Nahikoa altua den sabai aizuneko tunela, aparatuak zirkulazio bideen gainean (segurtasun-distantzia: 0,10 m)



Azpimarratzekoa da mesedegarria dela luminariak lerrokatzean nolabaiteko ganga-itxurarekin jartzea. Kasu honetako eragozpenak eta abantailak aurreko atalean agertzen diren berberak izango dira, zirkulazio-bidean bi ilara edo ilara bakarra jartzearen arabera.

Baldin eta zirkulazio bidearen gainean dagoen tokia nahikoa ez bada, albo batean jarriko da, baina horretarako babeseko alboko 0,25eko atzeraeramangunea behar da, ondoko irudian agertzen den bezala.

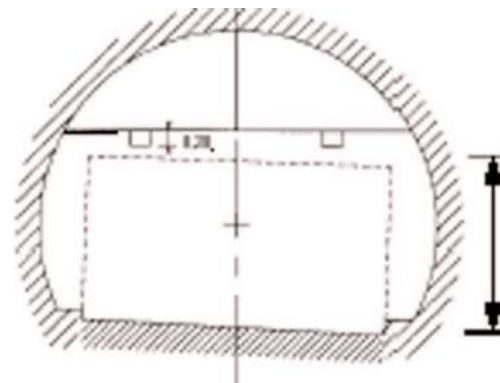
La principal ventaja con relación a la solución precedente es el coste inferior tanto en inversión como en explotación.

El inconveniente principal reside en que el mantenimiento requiere generalmente el cierre del tubo considerado. Si no se puede desviar la circulación sobre otro tubo o sobre un itinerario paralelo, estas dificultades de explotación pueden imponer la fijación lateral de la línea de aparatos. Esta solución es desaconsejable para túneles bidireccionales.

b) Con falso techo de ventilación

En el caso de que el espacio disponible por encima de las vías de circulación sea suficiente se realizará la disposición similar a los casos precedentes, como muestra la figura:

Fig 10.1.1.b.1 – Túnel con falso techo suficientemente alto, aparatos encima de las vías de circulación (distancia de seguridad 0,10 m)



Conviene hacer notar la ventaja que presenta a la hora de alinear las luminarias, el situarlas ligeramente abovedadas. Las ventajas e inconvenientes que se presentan según sea la disposición de dos hileras sobre las vías de circulación o una hilera central son evidentemente las mismas que las enunciadas en el apartado anterior.

En el caso de que el espacio disponible por encima de las vías de circulación no sea suficiente se realizará una instalación lateral que necesita un retranqueo lateral de protección de 0,25 m, tal y como se muestra en la figura.

10.1.1.b.2. irudia – Sabai aizuna duen tunela, bi aldeko instalazioa

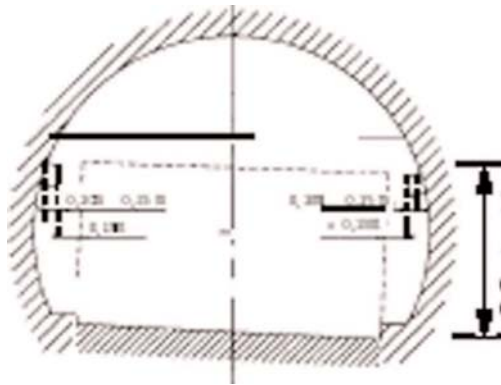
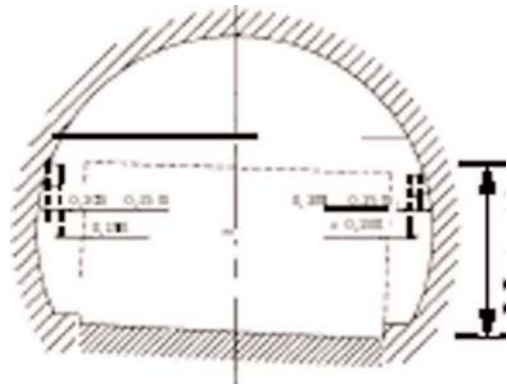


Fig 10.1.1.b.2 – Túnel con falso techo, instalación bilateral



Hauexek dira funtsezko abantailak:

- Abantaila nabarmena tunelaren guztizko sekzioaren gainean.
- Oso mantentze erraza (erraz iristeko tokian daude luminariak, lan egiteko kokapena errazago erabiltzeko modua, neutralizatu beharreko zirkulazio bakarra).

Hona hemen eragozpen nagusiak:

- Zirkulazio bideen gaineko instalazioa bezain ona ez den erabilera-faktorea.
- Presio altuko sodio-lurrineko lanparek erabiltzaileek eragindako itsualdia saihesteko zailtasuna; horren ondorioz, lumenak eramateko aparatu handiekin parekatu behar dira aparatuak eta, hala, instalazioaren errendimendua txikitzen da.

Las ventajas esenciales que se presentan son:

- Una ganancia sensible sobre la sección total del túnel.
- Un mantenimiento muy simple (luminarias fácilmente accesibles, posición de trabajo mas manejable, uno sola vía de circulación a neutralizar).

Los inconvenientes principales son:

- Un factor de utilización no tan bueno como una instalación por encima de las vías de circulación.
- La dificultad de evitar el deslumbramiento de los usuarios por las lámparas de sodio a alta presión, lo que puede conducir a equipar los aparatos con parálumenes considerables y disminuir así el rendimiento de la instalación.

10.1.2. **Profil karratuko tunelak**

Aurrekoaren antzeko kasua dugu hau, eta sabai aizuna duen ganga-formako profilerako ezarritako irtenbide berak izango dira.

Garaiera librearen gainetik nahikoa tokirik ez badago luminariak zirkulazio bidearen gainean jartzeko, albo batean jartzea izango da irtenbidea.

10.1.2. **Túneles de perfil cuadrado**

Este caso es similar al precedente y las soluciones son las mismas que para el perfil abovedado con falso techo.

Cuando no se dispone de un espacio suficiente por encima de la altura libre para instalar las luminarias sobre las vías de circulación, la solución consiste en una implantación lateral.

10.1.2.1. irudia – Profil karratua, bi aldeko instalazioa

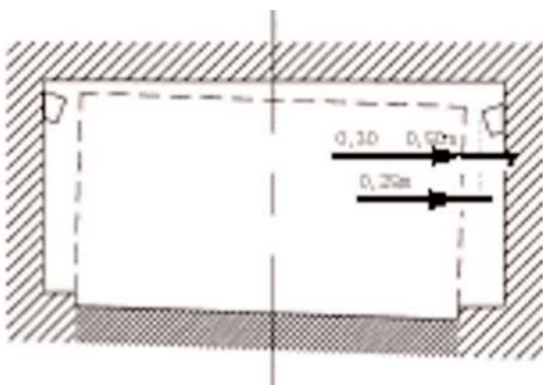
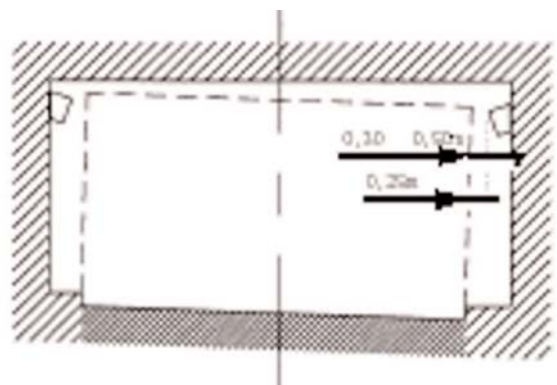


Fig 10.1.2.1 – Perfil cuadrado instalación bilateral



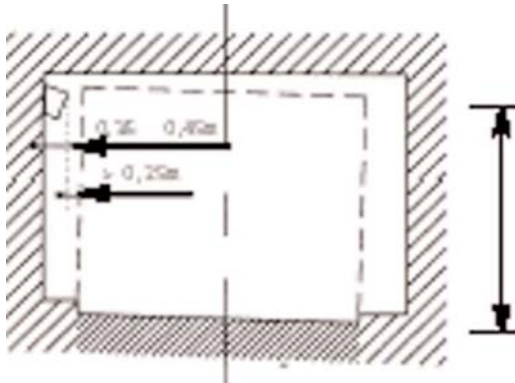
Bi aldeko instalazioa agertzen da irudian; irtenbide honen abantailak eta eragozpenak, jakina, sabai aizunean aireztapen-

La figura muestra una instalación bilateral, las ventajas e inconvenientes para esta solución son evidentemente las mismas que

hodiak dituen ganga-itxurako sekzioko aipaturiko berberak izango dira.

Galtzadak bi bide baino gehiago ez baditu, baliteke albo bateko instalazioaren proiektua egitea, irudian ikusten den bezala.

10.1.2.2. irudia – Profil karratua, alde bateko instalazioa



Norabide bakarrekotuneletan hobe da aparatua ezkerrean jartzea, ibilgailu astunen trafikoak eragindako mozorro-efektua saihesteko.

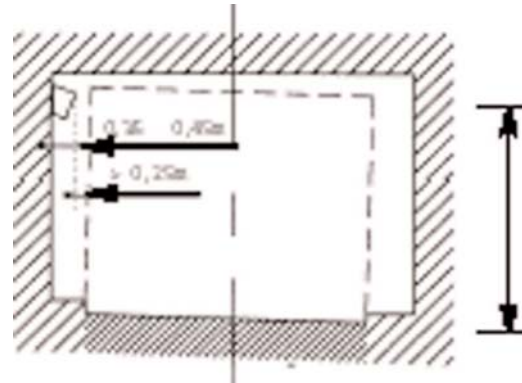
Bi aldeko instalazioarekin alderatuta duen funtsezko abantaila askoz merkeagoa izatea da. Ez dira tunel luzeetan erabili behar, galtzadaren mailan argiztapen-mailaren zeharkako uniformetasuna lortzeko zailtasuna dagoela-eta.

Nahikoa profil altua izanez gero, zirkulazio bideen gainetik jarri ahal izango dira luminariak, irudian ikus daitekeen bezala.

las mencionadas para la sección abovedada con conductos de ventilación en el falso techo.

Si la calzada no presenta más de dos vías es posible proyectar una implantación unilateral según se muestra en la figura.

Fig 10.1.2.2 – Perfil cuadrado, instalación unilateral

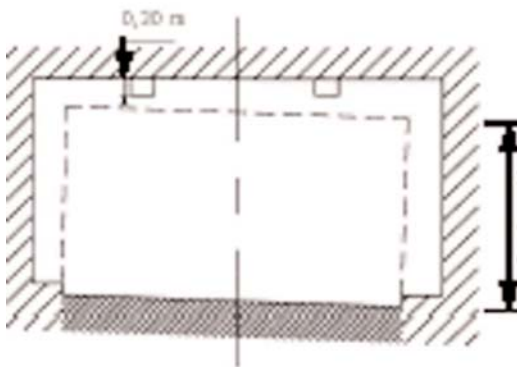


Para los túneles unidireccionales es preferible poner los aparatos a la izquierda, a fin de evitar el efecto de enmascaramiento producido por el paso de los vehículos pesados.

La ventaja esencial sobre la solución bilateral es el coste sensiblemente inferior. No debe usarse en túneles largos por razones de dificultad en obtener una uniformidad transversal de la iluminación a nivel de calzada.

En el caso de disponer de un perfil suficientemente alto se podrán instalar las luminarias por encima de las vías de circulación según se muestra en la figura.

10.1.2.3. irudia Nahikoa altua den profil karratua; aparatua zirkulazio bideen gainean daude



Luminariak jartzeko sistema behin betiko hautatzerako orduan, kontuan izan behar da tuneleko instalazioko bestelako ekipobatzuen finkapena, eta, bereziki, seinaleztapeneko elementuak.

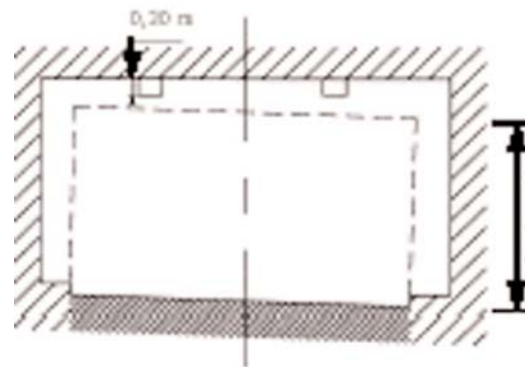
10.2. Fluxu asimétriko edo kontrafluxuko luminariak

Aipaturiko sistema horri esker, nahitaez jarri beharko dira luminariak zirkulazio bideen gainetik erabiltzaileei itsualdirik ez eragiteko, betiere sor litzaketen auto-ilarak kontuan izanik.

Arazoa garrantzitsua da batez ere sekzio karratuko edo antzeko sekzioko tuneletan. Aparatuen 0,4 m-ko gehieneko altueran jarri ahal izango dira, finkapenak barne. Sabai aizunik ez duten ganga-itxurako tuneletan nahikoa izango da egon dagoen tokia luminariak zailtasun handi barik jartzeko.

Bideen gainean nahikoa tokirik ez duten tuneletan, luminariak sekzioaren bazterretan jarri behar badira galtzadaren ardatzarekiko errotazioarekin, itsualdia onartezina izango da kasu guztietan.

Fig 10.1.2.3 Perfil cuadrado suficientemente alto, aparatos encima de las vías de circulación



La elección definitiva de la implantación de luminarias debe tener en cuenta la fijación de otros equipos constituyentes de la instalación interior del túnel y en particular los elementos de señalización.

10.2. Luminarias de flujo asimétrico o a contraflujo

Con este sistema las luminarias serán instaladas obligatoriamente por encima de las vías de circulación para evitar el deslumbramiento de los usuarios, teniendo en cuenta los posibles embotellamientos a que pudiera dar lugar.

El problema es sobre todo importante en los túneles de sección cuadrada o similar. Se podrán fijar sobre una altura máxima de 0,4 m de los aparatos incluyendo las fijaciones. En los túneles abovedados sin falso techo el espacio disponible es suficiente para permitir su implantación sin grandes dificultades.

En los túneles donde no hay espacio suficiente sobre las vías y la colocación de las luminarias tenga que ser en las esquinas de la sección con una rotación hacia el eje de la calzada, el deslumbramiento producido será inaceptable.

10.2. irudia – Oinarrizko argiztapen simetrikoa duten tunelak eta kontrafluxuko sistema indartuta

Fig. 10.2 – Túnel con iluminación básica simétrica, y refuerzo a contraflujo



11. MANTENTZE-LANAK

Argiztapenari buruzko azterlanean erabiltzen den mantentze-faktoreak, normalean, luminariaren (zikintzea) eta lanpararen (argi-fluxua) balio galera estaltzen du. Balio orokortzat 0,7 har daiteke.

Tunelak poluzio atmosferiko handiko instalazioak dira, eta hala-koetan oso garrantzitsua da garbiketa-zikloak zehaztuko duen mantentze-programa izatea (hormak eta luminariak garbitzea), azterlanean ezarritako faktorea bete ahal izateko.

Herri argiteriako instalazio baten ezaugarriak eta prestazioak, denboraren joan-etorriarekin, aldatu eta kaltetu egiten dira. Instalazioak behar bezala ustiatzeari eta mantentzeari esker, ahalik eta funtzionamendurik onena ziurtatzen du eta zeharkako aurrezkia lor daiteke. Izan ere, horrela egin ezean, kontsumituriko energiaren zati handi bat (guztizkoaren %30 - %50) lanparak zahartu izana eta argiteriako aparatuetako sistema optikoak eta itxierak (errefraktoreak eta hedatzaileak) zikindu izana konpentsatzeko erabiliko litzateke argi-energia bihurtu beharrean, hots, erabiltzaileari zerbitzua emango litzaiokie.

Halaber, ekintza bandalikoan, trafiko-istripuetako kolpeen, haizeak eragindako dardaren, irradiazio ultramoreak argiteriako aparatuen plastikozko itxieretan duen eraginaren, korrosioaren eta abarren ondoriozko kalte mekanikoak ere izan beharko dira kontuan. Azkenik, akats elektrikoak zaindu beharko dira; izan ere, honako hauek izan daitezke akats horien eragileak: gehienetan herri argiteriako instalazioetako osagaiak, eroaleak eta sare elektrikoak zahartzea, kontaktu elektrikoak oxidatzea eta lasaitzea, dispositiboetako eta lurrarekiko instalazioko sistemetak akatsak, lanen ondoriozko eroale-hausturak, lur-lerradurak, etab.

Era horretako instalazioak behar bezala mantendu behar dira nahitaez, honako arrazoi hauek direla eta: era horretako instalazioak aire zabalean jartzen direlako, horietako zati batzuk eskuragarri egoteak eragiten dituen arriskuengatik eta instalazio horiek bide-segurtasunaren eta pertsonen eta ondasunen segurtasunaren arloan betetzen duten eginkizun garrantzitsuagatik.

Hortaz, denboraren joan-etorriarekin herri argiteriako instalazioak kaltetu ez daitezen, mantentze bikoitza burutuko da. Alde bate-tik, mantentze prebentiboa, non zenbait jarduketa sistematikoko egingo baitira instalazioetan; bestetik, mantentze zuzentzailea, matxuraturiko instalazioak edo behar bezala funtzionatzeari utzi dioten instalazioak aldatzeko beharrezko hainbat eragiketa burutzeari dagokiona. Baldin eta mantentze prebentiboa behar bezala eta erregulartasunez egiten bada, mantentze zuzentzaileari dagozkion eragiketak ez dira hain garrantzitsuak izango eta ez dira hain maiz egingo.

Honako jarduera hauek barne hartuko dituzte mantentze prebentiboko lanek:

- Lanparak masiboki aldatzea.

11. MANTENIMIENTO

El factor de mantenimiento utilizado en los estudios de iluminación cubren normalmente la depreciación de luminaria (ensuciamiento) y lámpara (pérdida de flujo luminoso). Como valor típico se puede adoptar 0,7.

En el caso de los túneles que son instalaciones con un alto grado de polución atmosférica, es muy importante disponer de un programa de mantenimiento (limpieza de paredes y luminarias) que defina los ciclos de limpieza que permitan cumplir el factor establecido en el estudio.

Las características y las prestaciones de una instalación de alumbrado público se modifican y se degradan en el transcurso del tiempo. Una correcta explotación y un buen mantenimiento permiten conservar la calidad de la instalación, asegurar el mejor funcionamiento posible y conseguir un ahorro indirecto, pues de no llevarse a cabo, una proporción importante de la energía consumida —entre un 30 y un 50% del total— se utilizará en compensar el envejecimiento de las lámparas, el ensuciamiento de los sistemas ópticos y cierres (refractores y difusores) de los aparatos de alumbrado, en lugar de traducirse en energía luminosa es decir, en servicio al usuario.

Asimismo, hay que tener en cuenta los desperfectos mecánicos cuyo origen se debe a actos de vandalismo, golpes ocasionados por accidentes de tráfico, fenómenos de vibraciones debidas a la acción del viento, efectos de la radiación ultravioleta sobre los cierres de plástico de los aparatos de alumbrado, acciones de la corrosión, etc. Por último, se deben contemplar los fallos eléctricos cuyas causas más frecuentes hay que encontrarlas en el envejecimiento de los diferentes componentes de la instalación de alumbrado público, conductores y distintas redes eléctricas, en la oxidación y aflojamiento de los contactos eléctricos, defectos en los dispositivos y sistemas de puesta a tierra, a las rupturas de conductores debidas a trabajos, deslizamientos de terreno, etc.

La peculiar implantación de este tipo de instalaciones a la intemperie, el riesgo que implica que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, así como la función importante que dichas instalaciones desempeñan en materia de seguridad vial, así como de las personas y los bienes, obligan a establecer un correcto mantenimiento de las mismas.

Por tanto, al objeto de evitar la degradación de las instalaciones de alumbrado público en el transcurso del tiempo, se realizará un adecuado doble mantenimiento, el denominado preventivo que establecerá una programación en el tiempo consistente en efectuar sobre las instalaciones un cierto número de intervenciones sistemáticas, y el mantenimiento correctivo, que comprenderá una serie de operaciones necesarias para reponer las instalaciones averiadas o que han sufrido deterioro a un correcto estado de funcionamiento. Cuando se lleve a cabo correctamente y de forma regular el mantenimiento preventivo, las operaciones de mantenimiento correctivo serán menos importantes y frecuentes.

Los trabajos de mantenimiento preventivo comprenderán los siguientes:

- Reposición masiva de lámparas.

- Luminariak egiaztatzea, artatzea eta garbitzea.
- Ekipo osagarriak egiaztatzea eta artatzea.
- Euskarriak egiaztatzea eta artatzea.

Trafiko istripuaren, ekintza bandalikoaren eta abarren ondorioz kalteturiko edozein material aldatzean dautza mantentze zuzentzaileari dagozkion eragiketak, baita herri argiteriako instalazioko elementuen akats elektrikoek edo mekanikoek eragindako matxurak lehenbailehen konpontzean ere.

11.1. Mantentze prebentiboaren programazioa

Ondorengo hauek kontuan izanik egingo da mantentze prebentiboaren programazioa: deskarga-lanparen batez besteko iraupena, argi-fluxuaren balio galera iragandako batez besteko iraupenaren ehunekoaren arabera eta luminarien zikinkeria hermetikotasunaren eta kutsadura atmosferikoaren mailaren arabera, euskarriak margotuta egotea, koadro elektrikoak egiaztatzea eta berrikustea, etab.

Ondorengo programazioa barne hartuko du mantentze prebentiboak, bertan agertzen diren eragiketen aldizkakotasunarekin:

1. Lanparak:

- 24 orduz eta etengabe dabilzan instalazioetako aldaketak, 1-2 urtean behin.
- Gauetz dabilzan instalazioetako aldaketak, 2-4 urtean behin.

2. Ekipo osagarriak:

- Argiztapen-mailak erregulatzeko sistemak egiaztatzea (linea-buruko erregulatzailak eta maila bikoitzeko balastoak), sei hilean behin.
- Ekipo osagarriak masiboki aldatzea (balastoak, arrankatzeko gailuak eta kondentsatzaileak), 6-8 urtean behin.

3. Luminariak:

- Sistema optikoa eta itxiera garbitzea (erreflektorea, difusorea), urtean behin edo bi urterik behin.
- Konexioak eta oxidazioa kontrolatzea, lanpara aldatzen den aldi bakoitzean.
- Finkapen-sistema mekanikoak kontrolatzea, lanpara aldatzen den bakoitzean.
- Linearen lurrarekiko linearen jarraikortasuna egiaztatzea, urtean behin.
- Lurreko konexioaren sistema orokorra kontrolatzea, urtean behin.
- Konexioak aztertzea, urtean behin.
- Eroaleen isolamendua egiaztatzea, urtean behin.

4. Euskarriak:

- Korrosioaren kontrola (barnekoa eta kanpokoak), urtean behin.
- Deformazioen kontrola (haizea, talkak), urtean behin.
- Altzairu galvanizatuzko euskarriak (lehenbiziko aldiz margotuta), 15 urtean behin.
- Altzairu galvanizatuzko euskarriak (hainbat aldiz margotuta), 7 urtean behin.
- Altzairu margotuzko euskarriak, 5 urtean behin.

Baldin eta lanparak aldatzea eta luminariak garbitzea batera egiten badira, bi eragiketok aldi berean burutuko dira. Lanpara gehienak eta aldi berean aldatzeko eta luminariak garbitzeko lana osatzeko, konexioak kontrolatuko dira eta ekipo osagarriaren funtzionamendua egiaztatuko da.

11.2. Mantentze-lan zuzentzailea

Herri argiteriako instalazioetako matxurak detektatzeko eta konpontzeko beharrezko eragiketak biltzen ditu, eta xedea matxurak bizkor detektatzea eta halakoetan bizkor jardutea izango da kostu txikiarekin, betiere era horretako instalazioen segurtasuna hobetuko duen konponketaren kalitate ona izanik; gainera, kude-

- Verificación, conservación y limpieza de luminarias.
- Verificación y conservación de equipos auxiliares.
- Verificación y conservación de soportes.

Las operaciones de mantenimiento correctivo consistirán en reemplazar cualquier material defectuoso como consecuencia de un accidente de tráfico, actos de vandalismo, etc. y en reparar las averías ocasionadas por fallos eléctricos o mecánicos de los elementos que componen las instalaciones de alumbrado público, lo antes posible.

11.1. Programación del mantenimiento preventivo

La programación del mantenimiento preventivo se establecerá teniendo en cuenta la vida media de las lámparas de descarga, la depreciación del flujo luminoso en función del porcentaje de vida media transcurrida, así como el ensuciamiento de las luminarias en función de su hermeticidad y grado de contaminación atmosférica, pintado de soportes, verificación y revisión de cuadros eléctricos etc.

El mantenimiento preventivo comprenderá la siguiente programación con la periodicidad en las operaciones que se indican:

1. Lámparas:

- Reposición en instalaciones con funcionamiento permanente de 24 horas de 1 a 2 años.
- Reposición en instalaciones con funcionamiento nocturno de 2 a 4 años.

2. Equipos auxiliares:

- Verificación de sistemas de regulación del nivel luminoso (reguladores en cabecera de línea y balastos de doble nivel), una vez cada seis meses.
- Reposición masiva de equipos auxiliares (balastos, arranadores y condensadores) de 6 a 8 años

3. Luminarias:

- Limpieza del sistema óptico y cierre (reflector, difusor) de 1 a 2 años.
- Control de conexiones y de la oxidación, con cada cambio de lámpara.
- Control de los sistemas mecánicos de fijación, con cada cambio de lámpara.
- Verificación de la continuidad de la línea de enlace con tierra 1 vez al año.
- Control del sistema global de puesta a tierra de la instalación 1 vez al año.
- Examen de las conexiones 1 vez al año.
- Comprobación del aislamiento de los conductores 1 vez al año.

4. Soportes:

- Control de la corrosión (interna y externa) 1 vez al año.
- Control de las deformaciones (viento, choques) 1 vez al año.
- Soportes de acero galvanizado (Pintado primera vez) 15 años.
- Soportes de acero galvanizado (Pintado veces sucesivas) 7 años.
- Soportes de acero pintado 5 años.

Cuando en el transcurso del tiempo coincidan la reposición de lámparas y la limpieza de luminarias, ambas operaciones se ejecutarán de forma simultánea. La reposición masiva de lámparas y la limpieza de luminarias se completará efectuando el control de las conexiones y verificando el funcionamiento del equipo auxiliar.

11.2. Mantenimiento correctivo

Comprenderá las operaciones necesarias para la detección y reparación de las averías en las instalaciones de alumbrado público, y sus objetivos serán la rapidez en la detección y actuación a un coste bajo, con una buena calidad en la reparación que mejore la seguridad de este tipo de instalaciones, pudiendo implantar-

aketa zentralizatuko sistemak jarri ahal izango dira. Honako hauek sartzen dira, era berean, konponketa lanetan: matxuraturiko elementuak aldatzea edo konpontzea, matxuraren eragileak desagerrarazi direla egiaztatzea eta matxurarik berriz ez gertatzeko ahalgintza egitea.

11.3. Balio galeraren edo mantentzearen faktorea

Argiteriako instalazioak faktore zuzentzaile batekin kalkulatzeko erabiltzen da balio galeraren edo mantentzearen faktorea, luminantziaren eta iluminantziaren balioei dagokionez, zerbitzuan dauden gutxieneko balioei eusteko denboran; izan ere, faktore horri deritzo argiteriako instalazioak zerbitzuan iraun bitartean mantendu beharreko argi-balioen (luminantzia eta iluminantzia) eta hasierako argi-balioen arteko erlazioa.

Aire zabaleko argiteriako instalazioen kasuan, gehienez 0,8ko balio galera kontsideratuko da, CIEren 33. argitalpenean ezarri denez; luminaria-motaren eta airearen kutsadura-mailaren arabera izango da faktore hori. Lehenespenez proiektuetan 0,70 depreziatio-faktorea erabiliko da.

Tuneletako kutsadura atmosferikoa, oso sarri, oso handia izaten denez gero, bizkor zikintzen diren argiteriako instalazioko luminariak, baita tuneletako hormak ere. Horrek guztiak tuneletako hormak eta luminariak sarriago garbitzea eskatzen du.

Behar-beharrezkoa da luminariak garbitzea, zeren eta bestela, denboraren joan-etorriarekin, ia erabat galdu egin baitaiteke fluxua. Baldin eta luminariak hermetikotasun-maila handia badute, gehienbat hautsaren kontra, nahikoa izan beharko luke luminarien itxierako kanpoko aldea garbitzea argitasun-mailari eutsi ahal izateko.

Gerta liteke tuneleko hormak garbitzearen ondorioa oso handia ez izatea argiaren guztizko ekarpenarekin alderatuta. Hala eta guztiz ere, komenigarria izaten da beti tuneleko hormak garbi izatea, zeren eta tuneleko hormako objektuak sarri ikusi ohi diren «atze-ko aldeak» baitira, eta beharbada oinezkoak ere bai; gainera, ekarpen nabarmendua egiten diote gidatze optikoari. Tuneleko hormak garbitzeko maiztasuna trafikoaren baldintzen, hormak estaltzen dituen materialaren eta beste faktore askoren arabera izango da, betiere eskaturiko baldintzei eutsi ahal izateko.

Tuneleko luminariak eta hormak benetan garbitzeko zikloak lotuta egon behar du balio galeraren edo mantentzearen faktorearekin; faktore hori zerbitzuan diren argiztapen-mailak kalkulatzeko, instalazioaren mantentzea izanik. Tunelen kasuan, diseinua edo proiektua egiteko fasean, gehienez 0,7ko balio galeraren faktorea gomendatzen da galtzada bakoitzeko luminantzia eta iluminantzia kalkulatzeko.

Hortaz, tuneleko luminariak eta hormak garbitzeko zikloa hala-ko moldez egokituko da non balio-galeraren faktorea ez baita 0,7tik behera jaitsiko, hori guztia lanparak 3 urteko epealdian (oinarriko argiztapenerako eta eguneko 24 ordurako lanpara fluoreszenteak) eta 4 urteko epealdian (SAP lanparak) lanparak aldatzeari kalterik egin barik; hartara, mantentze prebentiboa ezarriko da.

11.4. Tuneletako argiztapen-mailak kontrolatzeko sistemak

Segurtasuna eta kostua direla-eta, oso garrantzitsua da tuneleko sarrerak eta atalaseak kontrolatzeko fotometroak edo luminanzimetroak egiaztatzea, tuneleko luminantzia-maila kanpoko eguneko eguzki-argiaren baldintzetara egokitzeko.

Luminanzimetroen kalibraketa urtean behin erkatu behar da gutxienez. Halaber, energia elektrikoaren kontsumoaren gaineko konparazioak ezarri behar dira funtzionamendu-erregimen ezberdinei dagozkien zirkuituetan: tunel berean aurreko urteetan izan diren kontsumoekin alderatu behar dira edo, hala denean, antzeko tuneletan.

Era berean, ustiatzaileak argiztapenaren kontrolak egingo ditu Energia Eraginkortasunari buruzko 1890:2008 Araudian zehaztutako irizpideei jarraiki.

se sistemas de gestión centralizada. La reparación incluirá además de la sustitución o arreglo de los elementos averiados, la comprobación de la eliminación de las causas de la avería, evitando su repetición.

11.3. Factor de depreciación o de mantenimiento

El factor de depreciación o mantenimiento definido como la relación entre los valores lumínicos (luminancia e iluminancia) a mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado, y los valores lumínicos iniciales, se utiliza para calcular instalaciones de alumbrado con un factor corrector, en lo que se refiere a valores de luminancia e iluminancia, para que se mantengan los valores mínimos en servicio a lo largo del tiempo.

En el caso de las instalaciones de alumbrado al aire libre, debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 tal y como establece la Publicación n.º 33 de la CIE, dependiendo dicho factor del tipo de luminaria y del grado de contaminación del aire. Preferentemente se utilizará un factor de depreciación de 0,70 en los proyectos.

Con mucha frecuencia la contaminación atmosférica en el interior de los túneles es muy elevada, por lo que se ensucian rápidamente tanto las luminarias de la instalación de alumbrado, como las paredes del túnel. Todo ello exige una limpieza más asidua de las luminarias y las paredes del túnel.

Resulta totalmente necesario efectuar la limpieza de las luminarias, ya que de otro modo con el transcurso del tiempo la pérdida de flujo puede llegar a ser casi total. Si las luminarias tienen un grado de hermeticidad elevado, fundamentalmente contra el polvo, entonces debería ser suficiente limpiar el exterior de los cierres de las luminarias para mantener el nivel luminoso.

El efecto de la limpieza de las paredes del túnel puede resultar no muy elevado en relación con la contribución total de la luz. Sin embargo, la limpieza siempre es deseable porque las paredes del túnel forman frecuentemente el «fondo» contra el cual se ven los objetos y quizá los peatones, y aportan una contribución significativa en el guiado óptico. La frecuencia de limpieza de las paredes del túnel varía de acuerdo con las condiciones de tráfico, el material que recubre las paredes y muchos factores más, con la finalidad de mantener las exigencias requeridas.

El ciclo de limpieza real de las luminarias y paredes del túnel, debe estar relacionado con el factor de depreciación o de mantenimiento utilizado en los cálculos de los niveles de iluminación en servicio con mantenimiento de la instalación. En el caso de túneles, en la etapa de diseño o proyecto, se recomienda un factor de depreciación no mayor de 0,7 para el cálculo de la luminancia e iluminancia en la calzada.

Por tanto, el ciclo de limpieza de las luminarias y las paredes del túnel debe adecuarse para que el factor de depreciación no caiga por debajo de 0,7. Todo ello sin perjuicio de efectuar la reposición de lámparas en un período de 3 años (lámparas fluorescentes para alumbrado base y nocturno 24h) y de 4 años (lámparas SAP), mediante la implantación del correspondiente mantenimiento preventivo.

11.4. Sistemas de control de los niveles luminosos en túneles

Resulta de gran importancia, por razones de seguridad y de coste económico, realizar comprobaciones de los fotómetros o luminancímetros de control de las zonas de acceso y umbral del túnel, para regular y adecuar el nivel de luminancia en el túnel a las condiciones de la luz solar diurna en el exterior.

La calibración de los luminancímetros debe contrastarse como mínimo una vez al año. Asimismo, deben establecerse comparaciones del consumo de energía eléctrica en los distintos circuitos correspondientes a diferentes regímenes de funcionamiento, con los consumos de años anteriores en el mismo túnel o, en su caso, en túneles similares.

De igual forma, el explotador realizará controles de la iluminación siguiendo los criterios definidos en el Reglamento de Eficiencia Energética 1890:2008.

12. ARGITERIAREN MATERIAL ELEKTRIKOAK

Tuneletako argiterian erabilitako material elektrikoaren artean, honako hauek hartzen dira kontuan:

- Lanparak.
- Ekipo osagarriak:
 - Balastoak.
 - Kondentsadoreak.
 - Arrankatzeko gailuak.
- Luminariak

12.1. Lanparak

Hauexek dira herri argiteriaren instalazioetan erabilitako lanpara-motak:

- Fluoreszentzia-lanparak.
- Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak.
- Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak.
- Presio altuko sodio-lurrineko lanparak.
- Merkurio-lanparak, metalezko halogenuroekin.
- Indukzio bidezko deskarga-lanparak.

Tuneletako argiterian erabil daitezkeen lanparak fluoreszentiakoak dira, presio altuko eta baxuko sodio-lurrinekoak eta azkenik indukzio bidezko deskargakoak.

12.1.1. Tuneletako argiztapenerako lanparak aukeratzeko irizpideak

Tuneletako argiztapenerako argi-iturriak aukeratzean, honako hauen inguruko irizpideak izan behar dira kontuan:

- Eraginkortasun energetikoa.
- Argiaren kalitatea.
- Lanparen iraunkortasuna.

Lanparak aukeratzeko orduan, lanparok honako baldintza hauek egokitu behar dutela izango da kontuan:

1. Zenbait luminantzia uniformitate lortu beharko dira.
2. Lanparek potentzia handiagoa izango dute lortu beharreko argiztapen-maila altuen arabera, zertarako-eta argi iturriak mugatu ahal izateko, baina luminantziaren uniformitateak kaltetu barik.
3. Luminariak ezartzeko posibilitateak, fotometria baldintzatzen dutenak.
4. Lanpara berriz pizteko posibilitatea argindarra eteten denean.
5. Lanpararen fluxua aldatzeko posibilitatea, zirkuitu elektrikoaren kopurua ez handitzeko funtzionatzeko erregimen ezberdinetarako.
6. Tunela erabiltzeko baldintzak; kontuan izango da zaila eta garestia dela argien instalazioa mantentzea eta horren urteko funtzionamendua oso garrantzitsua dela, hain zuzen ere 6.000 - 8.000 ordu inguru tunelaren barruan eta ehunetik milaka ordukoa erre-ortzuko aldeetan (sarrerako aldea eta, hala denean, irteerako aldea).
7. Kontsumituriko energia ekonomizatu beharra izatea (lumen eta watten arteko erlazio ona).

Oro har, eta tunelaren barruko aldeari dagokionez, komenigarria da lanpara fluoreszentea erabiltzeko ikuspen-erosotasuna, kolore-errendimendua, itxura, iraupena eta erregulatzeko posibilitatea direla-eta. Hala eta guztiz ere, merkeagoa da presio baxuko sodio-lurrineko lanpara jartzea. Era berean, bi argi-iturri mota horien nahasketako instalazioa jartzeko aukera azter daiteke. Indukzio bidezko deskarga-lanparak iraupen luzea du; horrek mantentze merkeagoa dakarrenez, komenigarria da horrelako lanparak erabiltzea. Argiztapen-maila handia behar duten hirietako tunelen kasuan edo tunelak oso zabalak direnean, egokia da presio altuko sodio-lurrineko lanparak erabiltzea.

12. MATERIALES ELÉCTRICOS DE ALUMBRADO

Entre los materiales eléctricos utilizados en el alumbrado de túneles se consideran los siguientes:

- Lámparas.
- Equipos auxiliares:
 - Balastos.
 - Condensadores.
 - Arrancadores.
- Luminarias.

12.1. Lámparas

Los tipos de lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado público, son los siguientes:

- Lámparas de fluorescencia.
- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.
- Lámparas de vapor de sodio a baja presión.
- Lámparas de vapor de sodio a alta presión.
- Lámparas de mercurio con halógenos metálicos.
- Lámparas de descarga por inducción.

Las lámparas susceptibles de utilización en instalaciones de alumbrado de túneles son las de fluorescencia, de vapor de sodio a baja y alta presión y finalmente las de descarga por inducción.

12.1.1. Criterios de elección de lámparas para el alumbrado de túneles

En la elección de las fuentes de luz para la iluminación de túneles se han de tener muy en cuenta los criterios de:

- Eficiencia energética.
- Calidad de luz.
- Durabilidad de las lámparas.

A la hora de la elección de las lámparas se tendrá en cuenta que las mismas deben adaptarse a los siguientes condicionantes:

1. Deben lograrse unas uniformidades de luminancias satisfactorias.
2. Las lámparas tendrán mayor potencia en función de los elevados niveles de iluminación a conseguir, al objeto de limitar el número de fuentes de luz, pero sin comprometer las uniformidades de luminancia.
3. Posibilidades de implantación de las luminarias, que condicionan su fotometría.
4. Posibilidad de reencendido de la lámpara en el caso de un corte en la alimentación eléctrica.
5. Posibilidad de variación del flujo que emite la lámpara, al objeto de no multiplicar el número de circuitos eléctricos para los distintos regímenes de funcionamiento.
6. Condiciones de utilización del túnel, considerando que el mantenimiento de la instalación de alumbrado es difícil y costoso, teniendo en cuenta que el funcionamiento anual de la misma es muy importante, del orden de 6.000 a 8.000 horas en la zona del interior del túnel, y de algunos centenares a varios millares de horas en las zonas de refuerzo (zona de entrada y, en su caso, de salida).
7. Necesidad de economizar la energía consumida (buena relación lúmenes/vatio).

En líneas generales, y en lo que respecta a la zona del interior del túnel, conviene utilizar la lámpara fluorescente por razones de confort visual, rendimiento de color, aspecto, horas de vida y posibilidad de regulación. Sin embargo, adoptar la lámpara de vapor de sodio a baja presión resulta más económico. Igualmente puede considerarse la instalación de una mezcla de estos dos tipos de fuentes de luz. La lámpara de descarga por inducción tiene una vida muy elevada, lo que abarata el mantenimiento, por lo que también es conveniente su uso. En el caso de túneles urbanos que requieren elevados niveles de iluminación o cuando los túneles son muy anchos, resulta apropiada la utilización de lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Errefortzuko aldeetan, hots, tuneletako sarreretan eta irteeretan, presio altuko sodio-lurrineko lanparak erabiltzea gomendatu ohi da; itsualdien kontrola aurreikusitako behar da batez ere 250 w-ko potentziatik aurrera: lanpara tunelaren sabaian zein gangan jarriko dira, bai luminariaren kontzeptio beragatik, bai jartzeko moduagatik. Horri esker, errazagoa da kontrola egitea. Jarri beharreko luminaria-kopurua mugatzeko, kolore bakarrekoak badira ere, zenbait kasutan presio baxuko sodio-lurrineko lanparak erabil litezke.

12.1.2. Lanpara normalizatuaren ezaugarri elektrikoak

Jarraian, lanpara-mota bakoitzak bete beharko dituen ezaugarri elektrikoak azalduko dira atal honetan:

12.1.2.1. Lanpara fluoresenteak

Argiteria orokorreko zerbitzuetarako fluoresentziako lanpara tubularrak UNE-EN 60081 arauan ezarritako xedapenei lotuko zaizkie oro har; zorro bakarreko lanpara fluoresente tubularrek, berriz, UNE-EN 60901 arauan xedaturiko preskripzioak bete beharko dituzte. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren balio elektrikoak.

Era berean, balasto elektronikoa duten lanpara fluoresenteak UNE-EN 60968 eta 60969 arauetako preskripzioak beteko dituzte.

12.1.2.2. Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak

UNE-EN 20354 arauan eskaturiko balioei lotuko zaizkie presio altuko sodio-lurrineko lanparak. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren ezaugarri elektrikoak.

12.1.2.3. Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak

UNE-EN 60192 arauan eskaturiko balioei lotuko zaizkie presio baxuko sodio-lurrineko lanparak. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren ezaugarri elektrikoak.

12.1.2.4. Presio altuko sodio-lurrineko lanparak

UNE-EN 60662 arauan ezarritako eskakizunak beteko dituzte presio altuko sodio-lurrineko lanparek. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren balio elektrikoak.

12.1.2.5. Merkurio-lanparak, metalezko halogenuroekin

EN 61167 arauan xedaturiko zehaztapenak beteko dituzte halogenuroak dituzten merkurio-lanparek. Lanpara-mota eta lanpara-potentzia bakoitzari dagokionez arau horretan zehazturikoak izango dira funtzionamenduaren balio elektrikoak.

12.1.3. Normalizatu gabeko lanparen ezaugarri elektrikoak

Aplikazio-eremuaren barruko lanpara-moteak, oraindik normalizatu gabe daudenean, honako preskripzio hauek bete beharko dituzte gutxienez:

12.1.3.1. Lanpara fluoresente estandarrek eta trinkoak

Lanparak xurgaturiko hasierako potentzia ez da %5 + 0,5 w-koa baino gehiago aldatuko finkaturiko balio nominalari dagokionez, entsegua aurretik ezarritako baldintzetan egiten denean.

12.1.3.2. Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak

Lanparak xurgaturiko hasierako potentzia ez da %5 baino gehiago aldatuko finkaturiko balio nominalarekiko, entsegua aurretik ezarritako baldintzetan egiten denean. Lanpara ez da itzaliko tentsioa %100etik %90era jaisten denean 0,5 segundoan eta balio horri eusten zaionean 5 segundoan.

En las zonas de refuerzo, es decir, zona de entrada y de salida de los túneles, se recomienda utilizar normalmente lámparas de vapor de sodio a alta presión; previendo controlar el deslumbramiento sobre todo a partir de 250 w de potencia desfilando la lámpara, bien por la propia concepción de la luminaria o por la forma de implantación, tanto en el techo como en la bóveda del túnel lo que facilita al respecto dicho control. Con el fin de limitar el número de luminarias a instalar, a pesar de su monocromatismo, en algunos casos podría utilizarse la lámpara de vapor de sodio a baja presión.

12.1.2. Características eléctricas de las lámparas normalizadas

A continuación se reflejan las características eléctricas a las que deberá acomodarse cada tipo de lámpara:

12.1.2.1. Lámparas fluorescentes

Las lámparas tubulares de fluorescencia para servicios de alumbrado general se adecuarán a las estipulaciones contenidas en la norma UNE-EN 60081, mientras que las lámparas fluorescentes tubulares de casquillo único se regirán por lo dispuesto en la norma UNE-EN 60901. Los valores eléctricos de funcionamiento serán los detallados en dichas normas para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

Igualmente las lámparas fluorescentes con balasto electrónico incorporado seguirán las prescripciones de las normas UNE-EN 60968 y 60969.

12.1.2.2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Las lámparas de vapor de mercurio a alta presión cumplirán las prescripciones fijadas en la norma UNE-EN 20354. Las características eléctricas de funcionamiento serán las contenidas en dicha norma para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

12.1.2.3. Lámparas de vapor de sodio a baja presión

Las lámparas de vapor de sodio a baja presión se ajustarán a los valores exigidos en la norma UNE-EN 60192. Las características eléctricas de funcionamiento serán las determinadas en dicha norma para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

12.1.2.4. Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión satisfarán las exigencias establecidas en la norma UNE-EN 60662. Los valores eléctricos de funcionamiento serán los expresados en dicha norma para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

12.1.2.5. Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos

Las lámparas de mercurio con halogenuros metálicos cumplirán las especificaciones dispuestas en la norma EN 61167. Los valores eléctricos de funcionamiento serán los especificados en dicha norma para cada uno de los diferentes tipos y potencias de lámparas.

12.1.3. Características eléctricas de las lámparas no normalizadas

Las características eléctricas de las lámparas incluidas en el campo de aplicación y todavía no normalizadas deberán cumplir, como mínimo, las siguientes prescripciones:

12.1.3.1. Lámparas fluorescentes estándar y compactas

La potencia inicial absorbida por la lámpara no deberá variar, respecto del valor nominal marcado, en más del 5% + 0,5 w, cuando el ensayo se efectúa en las condiciones previstas al efecto.

12.1.3.2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

La potencia inicial absorbida por la lámpara no podrá variar, respecto del valor nominal marcado, en más del 5%, cuando el ensayo se realice en las condiciones previstas al efecto. La lámpara no se apagará cuando la tensión caiga del 100% al 90% en 0,5 segundos y se mantenga en este valor durante 5 segundos.

12.1.3.3. Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak

Lanparak xurgaturiko hasierako potentzia ez da %11 baino gehiago aldatuko finkaturiko balio nominalarekiko.

12.1.3.4. Presio altuko sodio-lurrineko lanparak

Fabrikatzaileak esleituko du lanpararen potentzia; potentzia nominala izan daiteke edo ez. Lanpararen tentsioa ez da finkaturiko balioaren \pm %15 baino gehiago aldatuko.

12.1.3.5. Merkurio-lanparak, metalezko halogenuroekin

Fabrikatzaileak esleituko du lanpararen potentzia; potentzia nominala izan daiteke edo ez. Lanpararen tentsioa ez da finkaturiko balioaren \pm %10 baino gehiago aldatuko.

12.1.4. Lanparen ezaugarri fotometrikoak

Aplikatu beharreko arauetako koloreen ezaugarriei buruzko preskripzio guzti-guztiak bete beharko dituzte lanpara-mota normalizatuek. Aplikazio-eremuaren barruko lanpara-moteak, oraindik normalizatu gabe daudenek, honako preskripzio hauek bete beharko dituzte gutxienez:

12.1.4.1. Lanpara fluoreszente estandarra

Lanpararen hasierako argi-fluxua ez da balio nominalaren %92koa izango da gutxienez. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, ezin izango da %30etik gorakoa izan.

12.1.4.2. Lanpara fluoreszente trinkoak

Lanpararen hasierako argi-fluxua gutxienez balio nominalaren %90ekoa izango da. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, ezin izango da %35etik gorakoa izan.

12.1.4.3. Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak

Lanpararen hasierako argi-fluxua balio nominalaren %90ekoa izango da gutxienez UNE-EN 20.354 arauaren C eranskinean agertzen diren entseguen baldintzetan betiere. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, berriz, ezin izango da %30etik gorakoa izan.

12.1.4.4. Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak

Lanpararen hasierako argi-fluxua balio nominalaren %90ekoa izango da gutxienez. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %80an, berriz, ezin izango da %25etik gorakoa izan.

12.1.4.5. Presio altuko sodio-lurrineko lanparak

Lanpararen hasierako argi-fluxua gutxienez balio nominalaren %90ekoa izango da. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, berriz, ezin izango da %25etik gorakoa izan.

12.1.4.6. Merkurio-lanparak, metalezko halogenuroekin

Lanpararen hasierako argi-fluxua balio nominalaren %90ekoa izango da gutxienez. Argi-fluxuaren balio galera, 2.000 orduko iraupena izan ondoren zahartze-aldia barne, ez da %20tik gorakoa izan behar. Iraupen nominalaren %70ean, ezin izango da %35etik gorakoa izan.

12.1.5. Lanparen koloreen ezaugarriak

Aplikatu beharreko arauetako koloreen ezaugarriei buruzko preskripzio guzti-guztiak bete beharko dituzte lanpara-mota normalizatuek. Aplikazio-eremuaren barruko lanpara-motek, oraindik normalizatu gabe daudenek, honako preskripzio hauek bete beharko dituzte gutxienez.

12.1.3.3. Lámparas de vapor de sodio a baja presión

La potencia inicial absorbida por la lámpara no variará, respecto del valor nominal marcado, en más del 11%.

12.1.3.4. Lámparas de vapor de sodio a alta presión

La potencia de la lámpara será la asignada por el fabricante. La tensión en lámpara no deberá variar más de un \pm 15% del valor fijado.

12.1.3.5. Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos

La potencia de la lámpara será la asignada por el fabricante, que podrá coincidir o no con la nominal. La tensión de lámpara no variará más del \pm 10% del valor fijado.

12.1.4. Características fotométricas de las lámparas

Los tipos de lámparas normalizadas deberán cumplir todas y cada una de las prescripciones sobre las características fotométricas incluidas en las normas que les sean aplicables. Los tipos de lámparas incluidos en el campo de aplicación y todavía no normalizados cumplirán, como mínimo, las siguientes prescripciones:

12.1.4.1. Lámparas fluorescentes estándar

El valor inicial del flujo luminoso de la lámpara no deberá ser inferior al 92% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no podrá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no será superior al 30%.

12.1.4.2. Lámparas fluorescentes compactas

El valor inicial del flujo luminoso de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no deberá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no podrá ser superior al 35%.

12.1.4.3. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

El flujo luminoso inicial de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal en las condiciones de ensayo indicadas en el Anexo C de la norma UNE-EN 20354. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no deberá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no podrá ser superior al 30%.

12.1.4.4. Lámparas de vapor de sodio a baja presión

El flujo luminoso inicial de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas, no deberá ser superior al 20%. Al 80% de la duración nominal no podrá ser superior al 25%.

12.1.4.5. Lámparas de vapor de sodio a alta presión

El valor inicial del flujo luminoso de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no deberá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no podrá ser superior al 25%.

12.1.4.6. Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos

El flujo luminoso inicial de la lámpara no será inferior al 90% de su valor nominal. La depreciación del flujo luminoso, después de una duración de 2.000 horas incluido el período de envejecimiento, no deberá ser superior al 20%. Al 70% de la duración nominal no podrá ser superior al 35%.

12.1.5. Características colorimétricas de las lámparas

Los tipos de lámparas normalizadas deberán cumplir todas y cada una de las prescripciones sobre las características colorimétricas incluidas en las normas que les sean aplicables. Los tipos de lámparas incluidas en el campo de aplicación y todavía no normalizados cumplirán, como mínimo, las siguientes prescripciones.

12.1.6. Deskarga-lanparak

Kolore-tenperaturarekin korrelazionaturiko lanpara-mota hori erabiltzean, koordenatu kromatikoen bidez egongo dira zehaztuta kolore-tenperatura normalizatuak arauetan. Fabrikatzaileak esleituriko kolore-tenperaturaren tolerantzia finkatzeko, Mac Adamen elipseak hartuko dira oinarritzat, eta koloreen taulako tartea UNE-EN-60081 arauaren D eranskinaren arabera ezarriko dira. Metalezko halogenuroen lanparei dagokienez, gehienez $\pm 5\%$ eko tolerantzia eskatzea gomendatzen da.

Kolore-errendimenduaren indizeari dagokionez, 3 puntuko tolerantzia onartzen da fabrikatzaileak esleituriko balioaren gainean.

12.1.7. Lanparen iraunkortasunaren ezaugarriak

Batez besteko iraupena lanpara fabrikatzaileak gehien erabiltzen duen datua da, fabrikatzailearen batez besteko iraupen estatistikoa kalkulatu lortu dena. Honi deritzo batez besteko iraupena: fabrikazio edo instalazio bateko erlo esanguratsu bateko lanparen %50ek behar bezala zehazturiko baldintzetan funtzionatzen huts egin arte igarotako denborari. Ondorio horietarako, lanpara fabrikatzaileek lanpara-mota bakoitzaren iraugipen-kurbak eta tolerantziak eman go dituzte, horien batez besteko iraupenak kalkulatzeko.

12.1.7.1. Lanparen iraugipena

Presio altuko merkurio-lurrineko lanparen, presio baxuko sodio-lurrineko lanparen, presio altuko sodio-lurrineko lanparen eta metalezko halogenuroen iraugipena ez da izango, inola ere, fabrikatzaileak bermaturiko iraugipen-kurban agertzen den balioaren %110 baino handiagoa, bakoitza piztuta egoteko 10 orduko denboran.

12.1.7.2. Lanpara agortuak

Presio altuko merkurio-lurrineko lanparak, presio baxuko sodio-lurrineko lanparak eta metalezko halogenuroak agortuzat edo erabileratik kanpokotzat joko dira, ekonomiaren aldetik, pizten ez direnean edo argi-fluxua fluxu nominala baino %60tik behera jaitzen denean.

Presio altuko sodio-lurrineko lanparak agortuko direla ulertuko da, ekonomiaren aldetik, pizten ez direnean, aldizka piztu eta itzaltzen direnean edo arku-tentsioa 140 V-koa baino altuagoa denean.

12.1.8. Lanparen segurtasunaren ezaugarriak

Lanpara-mota bakoitzerako arau espezifikoetan ezarritako segurtasuneko preskripzio orokorrak bete beharko dituzte lanpara-mota guztiek, honako hauei dagokienez: lanpara-euskarrien nahi gabeko kontaktuen kontrako babesa, lanparen zorroa berotzea, torsioaren eta isolamenduaren kontrako erresistentzia, ihes-lerroak, segurtasuna luzitzen uzten denean, informazioa elkarri emateko modua eta luminarien diseinurako informazioa. Gainera, babes mekanikoari, interferentzia irratielektronikoei eta atmosferaren kutsadurari buruzkoak hartuko dira aintzat.

12.1.9. Lanparen kalitate-kontrola

Entsegu elektrikoaren bidez burutuko da kalitate-kontrola, hala nola arku-tentsioaren neurketa, erregimen-korrontea, lanpararen potentzia, etab. neurtzea, baita lanparen argi-fluxua eta balio gale-ara neurtzeko proba fometrikoak burutuz ere. Gainera, ezaugarri kolorimetrokoak erkatuko dira korrelazioko kolore-tenperaturari dagokionez, eta azkenik lanparen iraupenaren eta agortzearen ezaugarriak egiaztatuko dira, baita lanpara horien ezaugarriak ere.

12.1.10. Lanparen ezaugarri teknikoak

Ondoko tauletan, tuneletan erabilitako argiztapen-iturrien ezaugarri nagusiak eta horien ezaugarri tekniko ertainak.

12.1.6. Lámparas de descarga

Al utilizar en este tipo de lámparas la temperatura de color correlacionada, las temperaturas de color normalizadas estarán definidas en las normas por sus coordenadas cromáticas. La tolerancia en cuanto a la temperatura de color asignada por el fabricante, se determinará tomando como base las elipses de Mac Adam, estableciendo el intervalo cuadrático de cromaticidad según el Apéndice D de la norma UNE-EN 60081. En lo que respecta a las lámparas de halogenuros metálicos, se recomienda exigir una tolerancia máxima de un $\pm 5\%$ en la temperatura de color correlacionada.

En cuanto al índice de rendimiento en color, se acepta una tolerancia de 3 puntos sobre el valor asignado por el fabricante.

12.1.7. Características de duración de las lámparas

La duración promedio, entendida como el tiempo transcurrido hasta que fallan el 50% de las lámparas de un lote representativo de una fabricación o instalación funcionando en condiciones perfectamente especificadas, será el dato más utilizado por el fabricante de lámparas, obtenida del cálculo de la duración media estadística de sus producciones; definida como el valor medio estadístico resultante del análisis y ensayo de un lote representativo de una fabricación, funcionando en condiciones perfectamente especificadas. A estos efectos los fabricantes de lámparas proporcionarán las curvas de mortalidad de cada tipo de lámpara y sus tolerancias, para de ellas calcular las duraciones promedio.

12.1.7.1. Mortalidad de las lámparas

La mortalidad de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, vapor de sodio a baja presión, vapor de sodio a alta presión y halogenuros metálicos, no será en ningún caso superior al 110% del valor que figura en la curva de mortalidad garantizada por el fabricante, para encendidos de 10 horas cada uno.

12.1.7.2. Lámparas agotadas

Las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, vapor de sodio a baja presión y halogenuros metálicos se considerarán agotadas o fuera de uso, desde un punto de vista económico, cuando no se enciendan o su flujo luminoso haya descendido por debajo del 60% del flujo nominal.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión se estimarán agotadas o fuera de uso, desde un punto de vista económico, cuando no se enciendan, cuando se enciendan y apaguen intermitentemente o cuando su tensión de arco sea superior a 140 V.

12.1.8. Características de seguridad de las lámparas

Todos los tipos de lámparas deberán satisfacer las prescripciones generales de seguridad incluidas en las normas específicas para cada tipo de lámpara en lo relativo a la protección contra contactos accidentales en los portalámparas, calentamiento del casquillo de las lámparas, resistencia a la torsión y de aislamiento, líneas de fuga, seguridad al dejar de lucir, intercambiabilidad e información para el diseño de luminarias. Además se considerarán las que se refieren a protección mecánica, interferencias radioeléctricas y contaminación atmosférica.

12.1.9. Control de calidad de las lámparas

El control de calidad se llevará a cabo mediante la realización de los correspondientes ensayos eléctricos tales como las mediciones de tensión de arco, corriente de régimen, potencia de lámpara, etc. y la ejecución de las pruebas fotométricas de medición del flujo luminoso de las lámparas y la depreciación del mismo así como contrastar las características colorimétricas en lo relativo a la temperatura de color correlacionada e índice de rendimiento en color y, por último, la verificación de las características de duración y mortalidad de las lámparas, así como su agotamiento, además de comprobar las características de seguridad.

12.1.10. Características técnicas de las lámparas

Las tablas que se muestran a continuación indican las principales fuentes de iluminación empleadas en túneles y sus características técnicas medias.

a) *Lanpara fluoreszente tubularrak, 26 mm-ko diametrokoak eta trinkoak*

	Potentzia nominala (W)	Koloreen errendimendu-indizea	Argi-fluxua 100 ordutan (lm)	Luzera (mm)	Gehieneko luminantzia (cd/cm ²)	Balastoaren potentzia (W)	Gutzizko potentzia (W)	Argi eraginkortasuna (lm/W)
Industri zuria, ø 26 mm	36	55	3.000	1.200	0,95	10	46	65
ø 26 mm	58	55	4.600	1.500	1,25	10	68	67
Kolore-sorta, ø 26 mm	36	85	3.350	1.200	1,15	10	46	73
ø 26 mm	58	85	5.200	1.500	1,40	10	68	76
Maiztasun altuko sorta, ø 26 mm	32	85	3.200	1.200		4	36	89
ø 26 mm	50	85	5.000	1.500		6	56	89
Sorta trinkoa, balasto elektronikoarekin	32	85	2.900	410		4	36	80
	40	85	3.500	535		5	45	78
	52	85	4.800	535		6	58	82

a) *Lámparas fluorescentes tubulares de diámetro 26 mm y compactas*

	Potencia nominal (W)	Índice rendimiento colores	Flujo luminoso a 100 h (lm)	Longitud (mm)	Luminancia máxima (cd/cm ²)	Potencia balasto (W)	Potencia total (W)	Eficacia luminosa (lm/W)
Blanco industrial ø 26 mm	36	55	3.000	1.200	0,95	10	46	65
	58	55	4.600	1.500	1,25	10	68	67
Gama cromática ø 26 mm	36	85	3.350	1.200	1,15	10	46	73
	58	85	5.200	1.500	1,40	10	68	76
Gama alta frecuencia ø 26 mm	32	85	3.200	1.200		4	36	89
	50	85	5.000	1.500		6	56	89
Gama compacta con balasto electrónico	32	85	2.900	410		4	36	80
	40	85	3.500	535		5	45	78
	52	85	4.800	535		6	58	82

b) *Presio altuko sodioko lurrin-lanpara, tubular argiak dituenak*

Potentzia nominala (W)	Argi-fluxua 100 ordutan (lm)	Luzera (mm)	Luminantzia ertaina (cd/cm ²)	Balastoaren potentzia (W)	Gutzizko potentzia (W)	Argi eraginkortasuna (lm/W)
70	6.600	159	300	15	85	78
100	10.500	211	300	11 a 16	116	90
150	16.500	211	340	17	167	99
250	28.000	257	360	25	275	102
250+	32.000	257	420	25	275	116
400+	55.500	283	630	30	430	129

b) *Lámparas de vapor de sodio alta presión tubulares claros*

Potencia nominal (W)	Flujo luminoso a 100 h (lm)	Longitud (mm)	Luminancia media (cd/cm ²)	Potencia balasto (W)	Potencia total (W)	Eficacia luminosa (lm/W)
70	6.600	159	300	15	85	78
100	10.500	211	300	11 a 16	116	90
150	16.500	211	340	17	167	99
250	28.000	257	360	25	275	102
250+	32.000	257	420	25	275	116
400+	55.500	283	630	30	430	129

c) *Presio baxuko sodio-lurrineko lanparak*

Potentzia nominala (W)	Argi-fluxua 100 ordutan (lm)	Luzera (mm)	Luminantzia ertaina (cd/cm ²)	Balastoaren potentzia (W)	Gutzizko potentzia (W)	Argi eraginkortasuna (lm/W)
26	3.700	310	8	9 Klasikoa	35	106
36	6.150	425	8	11 Hibridoa	47	131
66	10.600	528	8	16 Hibridoa	82	130
91	17.000	775	8	16 Hibridoa	107	159
131	26.000	1.120	8	20 Hibridoa	151	172

c) *Lámparas de vapor de sodio baja presión*

Potencia nominal (W)	Flujo luminoso a 100 h (lm)	Longitud (mm)	Luminancia media (cd/cm ²)	Potencia balasto (W)	Potencia total (W)	Eficacia luminosa (lm/W)
26	3.700	310	8	9 Clasico	35	106
36	6.150	425	8	11 Hibrido	47	131
66	10.600	528	8	16 Hibrido	82	130
91	17.000	775	8	16 Hibrido	107	159
131	26.000	1.120	8	20 Hibrido	151	172

d) *Indukzio-lanparak*

Potentzia nominala (W)	Argi-fluxua 100 ordutan (lm)	Luzera (mm)	Diametroa (mm)	Argi eraginkortasuna (lm/W)
55	3.500	141	85	64
85	6.000	181	111	71
165	12.000	215	130	73

d) *Lámparas de inducción*

Potencia nominal (W)	Flujo luminoso a 100 h (lm)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Eficacia luminosa (lm/W)
55	3.500	141	85	64
85	6.000	181	111	71
165	12.000	215	130	73

e) *16 mm-ko diametroko hodi fluoreszenteak*

Potentzia nominala (W)	Koloreen errendimenduari indizea	Argi-fluxua 100 ordutan (lm)	Luzera (mm)	Balastoaren potentzia (W)	Gutzizko potentzia (W)	Argi eraginkortasuna (lm/W)
21	85	2.100	863	4	25	84
28	85	2.900	1.163	4	32	90
35	85	3.650	1.463	4	39	93

e) *Tubos fluorescentes de diámetro 16 mm*

Potencia nominal (W)	Índice rendimiento colores	Flujo luminoso a 100 h (lm)	Longitud (mm) balasto (W)	Potencia total (W)	Potencia luminosa (lm/W)	Eficacia
21	85	2.100	863	4	25	84
28	85	2.900	1.163	4	32	90
35	85	3.650	1.463	4	39	93

12.2. **Ekipo osagarriak**

Deskarga-lanparek, oro har, tentsio-korrante ez lineala dute, bereziki negatiboa, eta horren ondorioz, intentsitatea mugatzeko elementu bat erabili behar da, oro har balastoa deritzona, korrontea mugariki gabe handitu ez dadin eta lanpara suntsitu ez dadin, piztuta dagoenean. Balastoarekin lotuta, potentzia-faktorea zuzentzeko elementu egokiak aurreikusitako beharko dira.

Deskarga-lanpara guztiek funtzionatzeko behar duten korrontea erregulatzeko eta potentzia-faktorea zuzentzeko dispositibo bezain, deskargako korronte altuko zenbait lanpara-motak sarearena baino askoz tentsio altuagoa behar dute arkuko korrontea has-teko edo «zebatzeko», hala nola presio altuko sodio-lurrineko lanparak (VSAP), Europako motako metalezko halogenuroak dituzten merkurio lanparak (HM) presio baxuko sodio-lurrineko lanparak (VSBP). Hortaz, dispositibo bat sartu behar da ekipo osagarrian, lanpararen korrontea zebatzeko behar den tentsio altua emateko eta horren euskarria izateko lanpara piztu behar denean. Dispositibo horri arrankatzeko gailua deritzo. Piztarazgailua behar dute lanpara fluoreszenteek funtzionatzeko; presio baxuko sodio-lurrinekoek, berriz, balasto autotransformatzailearekin funtziona dezakete.

12.2.1. **Balastoak**

Hauek dira gehien erabiltzen diren balasto-motak:

- Multzo induktiboko balastoa.
- Multzo induktiboko balastoa, bi potentzia-mailarekin.
- Balasto autoerregulatuzailea.
- Balasto autotransformatzailea.
- Balasto elektronikoa.

Nahiz eta balasto induktiboa gehien erabiltzen dena izan, korrontearen eta potentziaren erregulazio baxua ematen du elikadura-sarearen tentsioaren oszilazioei dagokienez. Hori dela eta, erabilera beti izango da egokia, baldin eta tentsio horren oszilazioa $\pm 5\%$ ekoa baino handiagoa ez bada. Denboran etengabeko aldaketak edo aldaketa iraunkorrak aurreikusten badira sarearen tentsioan, egokia izango da balasto induktiboak jartzea bi tentsio-hargunerekin, eta ego-kiena aplikatuko da. Tentsio-oszilazio horiek aldakorrak badira

12.2. **Equipos auxiliares**

Las lámparas de descarga en general tienen una característica tensión-corriente no lineal y marcadamente negativa, que da lugar a la necesidad de utilización de un elemento limitador de la intensidad que se denomina genéricamente balasto para evitar el crecimiento ilimitado de la corriente y la destrucción de la lámpara, cuando ésta ha encendido. Asociado al balasto deberán preverse los elementos adecuados para la corrección del factor de potencia.

Además de los dispositivos de regulación de la corriente de lámpara y de corrección del factor de potencia, requeridos por todas las lámparas de descarga para su funcionamiento, algunos tipos de lámparas de alta corriente de descarga, como son las de vapor de sodio a alta presión (VSAP), lámparas de mercurio con halogenuros metálicos (HM) de tipo europeo y vapor de sodio a baja presión (VSBP) necesitan una tensión muy superior a la de la red para iniciar o «cebar» la corriente de arco. Se precisa, por tanto, incluir en el equipo auxiliar un dispositivo que proporcione y soporte en el instante de encendido la alta tensión necesaria para el cebado de la corriente de arco de la lámpara. Dicho dispositivo se denomina arrancador. Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento un cebador, mientras que las de vapor de sodio a baja presión también pueden funcionar con un balasto autotransformador.

12.2.1. **Balastos**

Los tipos de balastos más utilizados son los siguientes:

- Balasto serie de tipo inductivo.
- Balasto serie de tipo inductivo con dos niveles de potencia.
- Balasto autorregulador.
- Balasto autotransformador.
- Balasto electrónico.

Aún cuando el balasto serie de tipo inductivo es el más utilizado, proporciona una baja regulación de corriente y de potencia frente a las oscilaciones de la tensión de la red de alimentación, por lo que su uso será adecuado siempre que dicha tensión no fluctúe más del $\pm 5\%$. Cuando se prevean variaciones constantes o permanentes a lo largo del tiempo superiores en la tensión de la red, resultará idónea la instalación de balastos serie de tipo inductivo con dos tomas de tensión, aplicando la más conveniente. Si

denboran, bai egunez piztuta dagoen orduetan, bai asteburuetan edota urtaroetan, egokia izango da balasto autoerregulatuak erabiltzea.

Balasto autoerregulatuak erabiliko dira, lanpararen korrontearen eta potentziaren erregulazio ona dutenez gero elikadura-sareko tentsioaren aldaketek dagokienez, tentsio horrek $\pm 10\%$ eko aldaketa baino handiagoa duenean. Baldin eta aipaturiko tentsioa nahikoa ez bada lanpararen funtzionamendua egonkorra izan dadin, tentsioa handitu eta korrontea erregulatuak duten balasto autotransformatzaileak jarriko dira, eta horien erabilera aurreikusiko da, oro har, elikadura-sarearen tentsioa 200 V-koa baino txikiagoa den kasuetan.

Balasto inдукtiboak izango dira, bi potentzia-mailakoak, eta horiek esker maila murriztuan gutxi gorabehera energiaren %40 aurreztu daiteke, betiere elikadura-tentsioa nominala bada. Bi potentzia-mailak egiteko ere balasto autoerregulatuak erabil daitezke.

Balasto elektronikoa deskarga-lanporetan erabil daiteke, zeren prestazio onak ematen baititu eta balasto autoerregulatuak eta autotransformatzaileen balastoak erregulatzeko ezaugarriak buruzko eskakizunak betetzen baititu, lanpararen potentzia egonkortzen du elikadura-sarearen tentsioa aldatuz, $\pm 20\%$ raino. Horixe da aukerarik gomendagarriena.

12.2.1.1. Balastoen ezaugarriak

Balastoei zenbait eskakizun bete behar dituzte isolamenduetan, bobinetan eta nukleoetan erabilitako kalitate eta material-motek dagokienez. Horiek modu egokian erakitzeak bermatu egingo du kontaktuko elektrikoen kontrako babesa, baita horri lotutako lanparen funtzionamendua egokia ere. Gainera, zehaztuen termiko, geometriko eta abarri egokituak zaizkio; izan ere, unero doituak dira honako arau hauetan ezarritako eskakizunetara: lanpara tubular fluoreszenteetarako funtziorako gaitasunari eta segurtasunari buruzko UNE-EN 60920 eta 60921 arauak, deskarga-lanporetarako UNE-EN 60922 eta 60923 arauak, korronte zuzeneko balasto elektronikoei buruzko UNE-EN 60924 eta 60925 arauak, korronte alternoei buruzko UNE-EN 60928 eta 60929 arauak eta azkenik balasto propioa duten lanpara fluoreszenteetarako UNE-EN 60968 eta 60969 arauak.

Ondoko taulatan zehazten dira serieko balasto inдукtiboak eta balasto autoerregulatuak potentziaren gehieneko balio onargarriak, wattetan adieraziak (W) lanpara-mota eta potentzia bakoitzerako.

12.2.1.1-1. Taula – Multzo inдукtiboak balastoa

KONTSUMOAK (W)									
VSAP		VMAP		VSBP		HM		FLUORESZENTEAK	
Lanpara	Ekipoa	Lanpara	Ekipoa	Lanpara	Ekipoa	Lanpara	Ekipoa	Lanpara	Ekipoa
50	9	50	9	18	4,5	35	9	4/6/8	4,5
70	11	80	11	35	6,5	70	11	5/7/9/11	4,5
100	13	125	13	55	10	100	13	10/13	4,5
150	20	250	20	90	13	150	20	15	8
250	29	400	23	135	28	250	29	16	5,5
400	33	700	33	180	28	400	33	18 TC-D	5,5
600	50	1.000	44			1.000	55	18/20	10
1.000	66					1.800	77	36/40	10,5
						2.000/220	83	58/65	13,5
						2.000/380	83		
						3.500	149		

12.2.1.1-2. Taula – Balasto autoerregulatuak

KONTSUMOAK (W)					
VSAP		VMAP		HM	
Lanpara	Ekipoa	Lanpara	Ekipoa	Lanpara	Ekipoa
50	—	50	—	35	—
70	22	80	16	70	—
100	25	125	20	100	—
150	28	250	32	150	—
250	35	400	40	250	45
400	60	700	—	400	60
600	—	1.000	—	1.000	—
1.000	—	—	—	1.800	—
—	—	—	—	2.000	—
—	—	—	—	3.500	—

dichas oscilaciones de tensión son variables en el tiempo, bien durante las horas de encendido diario, a lo largo del fin de semana y/o estacionales, será adecuado utilizar balastos autorreguladores.

Los balastos autorreguladores, al presentar una buena regulación de la corriente y potencia de lámpara en relación a las alteraciones de tensión de la red de alimentación, se utilizarán cuando dicha tensión oscile más del $\pm 10\%$. En el caso de que la mencionada tensión sea insuficiente para un funcionamiento estable de la lámpara, se instalarán balastos autotransformadores que elevarán la tensión y regularán la corriente, y su uso se preverá generalmente cuando la tensión de la red de alimentación resulte inferior a 200 V.

Los balastos serie de tipo inдукtivo con dos niveles de potencia, permiten un ahorro energético en nivel reducido de aproximadamente un 40% siempre y cuando la tensión de alimentación sea la nominal. La realización de dos niveles de potencia también puede efectuarse mediante balastos autorreguladores.

El balasto electrónico podrá utilizarse en lámparas de descarga, dado que proporciona unas buenas prestaciones y cumple con los requisitos sobre las características de regulación de los balastos autorreguladores y autotransformadores, estabilizando la potencia de lámpara con variaciones de tensión de la red de alimentación de hasta el $\pm 20\%$. Esta es la opción más recomendable.

12.2.1.1. Características de los balastos

Los balastos deberán cumplir unas determinadas exigencias básicas referentes a las calidades y tipos de materiales utilizados en los aislamientos, bobinados y núcleos. Su idónea construcción garantizará la protección contra contactos eléctricos y el correcto funcionamiento de las lámparas a las que se asocia. Además se adecuarán a concretas especificaciones térmicas, geométricas, etc., ajustándose en todo momento a las exigencias de las normas UNE-EN 60920 y 60921 de seguridad y aptitud a la función para lámparas tubulares fluorescentes, UNE-EN 60922 y 60923 para lámparas de descarga, UNE-EN 60924 y 60925 en el caso de balastos electrónicos en corriente continua, así como UNE-EN 60928 y 60929 en corriente alterna y, por último, UNE-EN 60968 y 60969 para lámparas fluorescentes con balasto propio.

En las tablas adjuntas se especifican los valores máximos admisibles de la potencia en los balastos serie de tipo inдукtivo y autorreguladores, expresados en vatios (W) para cada potencia y tipo de lámpara.

Tabla 12.2.1.1-1 – Balastos serie de tipo inдукtivo

CONSUMOS (W)									
VSAP		VMAP		VSBP		HM		FLUORESCENTE	
Lámpara	Equipo	Lámpara	Equipo	Lámpara	Equipo	Lámpara	Equipo	Lámpara	Equipo
50	9	50	9	18	4,5	35	9	4/6/8	4,5
70	11	80	11	35	6,5	70	11	5/7/9/11	4,5
100	13	125	13	55	10	100	13	10/13	4,5
150	20	250	20	90	13	150	20	15	8
250	29	400	23	135	28	250	29	16	5,5
400	33	700	33	180	28	400	33	18 TC-D	5,5
600	50	1.000	44			1.000	55	18/20	10
1.000	66					1.800	77	36/40	10,5
						2.000/220	83	58/65	13,5
						2.000/380	83		
						3.500	149		

Tabla 12.2.1.1-2 – Balastos auto reguladores

CONSUMOS (W)					
VSAP		VMAP		HM	
Lámpara	Equipo	Lámpara	Equipo	Lámpara	Equipo
50	—	50	—	35	—
70	22	80	16	70	—
100	25	125	20	100	—
150	28	250	32	150	—
250	35	400	40	250	45
400	60	700	—	400	60
600	—	1.000	—	1.000	—
1.000	—	—	—	1.800	—
—	—	—	—	2.000	—
—	—	—	—	3.500	—

12.2.1.2. *Balastoen kalitate-kontrola*

Entseguen bidez egingo da kalitate-kontrola, hala nola, inpedantzia neurtzea, galdutako potentzia finkatzea, balio elektrikoak, gailur-faktorea, zurruntasun dielektrikoa, berokuntza, eta abar.

12.2.2. *Kondentsadoreak*

Deskarga-lanparen ekipoetan, balastoarekin lotuta joan behar du kondentsadoreak, bai elikadura sarearekiko konexioan potentzia-faktorea zuzentzeko, bai seriean jarrita balastoarekin, betiere lanparak korronte eta konpentsazio elementu erregulatuak izanik; halaxe gertatzen da balasto autoerregulatuak kasuan.

Balasto elektronikoen ez dute kondentsadoreen beharrik potentzia-faktorea zuzentzeko, horretarako diseinaturiko zirkuitu elektronikoa baita sartuta.

12.2.2.1. *Kondentsadoreen ezaugarriak*

Kondentsadore guztiek oinarritzko zenbait eskakizun bete behar dituzte, elektrikoak eta termikoak, terminalen eskakizun konexioetarako eta eskakizun geometrikoak. Horiek guztiak zirkuitu fluoreszente tubularretan erabiltzeko kondentsadoreei eta bestelako deskarga-lanpara batzuei buruzko UNE-EN 61048 eta 61049 arauetan ezarritakoari lotuko zaizkio.

12.2.2.2. *Kondentsadoreen kalitatea kontrolatzea*

Honako saiakuntza hauek eginez burutuko da kalitate kontrola: ahalmena, plaken eta inguratuaren arteko zurruntasun dielektrikoa, galeren angeluen tangentea ($\tan \delta$), eta abar.

12.2.3. *Arrankatzeko gailuak*

Hauexek dira arrankatzeko gailu-motak deskarga-lanparetarako, lanpara fluoreszente tubularrak izan ezik:

- Serieena, lanparekin (inpultso independenteak).
- Erdi paraleloan (lotuta doan balastotik inpultso independenteak).
- Paraleloan (independentea, bi hariakoa).

Lanpara fluoreszente tubularren kasuan, pitzarazgailuak jarriko dira, eflubioetako edo pitzarazgailu elektronikoenak. Zebadoreak behar dituzten balasto elektromagnetikoen desagertzen badira, frekuentzia altuko erreaktantzia elektronikoenak ezarriko dira, potentzia-faktorearen kontrolarekin, aurreberoketarekin eta orduan 10 pizte baino gehiagori zuzenduta.

Sodioko lurrin-lanparak funtzionatzen jartzeko, pizte-tentsio oso altuak behar dira, erreaktantziak ezin hornitu ditzakeenak. Arrankatzeko gailuak kondentsadorean bildutako energia aprobetxatzen du, eta tentsio inpultso edo hainbat inpultso lanpararen huts-lanparen tentsioaren gainjarrita, deskarga-hodiaren barruko arkuak jausarazten; muturreko balioa oso altua da, baina laburra.

12.2.3.1. *Arrankatzeko gailuen ezaugarriak*

Preskripzio orokorre, segurtasun preskripzioei eta funtzionamenduko preskripzioei dagokienez, arrankatzeko gailuak eta pitzarazgailuak (eflubioetako izan ezik) UNE-EN 60926 eta 60927 arauetan eskaturikoari lotuko zaizkio. Lanpara fluoreszente tubularretarako eflubioetako pitzarazgailuek, berriz, UNE-EN 60155 arauan ezarritakoa bete beharko dute.

12.2.3.2. *Arrankatzeko gailuen kalitate-kontrola*

Arrankatzeko gailuen eta pitzarazgailuen kalitatearen kontrola egiteko, muturreko tentsioak neurtuko dira fabrikatzaileak zehazturiko gutxieneko eta gehieneko balioekin, baita konexio eta deskonexio tentsioak, inpultsoaren altuera eta zabalera, bobinaren erresistentzia elektrikoak, arrankatzeko gailuaren potentzia galera, etab. ere.

Fabrikatzaile berarenak izan behar dute erreaktantziak eta arrankatzeko gailuak, edo bestela arrankatzeko gailuak inpultso zuzeneko edo elkarren gainean jarritakoa izan behar du.

12.2.1.2. *Control de calidad de los balastos*

El control de calidad se efectuará mediante la realización de los correspondientes ensayos tales como la medición de impedancia, potencia perdida, valores eléctricos, factor de cresta, rigidez dieléctrica, calentamiento, etc.

12.2.2. *Condensadores*

En equipos para lámparas de descarga el condensador deberá ir asociado al balasto, bien en conexión a la red de alimentación para corregir el factor de potencia, o bien instalado en serie con el balasto y la lámpara sirviendo como elemento regulador de corriente y compensación, tal como es el caso de los balastos autorreguladores.

Los balastos electrónicos no requieren condensador para la corrección del factor de potencia, al incluir un circuito electrónico diseñado a tal efecto.

12.2.2.1. *Características de los condensadores*

Todos los condensadores deberán cumplir unas determinadas especificaciones básicas, eléctricas, térmicas, de terminales para el conexionado y geométricas. Estos se adecuarán a lo exigido en las normas UNE-EN 61048 y 61049 relativas a condensadores para utilización en los circuitos fluorescentes tubulares y otras lámparas de descarga.

12.2.2.2. *Control de calidad de los condensadores*

El control de calidad se ejecutará llevando a cabo ensayos de capacidad, rigidez dieléctrica entre placas y envolvente, tangente del ángulo de pérdidas ($\tan \delta$), etc.

12.2.3. *Arrancadores*

Los tipos de arrancadores para lámparas de descarga, excepto las lámparas fluorescentes tubulares, son los siguientes:

- En serie con la lámpara (de impulsos independientes).
- En semiparalelo (de impulsos dependientes del balasto al que va asociado).
- En paralelo (independiente de dos hilos).

En el caso de lámparas fluorescentes tubulares se instalarán cebadores, ya sean de efluvios o electrónicos. Dado que los balastos electromagnéticos que precisan cebadores tienden a desaparecer, se colocarán reactancias electrónicas de alta frecuencia con control del factor de potencia, precaldeo y para más de 10 encendidos hora.

Para la puesta en funcionamiento de la lámpara de vapor de sodio se necesitan tensiones de encendido muy elevadas que la reactancia no puede suministrar. El arrancador aprovecha la energía almacenada en el condensador y superponiendo una o varias impulsiones de tensión a la tensión de vacío de la lámpara hace saltar el arco en el interior del tubo de descarga con un valor de pico muy elevado y corta duración.

12.2.3.1. *Características de los arrancadores*

En lo que respecta a las prescripciones generales y de seguridad, así como prescripciones de funcionamiento, los arrancadores y cebadores, excepto los de efluvios, se ajustarán a lo exigido en las normas UNE-EN 60926 y 60927, mientras que los cebadores de efluvios para lámparas fluorescentes tubulares cumplirán lo establecido en la norma UNE-EN 60155

12.2.3.2. *Control de calidad de los arrancadores*

El control de calidad de los arrancadores y cebadores se realizará mediante mediciones de tensión de pico con las capacidades máxima y mínima especificadas por el fabricante, medidas de tensión de conexión y desconexión, de altura y anchura del impulso, resistencia eléctrica del bobinado, potencia perdida por el arrancador, etc.

La reactancia y el arrancador deberán ser del mismo fabricante, o bien el arrancador será de impulso directo o superposición.

Kableak ekipotik lanpararaino duen ahalmena izango da kontuan, eta halako moldez jarriko da instalazioa non ez baitu gaindituko arrankatzeko gailuak onartzen duen gehieneko ahalmena.

12.2.4. Luminariak

Lanpara batek edo hainbat lanparek ematen duten argia banatu, iragazi edo transformatu duten aparatuak dira. Lanparak finkatzeko eta babesteko osagarri guztiak dakartzatza, eta beharrezkoa bada, lanparok hornidurako sarearekin konektatzeko beharrezko zirkuituak eta dispositiboak dituzte.

Luminariak honako hauek ezarritako eskakizunak bete behar dituzte: Tentsio Baxurako Araudi Elektroteknikoa, 842/2002 Dekretua, ITC-BTren jarraibide tekniko osagarriak, Zientzia eta Teknologia Ministerioaren interpretazio-orriak, UNE-EN 60598 eta UNE-EN 20314 arauak eta nazioko eta Europako Batasunaren arlo horretako gainerako araudi guztiak ere.

Kalitate-kontrolaren barruan sartzen dira herri argietarako UNE-EN 60598 araua eta talka elektrikoaren kontrako babesari buruzko UNE-20314 araua betetzea bermatuko duten eraikuntzako ezauzgarrien gaineko entseguak, baita ezaugarri fotometrikoen buruzko entseguak ere, hala nola intentsitateen matrizeak eta F faktorea neurtzea, F faktorea edo luminariaren igorpen-aldearen itxurazko azalera m²-tan adierazita eta 76 graduko angelu batetik begiratuta, etab.

12.2.5. Tunelen argiztapenerako luminarien sailkapena

Tuneletan erabilitako luminariak erabilera-baldintza bereziak bete behar dituztenez gero, ezaugarri mekaniko eta fotometriko oso espezifikoak bete behar dituzte.

INGURUMENARI DAGOZKIONAK

- Kanpoko tenperatuaren baldintzak.
- Zirkulazioak eragindako zikinkeria.
- Hezetasunak eta ibilgailuen ihes-gasek eragindako korrosioa.

USTIAPENA (MANTENTZEA)

- Luminarien kontzepzio mekanikoa eta makurdura erregulatzeko euskarriak.
- Luminariak garbitzea, lanparak aldatzea eta konponketa elektrikoak egitea zirkulazioari ahalik eta gutxien eraginda.
- Materialak 24 orduan erabiltzeko modukoa izan behar du.

FOTOMETRIA

- Altuera, egoera axiala edo zirkulazio bideen gaineko egoera, alde bateko edo bi aldeko instalazioa, galiboa, eta abar direla-eta, optika espezifikoak erabili behar dira, eta horren banaketa fotometrikoa instalazioaren parametroetara egokitu behar da.

INSTALAZIOA

- Finkapen-sistemak ahalbidetu egin behar du aparatua bizkor muntatzea eta desmuntatzea, betiere konexio elektrikoak kontuan izanik.
- Finkapen erregulagarriak behar bezala ziurtatu behar dituzte aparatuen biderapena eta elikadura.

Kaxa hermetiko batekin daude osatuta luminariak, finkatze eta bideratze sistema baten bidez; gainera, sistema optikoa eta hornidura elektrikoaren blokea du. Luminariak edo proiektoreak fotometrikoak sailkatzen dira tunelen argiterian, banaketa fotometriko motaren arabera, hots, simetrikoa edo kontrafluxukoa.

Bi sistema-mota horiek argi eta garbi zehazten dira, baina argi-intentsitatearen banaketa honen arabera da:

- Simetrikoa 0°-180° oinplanoarekin, trafikoaren paraleloan.
- Trafikoaren norabidearen kontrako norabidean, 180 graduko oinplanoaren inguruko planoan eta trafikoaren norabideko gutxieneko argi-intentsitate trafikoen norabidean, 0 graduko oinplanoatik hurbil.

Se tendrá en cuenta la capacidad del cable desde el equipo a la lámpara, ejecutándose la instalación de forma que dicha capacidad no supere la máxima admitida por el arrancador.

12.2.4. Luminarias

Son aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas. Contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas y protegerlas y, cuando resulta necesario, dispositivos de los circuitos y dispositivos necesarios para conectarlas a la red de alimentación eléctrica.

Las luminarias deberán cumplir las exigencias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión Decreto 842/2002, las Instrucciones Técnicas Complementarias del mismo ITC-BT, hojas de interpretación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, normas UNE-EN 60598, UNE-EN 20314 y demás reglamentaciones nacionales y de la unión europea concordantes en la materia.

El control de calidad comprenderá la realización de ensayos sobre características constructivas que garanticen el cumplimiento de las normas UNE-EN 60598 de luminarias para alumbrado público y UNE-20314 referente a protección contra los choques eléctricos, así como ensayos sobre características fotométricas tales como la medición de la matriz de intensidades, del factor F o superficie aparente del área de emisión de la luminaria vista bajo un ángulo de 76° expresada en m², etc.

12.2.5. Clasificación de las luminarias para alumbrado de túneles

Las luminarias utilizadas en los túneles están sometidas a unas condiciones particulares de utilización por lo que deben responder a unas características mecánicas y fotométricas muy específicas.

AMBIENTALES

- Condiciones de temperatura extrema.
- Suciedad debida a la circulación.
- Corrosión debida a la humedad y los gases de escape de los vehículos.

EXPLOTACIÓN (MANTENIMIENTO)

- Concepción mecánica de las luminarias y sus fijaciones para el reglaje de inclinación.
- Limpieza de luminarias, cambio de lámparas y reparaciones eléctricas con la mínima interrupción de la circulación.
- El material debe responder a su utilización de 24 horas al día.

FOTOMETRÍA

- Las condiciones de altura, situación axial o sobre las vías de circulación, instalación unilateral o bilateral, consideraciones de gálibo etc., conducen a utilizar ópticas específicas cuyo reparto fotométrico debe ser adaptado a los parámetros de la instalación.

INSTALACIÓN

- El sistema de fijación debe permitir el montaje y desmontaje rápido del aparato teniendo en cuenta la conexión eléctrica.
- La fijación regulable debe asegurar perfectamente la alineación y la orientación de los aparatos.

Las luminarias están constituidas por una caja hermética sostenida por un sistema de fijación y orientación y que contiene el sistema óptico y el bloque eléctrico de alimentación. Las luminarias o proyectores se clasifican fotométricamente para el alumbrado de túneles según el tipo de distribución fotométrica, es decir; tipo simétrico o a contraflujo.

Estos dos tipos están claramente definidos de acuerdo con, que la distribución de intensidad luminosa sea:

- Simétrica con respecto al plano 0°-180°, paralelo al tráfico.
- Dirigida en sentido contrario a la dirección de tráfico, en un plano próximo al plano 180° y con una intensidad luminosa mínima en la dirección del tráfico próxima al plano 0°.

12.2.6. Tunelak argiztatzeko luminarien ezaugarriak

Ondoko taulan agertzen dira laburbilduta tuneletan jarri beharreko luminariak edo proiektoreek bete beharreko gutxieneko ezaugarriak, argiztapen-mota ezberdinei dagozkienak:

12.2.6. Características de las luminarias para alumbrado de túneles

Las características que como mínimo deben cumplimentar las luminarias o proyectores a instalar en los túneles correspondientes a las diferentes clases de alumbrado, se resumen en el cuadro siguiente:

12.2.6. Taula

Luminaria mota	A mota	B mota	C Mota	D Mota
Sistema optikoa	Itxia	Itxia	Itxia	Itxia
Fotometria	Simetriko kontrafluxua	Simetrikoa	Simetrikoa	Simetrikoa
Ahalmena	Gehienez: 400 W s.a.p. (R) 250 W 150 W	Gehienez: 400 W s.a.p.(R) Gehienez: 2 x 165 W indukzioa Gehienez: 180 W s.b.p. 2 x 90 W. 2 x 35 W	Gehienez: 2 x 58 W fluoreszentea (R) 2 x 36 W Gehienez: 2 x 55 W fluoreszente trinkoa	Gehienez: 18 W fluoreszentea Kit bateria autonomoak (Ni-Cd; 75 min.)
Atalaren osaera (2. oharra)	Aluminio-proiekzioa (R) Aluminio-estrusioa Altzairu herdoilgaitza	Aluminio-injekzioa (R) Aluminio-estrusioa Altzairu herdoilgaitza	Aluminio-estrusioa (R) Estanpazioa	Aluminio-estrusioa (R) Estanpazioa edo Altzairurtua
Hermetikotasuna EN - 60.598	IP 65	IP 65	IP 65	IP 67
Segurtasun elektrikoa UNE - 20.314	I. klasea (R) II. klasea	I. klasea (R) II. klasea	I. klasea (R) II. klasea	I. klasea (R) II. klasea
Itxiera	Beira	Beira	Beira	Abagunearen hormetako batezbesteko luminantzia, gehienez ere 2 metroko altuera
Errendimenduak:	> %65	> %65	>%60	>%60

Tabla 12.2.6

Tipo de luminaria	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Sistema óptico	Cerrado	Cerrado	Cerrado	Cerrado
Fotometría	Simétrico Contraflujo	Simétrico	Simétrico	Simétrico
Capacidad	Hasta: 400 W s.a.p. (R) 250 W 150 W	Hasta: 400 W s.a.p.(R) Hasta: 2 x 165 W inducción Hasta: 180 W s.b.p. 2 x 90 W. 2 x 35 W	Hasta: 2 x 58 W fluorescente (R) 2 x 36 W Hasta: 2 x 55 W fluorescente compacta	Hasta: 18 W fluorescente Kit baterías autonomo (Ni-Cd; 75 min.)
Composición Cuerpo (Nota 2)	Inyección aluminio (R) Extrusión aluminio Acero inoxidable	Inyección aluminio (R) Extrusión aluminio Acero inoxidable	Extrusión aluminio (R) Estampación	Extrusión aluminio (R) Estampación o Acero moldeado
Hermeticidad EN - 60.598	IP 65	IP 65	IP 65	IP 67
Seguridad eléctrica UNE - 20.314	Clase I (R) Clase II	Clase I (R) Clase II	Clase I (R) Clase II	Clase I (R) Clase II
Cierre	Vidrio	Vidrio	Vidrio	La luminancia media de las paredes en la zona de umbral, hasta una altura de 2 m, debe ser similar a la luminancia media de la superficie de la calzada, admitiéndose un valor del 60% del valor de la luminancia media en la calzada para las paredes > 60%
Rendimientos:	> 65%	> 65%	> 60%	> 60%

1. oharra: (R) sinboloak adierazten du ezen, taulan ezarritako posibilitateen artean, sinbolo hori daramatenak direla gomendagarriak.

2. oharra: Aurrerapen teknologikoen joeren arabera, material plastikoak erabiltzen dira luminarien atal nagusian, eta suaren kontrako prestazio hobekoak ziurtatzen dira. Kasu honetan, era horretako irtenbideak hautatuko lirake irtenbideok erkatu badira.

Nota 1: El símbolo (R) significa que, entre las posibilidades establecidas en la tabla, resultan recomendables las que llevan dicho símbolo.

Nota 2: Los avances tecnológicos tienden al uso de materiales plásticos para el cuerpo de las luminarias, asegurando mejores prestaciones frente al fuego. En ese caso se optaría por este tipo de soluciones si están contrastadas.

IV. ERANSKINA

AIREZTAPEN APARATUAK

1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jartzean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan aireztapen sistema betetzeko kalkuluak eta xedapen eta zehaztapen teknikoak definitzea da.

Dokumentu honen helburua da Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburu hauek erdiestea:

- Tunelen plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eskuragarri jarri nahi da, norik bere etapen diseinuaren, eraikuntzaren, zerbitzuan jartzearen eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezan segurtasunaren eskakizunei buruz; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.
- Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea; hala, eskatzekoa den legezko eremu gisa balioko du.
- Zerbitzu-maila altuari eustea errepideetako tunelen ustiapenean, tunelen barruko aldeetan pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetzeko, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobea izan dadin lagungarria izateko ere.

2. DOKUMENTUAREN NORAINOKOA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiatu ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitzeko fasean, proiektuko fasean edo planeamenduko fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepideei buruzko martxoaren 24ko 2/2011 Foru Arauan ezarritakoaren arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaez bete beharreko segurtasun-baldintzak zehaztu ditu.

Praktikaren betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurriz kanpokoa izanez gero, Administrazio Agintaritzak arriskua murrizteko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurriok segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak ikuskatuko du; Segurtasun Irizpena bidaliko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balorazioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratistaren edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen-organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-, gainbegiratze- eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erreaiak itzea, seinaleak jartzea).

3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Ondorengo arauetan eta araudietan aireztapen sistemarekin lotutako alderdiren bat aipatzen da.

- A.I.P.C.R.ren gomendioak (P.I.A.R.C.).
- UNE arauak.
- IN 5510-2 (2007) ...Brennverhalten und Brandnebenerscheinungen von Werkstoffen und Bauteilen; Klassifizierungen, Anforderungen und PrCGfverfahren. (Fire behaviour

ANEXO IV

VENTILACIÓN

1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico y cálculos que debe satisfacer el Sistema de Ventilación en los túneles en explotación, puesta en servicio, construcción, proyecto y planeamiento, pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia, a saber:

- Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción, puesta en servicio y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.
- Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.
- Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

2. ALCANCE DEL DOCUMENTO

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/2011, del 24 de marzo de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

En el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

Las siguientes Normas, y Directivas hacen referencia a algún aspecto relacionado con el Sistema de Ventilación.

- Recomendaciones de la A.I.P.C.R. (P.I.A.R.C.).
- Normas UNE.
- IN 5510-2 (2007) ...Brennverhalten und Brandnebenerscheinungen von Werkstoffen und Bauteilen; Klassifizierungen, Anforderungen und PrCGfverfahren. (Fire behaviour

- and fire side effects of materials and parts; classification, requirements and test methods).
- ISO 6944. Fire resistance test ventilation on ducts.
 - FGSV 339:RABT: Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln. Guidelines of the equipment and operation of road tunnels. 1994.
 - Gares souterraines et mixtes (quais des parties souterraines) . ascenseurs, escaliers mécaniques, désenfumage, etc.
 - Norme di prevenz one incende selle metropolitana. Ministero del Transporti, Republica Italiana. 1988.
 - CIE 88-1990: Guide for the lighting of road tunnels and underpasses.
 - VDI 6029 : Ventilation plants for tunnels. Strassentunnel (2000).
 - Europako Parlamentuak eta Kontseiluak 2004ko apirilaren 29an emandako 2004/54/CE Zuzentaraua, errepideen Europaz gairako sarearen tuneletarako segurtasunari buruzko gutxieneko eskakizunen gainekoa. 500 m-tik gorako tunelei aplikatu beharrekoa.
 - 2004/54/EE Zuzentarako akats-zuzenketa.
 - Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tunelen segurtasunerako gutxieneko baldintzei buruzkoa.
 - 635/2006 Errege Dekretuan jasotako okerren zuzenketa.
 - Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa; Bizkaiko Foru Aldundiko Gobernu Kontseiluak onetsi du, 2006ko abuztuaren 23an egindako bileran.
 - Circulaire n.º 2006-20 du 29/03/2006, BO Equipement n.º 2006-7 du 25/04/2006 anula a circulaire interministérielle n.º 2000-63 du 25/08/2000, à l'exception de son annexe 2 qui demeure en vigueur pour les tunnels du réseau routier national.
 - ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. PIARC gomendioak errepideko tuneletarako.
 - UNE 10001:2001 Aire egokitua. Proiektuetarako baldintza klimatikoak.
 - UNE 12101-6:2006 Ebakuazio-bideak presurizazioaren bidez babestea.
- and fire side effects of materials and parts; classification, requirements and test methods).
- ISO 6944: Fire resistance test ventilation on ducts.
 - FGSV 339:RABT: Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln. Guidelines of the equipment and operation of road tunnels. 1994.
 - Gares souterraines et mixtes (quais des parties souterraines) . ascenseurs, escaliers mécaniques, désenfumage, etc
 - Norme di prevenz one incende selle metropolitana. Ministero del Transporti, Republica Italiana. 1988.
 - CIE 88-1990: Guide for the Lighting of road tunnels and underpass.
 - VDI 6029 : Ventilation plants for tunnels. Strassentunnel (2000).
 - Directiva 2004/54/CE del parlamento Europeo y del consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras. Aplicable a túneles de más de 500 m.
 - Corrección de errores de la Directiva 2004/54/CE.
 - Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
 - Corrección de errores del Real Decreto 635/2006.
 - Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras, aprobado por el Consejo de Gobierno de la Diputación Foral de Bizkaia, en reunión de 23 de agosto de 2006.
 - Circulaire n.º 2006-20 du 29/03/2006, BO Equipement n.º 2006-7 du 25/04/2006 anula a circulaire interministérielle n.º 2000-63 du 25/08/2000, à l'exception de son annexe 2 qui demeure en vigueur pour les tunnels du réseau routier national.
 - ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. Recomendaciones PIARC para túneles de carretera.
 - UNE 10001:2001 Climatización. Condiciones climáticas para proyectos.
 - UNE 12101-6:2006 Protección de las vías de evacuación mediante presurización.

4. TUNELETAKO AIREZTAPENA

4.1. Sarrera

Tuneletik doazen ibilgailuen trafikoaren ondorioz, gasez eta kez beteriko giro kutsatua sortzen da tunelean, gehienbat CO eta nitrogeno oxidoak, eta azpimarratzekoa da arriskutsuak direla gas eta ke horiek pertsonentzat; alde batetik, osasunaren arloari dagokionez, zeren eta zorabioak edo oka egiteko gogoia eragiten baitituzte substantzia horien kontzentrazioaren arabera; eta beste aldetik, trafikoan bertan ere arazoak sortzen direlako, ikuspena murrizten dutelako eta, beraz, istripuak izateko posibilitateak handitzen direlako. Horretaz gain, sua dagoenean, aireztapenak eginkizun garrantzitsua betetzen du.

Abiapuntu hori izanik, atal honetan azaltzen diren puntuen xedea erabili beharreko aireztapen-mota definitzea da. Halaber, aireztapen sistema diseinatzerakoan kontuan hartu beharreko gutxieneko puntuak ere azalduko dira atal honetan, sistema horrek tune-laren ohiko funtzionamenduan dagoen zirkulazioak eragindako CO eta keen maila muga onargarrietaraino murriztu ditzan. Bestalde, larrialdietako aireztapen sistema diseinatzeko oinarritzko irizpideak ere azalduko dira, erabiltzaileek larrialdietan segurtasunez alde egin dezaten tuneletik.

Tunelaren barruko aireztapen sistemak erlazio zuzena duenez tuneletik doan trafikoarekin eta sutea gertatzeko posibilitatearekin, jarraian horren gaineko zenbait kontzeptu garatuko dira, baita dokumentuan zehar aipatuko direnak ere.

4. LA VENTILACIÓN EN TÚNELES

4.1. Introducción

Consecuencia del tráfico de vehículos por el túnel, en su interior se producirá un ambiente polucionado por gases y humos, fundamentalmente CO y óxidos de nitrógeno, los cuales son un riesgo para las personas tanto desde el punto de vista sanitario, puesto que pueden producir mareos o vómitos en función de su concentración, como problemas en el tráfico en sí, puesto que disminuyen la visibilidad y por tanto elevan las posibilidades de accidentes. Además de ello, en caso de incendio, la ventilación tiene un importante papel.

Partiendo de esta base, los puntos que en este apartado se exponen, tienen como misión definir el tipo de ventilación a utilizar. Así mismo, se indican aquellos puntos que se consideran mínimos a tener en cuenta en el diseño del Sistema de Ventilación, a fin de que éste consiga reducir a límites aceptables los valores de CO y humos provenientes de la circulación en el interior del túnel durante el Funcionamiento Normal. Por otra parte, se indican también aquellos criterios básicos para diseñar un Sistema de Ventilación de Emergencia que permita a los usuarios abandonar el túnel en condiciones de seguridad en caso de emergencia.

Puesto que el Sistema de Ventilación dentro de un túnel tiene una relación directa con el tráfico que discurre por él, así como con la posibilidad de un incendio, a continuación se desarrollan algunos conceptos referentes a ello, y a los que a la largo del documento se hará referencia.

4.2. Trafikoaren gaineko azterlana eta ezaugarriak

4.2.1. Ohar orokorrak

Honako atal honetan soilik trafikoarekin zerikusia duten zenbait kontzeptu nabarmendu nahi dira, aireztapen sistemarekin duten erlazioa definitzeko modua emango dutenak.

Hauexek dira erabili ohi diren parametroak: errei edo tunel baten ahalmena, ibilgailuei baimendutako abiadura, zirkulazioaren intentsitatea, ibilgailuen dentsitatea eta gasen igorpena. Jarraian garatuko dira kontzeptu horiek.

4.2.2. Bidearen ahalmena

Errei, tunel-zulo edo tunel osoaren ahalmena agertzen da kalkuluetan.

Bidearen ahalmena orduko ibilgailuen kopuruetan neurtzen da, hots, tuneletik igaro daitekeen gehieneko ibilgailu-kopurua abiadura uniforme bat kontsideratuz. Zirkulazioaren abiaduraren eta zirkulazio horretan doazen ibilgailuen aurreko aldean arteko gutxieneko tartetaren arabera izango da balio hori; izan ere, zirkulazioa gidariaren zein bidearen eta ibilgailuaren arabera izango da.

Hona hemen bidearen ahalmenaren faktoreak: erreien zabalera, bide-bazterren zabalera, alboko oztopoak (zintarria, adibidez), errei osagarriak, maldak dituen trazaketa eta, jakina, zoladura ere bai. Horretaz gain, garrantzitsua da trafiko-mota, bidetik doazen ibilgailu astunen, zirkulatzeko abiaduraren eta abarren ehunekoari dagokionez.

Eginiko azterlanek dakartenez, biderik egokienaren gehieneko ahalmena orduko eta erreiko 2.200 – 2.400 ibilgailukoa da autopistetan eta autobideetan; ahalmen praktikoa, ordea, aipaturiko faktoreak gehituta lortuko da.

4.2.3. Zirkulazioaren intentsitatea

Nahiz eta bideak ahalmen jakin bat izan dezakeen, faktoreek trafikoaren dentsitateak emango dizkigute orduko ibilgailuen kopuruetan, zeren eta bidea norabide bakarreko trafikokoa edo bi norabideko trafikokoa izan baitaiteke, baita baimendutako zirkulazio abiadura eta errei-kopurua ere.

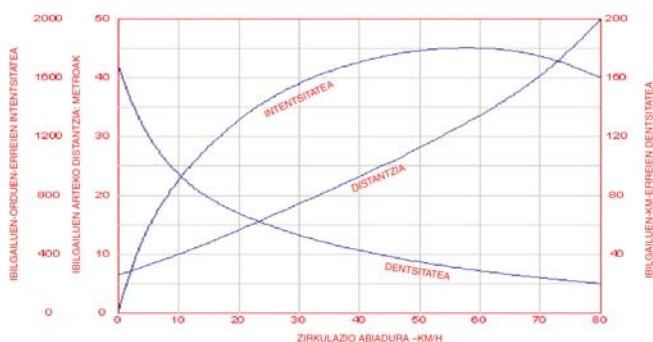
Orduen gehieneko intentsitatea oinarritzat hartuta eta egunean zehar hainbat intentsitate daudela kontuan izanik, beste parametro bat erabiltzen da, erabiliena hain zuzen: eguneko batez besteko intentsitatea. Bidean auto-pilaketak sortuko dira errei bakoitzeko 20.00 ibilgailu orduko daudenean.

4.2.4. Zirkulazioaren dentsitatea

Intentsitatearen eta zirkulazio abiaduraren balioak abiapuntutzat hartuta, zirkulazio dentsitatea lortzen da, hots, errei kilometro bakoitzeko dagoen auto-kopurua.

4.2.5. Parametroen arteko erlazioa

Hiru parametrerik garrantzitsuenen arteko erlazioak ezar daitezke: zirkulazio abiadura, orduen intentsitatea eta dentsitatea, ondo grafikoa agertzen den bezala



4.3. Suaren/kearen jokabidearen gaineko azterlana

Bi dira, gehienbat, sua eragiten duten arrazoirik ohikoak: ibilgailuko akatsa edo istripua. Edozelan ere, kalterik handienak gorabeheran ibilgailu astunak direnean gertatzen dira.

4.2. Estudio y características principales del tráfico

4.2.1. Consideraciones generales

En el presente apartado solamente se pretende destacar algunos conceptos relacionados con el tráfico que permitan definir su relación con el Sistema de Ventilación.

Los parámetros que normalmente se manejan son, la capacidad de un carril o túnel, velocidad permitida de vehículos, intensidad de circulación, densidad de vehículos y emisión de gases. A continuación se desarrollan estos conceptos.

4.2.2. Capacidad de la vía

En los cálculos aparece la capacidad tanto de un carril, de un tubo, o del conjunto del túnel.

La capacidad se mide en vehículos/hora, es decir, el máximo número de vehículos que puede pasar por él suponiendo una velocidad uniforme. Este valor viene dado en función de la velocidad de circulación y la separación media mínima entre los frontales de los vehículos a esa velocidad de circulación, la cual depende tanto del conductor como de la propia vía y vehículo.

Los factores que intervienen en la capacidad de una vía son, la anchura de carriles, anchura de arcones, obstáculos laterales como bordillo por ejemplo, carriles auxiliares, trazado con pendientes, y lógicamente el pavimento. Además de ello, es importante el tipo de tráfico en cuanto al porcentaje de vehículos pesados en la vía, velocidad de circulación, etc.

Estudios realizados indican que la capacidad máxima de una vía ideal es del orden de 2.200 – 2.400 vehículos/hora por carril en el caso de Autopista y Autovía, no obstante, la capacidad práctica se obtendrá incorporando los factores señalados.

4.2.3. Intensidad de circulación

Aunque la capacidad de la vía pueda ser una determinada, los distintos factores nos darán las intensidades del tráfico en vehículos/hora, ya que la vía puede ser en tráfico unidireccional o bidireccional, velocidad de circulación permitida y número de carriles.

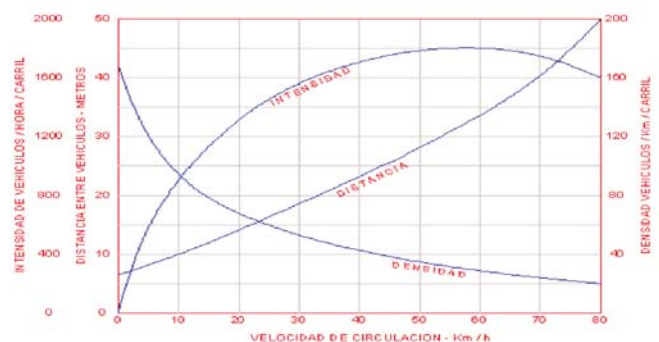
Basado en la intensidad máxima horaria, IMH, y teniendo en cuenta que existen distintas intensidades a lo largo del día, se maneja otro parámetro que es el más utilizado, la Intensidad Media Diaria, IMD. Se considera que la vía alcanza la situación de congestión cuando la intensidad es del orden de 2000 veh./hora carril.

4.2.4. Densidad de circulación

A partir de los valores de intensidad y de la velocidad de circulación, se obtiene la densidad de circulación, entendiéndola como el número de vehículos por km de carril.

4.2.5. Relación entre parámetros

Se pueden correlacionar los tres parámetros más importantes, velocidad de circulación, intensidad horaria, y la densidad, tal como se indica en la siguiente gráfica.



4.3. Estudio del comportamiento de fuego/humo

Las causas posibles y más frecuentes de un incendio son, o bien por fallo del propio vehículo, o por accidente. En cualquier caso, los daños más significativos se producen cuando en el incidente se ven involucrados los vehículos pesados.

Suak aireztapen sisteman izan ditzakeen ondorioei dagokienez, azpimarragarrienak sortzen diren gasak eta keak dira, zeren eta gorabeherak izan bitartean tuneleko ikuspena murrizten baituzte eta arnasa hartzea zailtzen baitute; gainera, suaren sorlekuan temperatura handia izaten denez, irradiazio arazoak izaten dira, giroko tenperatura handia, etab.

Beste faktore garrantzitsu bat suaren bilakaera da, betiere denborari dagokionez; izan ere, suaren gehieneko eboluziora arteko denbora zenbat eta handiagoa izan, orduan eta jarduteko denbora marjina handiagoa izango da pertsonak ebakutzeko eta laguntzako ekipoa tunelean sartu ahal izateko.

Jarraian, kontzeptu horiek landuko dira.

4.3.1. Sute baten su-karga, definizioa eta aplikazioak

Sua eragin duen sorburuak giroko airean askaturiko kaloria energiari deritzogu suak duen potentzia.

Jarraian, tunelaren aireztapenaren proiekturako oinarritzat hartu beharreko balio nagusiak agertuko dira, PIARCeke batzordeak lortuak.

Ibilgailu-mota	Gehieneko potentzia (MW)
Autoa	2,5 - 5
2-3 auto	8
Furgoneta	15
Autobusa / Merkantzien kamioia	20 - 30
Zisterna	>100

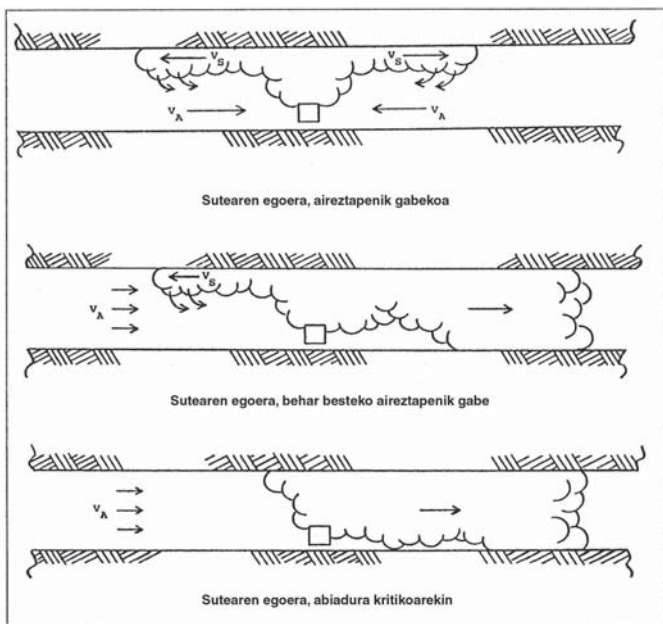
Geroago ikusiko dugunez, larrialdietako aireztapenean kontsideratu beharreko emaria kalkulatzeko beharrezko abiadura kritikoari buruzko azterlanean egingo da parametro honen aplikazio praktikoa, tunelaren diseinuak barne hartu behar duen suaren gehieneko potentzia horren ezaugarri espezifikoaren arabera izango da.

4.3.2. Kearen jokabidea tuneletan

Lehenik eta behin, ibilgailu-mota ezberdinek eragindako emaria emango dugu PIARC batzordearen datuak oinarritzat hartuz.

Ibilgailu-mota	Kearen produkzioa (m ³ /s)
Autoa	20
2-3 auto	30
Furgoneta	50
Autobusa / Merkantzien kamioia	60 - 90
Zisterna	100 - 200

Oro har, keak sute batean duen jokabidea ondoren ikus daitekeena da.



Desde el punto de vista de las consecuencias de un incendio sobre el Sistema de Ventilación, lo destacable son los gases y humos que se producen, puesto que reducen la visibilidad en el túnel durante el incidente y dificultan la respiración, y la temperatura alcanzada en el foco del incendio, con los correspondientes problemas de radiación, temperatura ambiente, etc.

Otro factor importante, es la evolución del incendio en cuanto al tiempo, ya que a un mayor tiempo de evolución hasta el desarrollo máximo, la evacuación de las personas y la entrada al túnel de los equipos de apoyo y extinción dispondrán de un mayor margen de maniobra.

A continuación se desarrollan los conceptos mencionados.

4.3.1. Carga de fuego de un incendio, definición y aplicaciones

Denominamos potencia de fuego a la energía calorífica liberada al ambiente por el foco productor.

A continuación se indican los valores más representativos a tomar como base para el proyecto de la ventilación de un túnel, obtenidos del comité de PIARC.

Tipo de vehículo	Potencia Máxima (MW)
Turismo	2,5 - 5
2-3 turismos.....	8
Furgoneta	15
Autobús / Camión de mercancías	20 - 30
Cisterna	>100

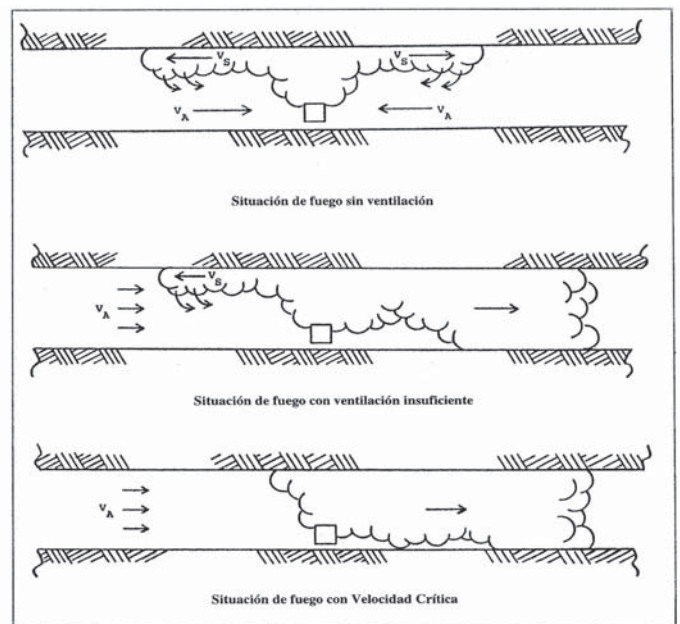
La aplicación práctica de este parámetro, como se verá posteriormente, será en el estudio de la velocidad crítica necesaria para el cálculo del caudal a considerar en la ventilación de emergencia, ya que la potencia máxima de fuego para la que se debe diseñar el túnel, será en función de las características específicas del mismo.

4.3.2. Comportamiento del humo en los túneles

En primer lugar indicaremos el caudal producido por distintos tipos de vehículos en base a los datos del comité de PIARC

Tipo de vehículo	Producción de humo (m ³ /s)
Turismo	20
2-3 turismos.....	30
Furgoneta	50
Autobús / Camión de mercancías	60 - 90
Cisterna	100 - 200

De forma genérica se considera que el comportamiento del humo en un incendio, es el que puede verse a continuación.



Horrek esan nahi du tunelean aire-korronterik ez badago eta tunelak maldarik ez badu, kea berdintsu hedatzen dela bi norabideetan. Hasierako uneetan sabaian egongo da kea eta bertan mugituko da, eta denbora jakin bat igarota eta sabaia ukitzean sortzen den hozte-efektuaren ondorioz, sekzio-multzoan hasten da erortzen eta gune osoa hartuko du.

Aireztapen nagusia egonez gero, edo aire baxuko abiadura eragiten duen txorrotako haizagailuekin jarduten bada, kea norabide horretan zabalduko da, baina horren flotagarritasuna dela medio, zati bat sutearen ibaian gora itzuliko litzateke, backlayering bezala ezagututakoa.

Kutsagarrien hodeia itzultzea saihesten duen airearen abiadura «abiadura kritiko» bezala definitzen da, eta hori tunelaren maldaren, sutearen potentziaren eta zeharkako sekzioaren geometriaren arabera izango da.

Suaren potentziaren arabera izango da sekzio osoa hartu baino lehen eginiko bidea.

Honako hauek hartzen dira abiapuntuko datutzat, PIARC batzordearekin bat etorritz:

Suaren potentzia	Kea mugitzeko abiadura	Desestratifikazio aurreko denbora
20 MW	2,2 m/s	5 min.
50 MW	3,4 m/s	3 min.

Suaren potentziaren balioa eta abiadura kritikoa erlazionatuta daude, eta aireztapen sistema kalkulatzeko balioak daude sute-potentziaren balioa nahiz abiaduraren kritikotasun-balioa kontuan hartzea, aztertutako tunelerako.

4.3.3. Temperatura/denboraren gaineko azterlana suaren garapenean

Esan bezala, hasierako uneetan ke-geruza sabaitik mugitzen da, eta orduantxe izango da ebakuaziorako denbora. Arazo nagusia, funtsean, penatxoak eragindako bero-irradiazioa izango dugu.

Erabilitako babes-jantzien arabera izango da gizakiak irradiazioa jasateko duen gaitasuna. Pertsona bat ebakutzeko atalaseko balioa 2 kW/m²-koa dela uste da; erreskate taldeek, ordea, jantzi egokiak dituztenez gero, gehienez 30 minutuan 5 kW/m²-ko mailak jasan ahal izango dituzte.

Pertsona bat aire beroaren korrantean badago, tenperaturaren arabera izango da jasan dezakeen beroa. Ebakuazioa egin ahal izateko, tenperatura gehienez 80°C-koa izan beharko litzateke, eta 15 minutuz jasan daiteke tenperatura hori.

Honako hauek hartzen dira abiapuntuko datutzat, PIARC batzordearekin bat etorritz:

Ibilgailu-mota	Gehieneko tenperaturak (°C)
Autoa	400
Autobusa	700
Merkantzien kamioiak.....	1000
Zisterna	1200 - 1400

Suaren sorburuaren eta keen tenperatura oso garrantzitsua bada ere, are garrantzitsuagoa da suak denboran izandako bilakaera, zeren eta denbora horiek ematen baitute gorabehera inplikaturak dauden erabiltzaileak salbatzeko posibilitatea. Eginiko entseguak eta gomendio nazionalen emandako kurbak abiapuntutzat hartuta, hasierako 10 minutuan (potentzia txikiena duten suteetarako ere bai) gehieneko balioa lortzen da eta nolabaiteko jaitsiera azkarra ikusten da, betiere su-motaren arabera. Hala eta guztiz ere, desadostasunak daude gehieneko balioan eta jaitsiera etapan egondako denbora finkatzerakoan.

Denboraren eboluzioa errazteko, gehieneko potentziaren arabera grafiko normalizatua egin ohi da.

Lo que ello significa es que en condiciones de no existencia de corriente de aire en el túnel, y si este no tiene pendiente, el humo se distribuye por igual en ambas direcciones. En los primeros momentos permanece y se desplaza a lo largo del techo y al cabo de un cierto tiempo y por efecto del enfriamiento por el contacto con él, acaba empezando a caer sobre el conjunto de la sección ocupando todo el espacio.

Si existiese una dirección de ventilación predominante o se operase con los ventiladores de chorro induciendo una velocidad del aire baja, el humo tenderá a propagarse en dicha dirección, aunque debido a la flotabilidad una parte del mismo tenderá a producir un retorno aguas arriba del incendio también conocido como backlayering.

La velocidad del aire que evita el retorno de la nube de contaminantes se denomina velocidad crítica, la cual depende de la pendiente del túnel, la potencia del incendio y la geometría de la sección transversal.

La longitud recorrida antes de ocupar toda la sección dependerá de la potencia de fuego.

Como datos de partida se consideran los siguientes, de acuerdo al comité de PIARC:

Potencia de fuego	Velocidad de desplazamiento del humo	Tiempo previo a la desestratificación
20 MW	2,2 m/s	5 min.
50 MW	3,4 m/s	3 min.

El valor de la potencia del fuego y el de la velocidad crítica del túnel están relacionados, de tal forma que en el momento de calcular el sistema de ventilación es equivalente tener en cuenta el valor de la potencia del incendio que el valor de criticidad de la velocidad, para el túnel estudiado.

4.3.3. Estudio de temperatura/tiempo en el desarrollo del incendio

Como se ha comentado, durante los primeros momentos, la capa de humo se desplaza por el techo, y es entonces el momento en el que se dispone del tiempo para la evacuación. El problema por tanto es fundamentalmente la radiación de calor producida por el penacho.

La capacidad del ser humano de soportar la radiación depende de las prendas de protección empleadas. Se considera que el valor umbral para la evacuación de una persona están en los 2 kW/m², mientras que los equipos de rescate al disponer de prendas adecuadas, pueden soportar niveles de 5 kW/m² hasta un máximo de 30 minutos.

Si una persona se ve expuesta a una corriente de aire caliente, el tiempo que puede aguantar depende de la temperatura. Se estima que para permitir la evacuación la temperatura no debería pasar los 80°C, siendo soportable hasta 15 minutos.

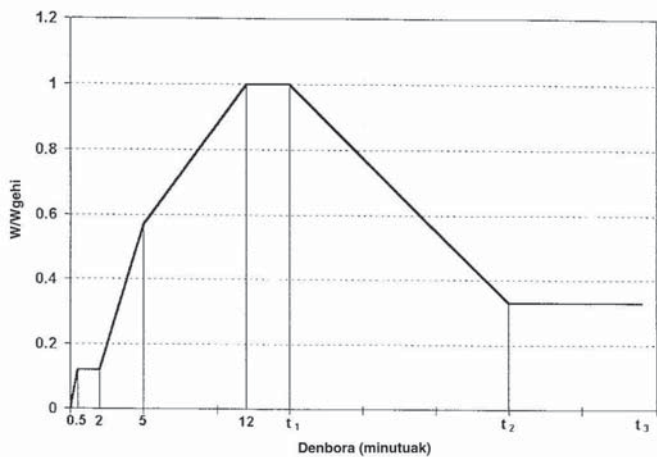
Como datos de partida se consideran los siguientes, de acuerdo al comité de PIARC:

Tipo de vehículo	Temperatura máximas (°C)
Turismo.....	400
Autobús.....	700
Camión de mercancías.....	1000
Cisterna.....	1200 - 1400

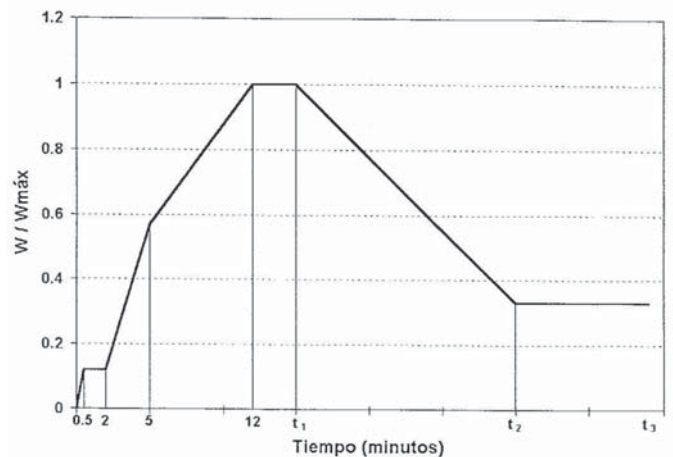
Si bien la temperatura alcanzada en el foco y los humos es muy importante, todavía lo es más la evolución del incendio a lo largo del tiempo ya que estos tiempos son los que determinan la posibilidad de salvamento de los usuarios involucrados en el incidente. A partir de los ensayos realizados y las curvas dadas en las recomendaciones nacionales muestra que en los primeros 10 minutos, incluso para los incendios de menor potencia, se alcanza el máximo y se observa una bajada más o menos rápida dependiendo del tipo de incendio. Existen no obstante, discrepancias a la hora de fijar el tiempo de permanencia en el máximo y la etapa de descenso.

Para simplificar la evolución temporal se realiza una gráfica normalizada por la potencia máxima.

Gaur egun, honelako grafikoa proposatzen da:



Actualmente se propone una gráfica del estilo:



Bertan zehazten da gehieneko balioan eta jaitsieran emandako denbora, su-motaren arabera:

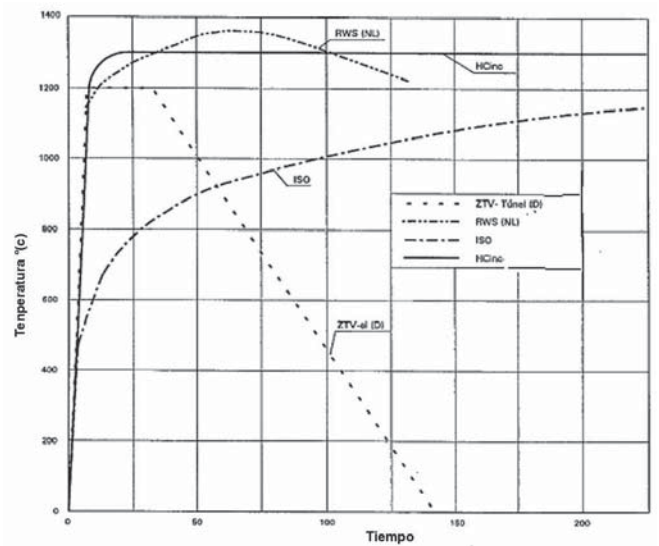
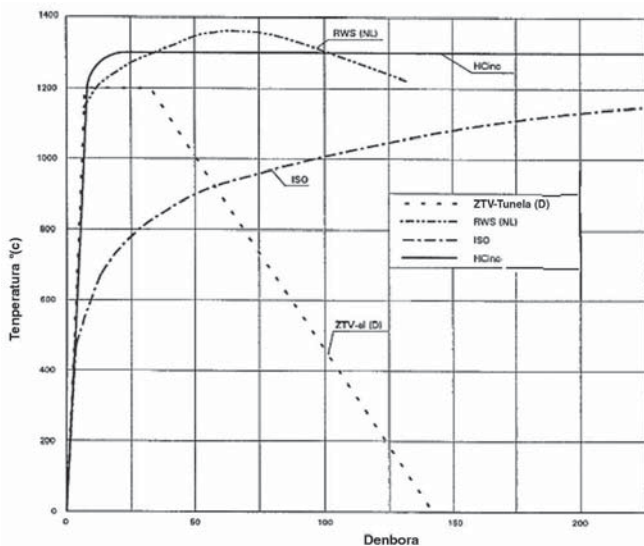
Suaren potentzia (MW)	Berezko denborak (minutuak)		
	t ₁	t ₂	t ₃
15	18	30	60
30	30	60	120
100	60	120	240
300	60	—	—

Donde se definen el tiempo de permanencia en el máximo y de bajada según el tipo de incendio:

Potencia del Incendio (MW)	Tiempos Característicos (minutos)		
	t ₁	t ₂	t ₃
15	18	30	60
30	30	60	120
100	60	120	240
300	60	—	—

Temperaturaren eboluzioa moldatzeko, irizpide berak jarraitzen dira, zeren eta lehenengo 5 – 15 minutuetan eboluzio azkarra ikusten baita. Jarraian, RWS kurbak agertuko dira (Holanda, Rikswaterstaat-en erregelen arabera), ZTV (Alemania), ISO (Espainia), HC handituta. Horiek guztiak 1.300°C-ko gehieneko tenperaturarako dira:

Para modelar la evolución de la temperatura se siguen los mismos criterios, ya que se observa una rápida evolución en los primeros 5 - 15 minutos. A continuación se muestran las curvas RWS (Holanda según las reglas del Rikswaterstaat), ZTV (Alemania), ISO (España), HC incrementada. Todas para una temperatura máxima de 1300°C:



4.3.4. Flashover

Sutea abian jartzen denean, temperatura pixkanaka areagotu egingo da, eta gasen kopurua ere gehitu egingo da. Izan ere, flotagarritasuna dela eta, tunelaren sekzioko goiko aldera igotzen dira. Sutea aire zabalean sortuz gero, sutearen ondorioz sortutako beroa areagotu egingo litzateke. Hala ere, sutea esparru itxietan sortzen bada (adibidez, tunel batean), erregaiaren inguruan pilotutako gasek, tenperatua altuarekin, erradiazioaren bidezko energia igortzen dute, eta hori erregai gasifikatzeko lagungarria izango da, gunearen tenperatura gehituta. Sutea erradiazioaren bidez berriro elikatzekeko prozesu horrekin batera tenperatua asko gehituko da flas-over izeneko ingurunean.

4.3.4. El flashover

Cuando se inicia un incendio, la temperatura se va incrementando paulatinamente, aumentando la cantidad de gases generados los cuales por efecto de la flotabilidad se elevan a la parte superior de la sección del túnel. Si el incendio se produjese al aire libre, el calor generado por el incendio se disiparía. Sin embargo, cuando el incendio se produce en recintos cerrados (como es el caso de un túnel), los gases acumulados en las proximidades del combustible, con una temperatura elevada, emiten energía por radiación la cual contribuye a gasificar el combustible existente incrementando la temperatura del foco. Este proceso de re-alimentación del incendio por radiación lleva a un incremento muy importante de la temperatura en las proximidades del foco denominado flash-over.

4.4. Ebakuazio-bideen gaineko azterlana eta definizioa Denborak eta abiadura

Ustiapen JTan agertzen diren denborak kalkulatzeko kontuan hartuko dira.

4.5. Aireztapen sistemaren helburuak

Tunelaren aireztapen sistemak, oro har, helburu bat du: airearen kalitateari eutsita tunelaren ohiko funtzionamenduan eta sorospen ekipoak sartzeko sarreretan tunelaren segurtasuna bermatzeko sistemetako bat izatea, eta gauza bera larrialdietako ebakuazioan dagoen suaren kea kontrolatuz.

4.6. Ezarri beharreko aireztapen-motak

Tunel guztietan nahitaezko aireztapen-sistemak egon behar dira, automatismo-sistema egokiarekin batera.

Arau hau aplikatzeko eremuan, eta bestelako aireztapen-motek dakartzaten abantailak eta eragozpenak alde batera utzita, aireztapen longitudinala erabiliko da, salbu eta aztertu beharreko tunelaren berezitasunak direla-eta diseinatzaileak beste edozein aireztapen-mota erabiltzea beharrezkoa dela frogatzen badu, hala nola, aireztapena erdi mailako erauzketarekin, zeharkakoa, erdi-zeharkakoa...

Erdi mailako erauzketa duen aireztapenaren kasuan, keak kanpoarekin bat egiten duen putzu zentraletik erauzten dira (haizagailu axialarekin edo halakorik gabe), tximinia bezalako funtzionamenduarekin. Aire garbia tunelaren ahoetatik sartzen da kontrako norabidean, putzuaren sekzioan bilduta.

Erdi-zeharkako aireztapen-sisteman, aire garbia galtzadaren edo sabai faltsuaren maila berean kokatutako kolektorearen bidez (aire-irteerekin) sartzen da. Keak, gainpresioaren ondorioz, tunelaren ahoetatik irteten dira. Beraz, beharrezkoa den aire garbia hornitzeko gai den aireztapen sendoa behar da. Sistema horrekin, keak tunel osoan zehar zirkulatuko du, aireztapen longitudinalean gertatzen den bezala, baina toxikoen pilaketa baxuagoa izango da. Izan ere, kea injekzio-puntuek hornitutako aire garbiaren bidez diluitzen da.

Zeharkako aireztapenari dagokionez, aurrekoan aipatu dugun bezala, aire garbia galtzadaren edo sabai faltsuaren maila berean kokatutako kolektorearen bidez (aire-irteerekin) sartzen da. Hala ere, erdi-zeharkako aireztapen sistemarekin ezberdintasunak daude. Hain zuzen ere, kea irekiera batzuen bidez xurgatzen da eta horiek kea biltzeko kolektoreekin komunikatuta daude, horiek ere sabai faltsuan kokatuta. Bada, bai aire-irteeretan bai gasak erauzteko irekieretan Kontrol Zentroak agindutako tranpa txikiak ezarri dira, tunela sektorizatu eta tunelean toxikoen pilaketa mailari eusteko helburuarekin.

4.7. Aireztapen sanitarioa

Aireztapen honen bidez lortu nahi den xedea tuneleko giroari eustea da, arnasa hartzeko moduko egokia eta ikuspen egokia izanik betiere. Horretarako, ibilgailuetako ihes-gasak diluitu ahal izateko beharrezko aire-emaria eman behar du sistemak, arnasa hartzeko maila egokirainoko gasen toxikotasunari dagokionez, baita balaztatzeko distantzia baino distantzia handiagoan ikuspena ahalbidetzen duen opakotasunari dagokionez ere; balaztatzeko distantzia hori tunelean baimendutako zirkulazio abiaduraren araberrakoa izango da.

Aireztapen-mota honen (aireztapen naturalean zein sanitario behartuan) azterketan kontuan hartu beharreko parametroak honako hauek dira: trafikoaren norabidea eta intentsitatea, tunelean onartutako gehieneko abiadura, tunelaren luzera eta malda, tunelaren batez besteko altitudea, ibilgailu astunen % eta inguruan nagusi den haizea.

Parametro horiek behar bezala aztertuta, hauxe ondoriozta daiteke:

4.4. Estudio y definición de las vías de evacuación. Tiempos y velocidades

Se tendrán en cuenta para los cálculos de los tiempos que aparecen en la IT de explotación.

4.5. Objetivos del sistema de ventilación

El Sistema de Ventilación en el túnel tiene de forma genérica, un objetivo, ser uno de los sistemas que contribuyan a la seguridad del túnel tanto durante el Funcionamiento Normal del túnel mediante el mantenimiento de la calidad del aire, así como en una situación de Emergencia, mediante el control del humo del incendio tanto durante la evacuación, como para la entrada de las ayudas de socorro.

4.6. Tipos de ventilación a implementar

Todos los túneles que requieran sistemas de ventilación forzada, deberán contar con su correspondiente sistema de automatismo.

En el ámbito de aplicación de la presente norma, y prescindiendo de las ventajas y desventajas de otros tipos de ventilación, se utilizará Ventilación de Tipo Longitudinal, salvo que por las especiales características del túnel a estudio, el diseñador demuestre la necesidad de ser utilizado cualquier otro tipo, pudiéndose utilizar otros sistemas de ventilación como longitudinal con extracción intermedia, transversal, semitransversal...

En el sistema de ventilación longitudinal con extracción intermedia, los humos se extraen a través de un pozo central (con o sin ventilador axial) que comunica con el exterior funcionando como si fuera una chimenea. El aire limpio entra por las dos bocas del túnel en sentido opuesto, convergiendo en la sección del pozo.

El sistema de ventilación semitransversal se basa en la introducción de aire limpio mediante un colector con salidas del aire a nivel de calzada o en falso techo. Los humos, por efecto de la sobrepresión, salen por las bocas del túnel, por lo que se precisa un potente ventilador que sea capaz de suministrar el caudal de aire limpio necesario. Con este sistema, el humo circula a lo largo de todo el túnel como en la ventilación longitudinal, pero la concentración de tóxicos será inferior ya que el humo es diluido por el aire limpio que suministran los puntos de inyección.

El sistema de ventilación transversal, al igual que el anterior, introduce aire limpio en el túnel mediante un colector que abastece a las salidas de aire situadas tanto a nivel de calzada como en falso techo. La diferencia con la ventilación semitransversal está, en que el humo, es aspirado a través de unas aberturas, que comunican con un colector de recogida de humos, situados igualmente en el falso techo. Tanto las salidas de aire como las aberturas de extracción de gases disponen de trampillas telecomandadas desde el Centro de Control, con el fin de sectorizar el túnel y mantener constante el nivel de concentración de tóxicos a lo largo del túnel.

4.7. Ventilación sanitaria

El objetivo que debe ser alcanzado con esta ventilación, es mantener el ambiente del túnel con una atmósfera perfectamente respirable y con visibilidad adecuada. Para ello, el Sistema deberá proporcionar el caudal de aire suficiente para que puedan ser diluidos los gases de escape de los vehículos hasta un nivel adecuado en cuanto a la toxicidad de los gases para la respiración, así como que la opacidad permita la visibilidad a una distancia superior a la de frenado, la cual estará en función de la velocidad de circulación permitida en el túnel.

Los parámetros a tener en cuenta en el estudio de este tipo de ventilación tanto natural como sanitaria forzada son, dirección e intensidad del tráfico, velocidad máxima admitida en el túnel, longitud y pendiente del túnel, altitud media del túnel, % de vehículos pesados, y el viento dominante en la zona.

Estudiados debidamente estos parámetros se llega a la conclusión que:

NORABIDE BAKARREKO TUNELAK

- Beharrezkoa da aireztapen sanitarioa I. klaseko tuneletan (500 m-tik gorako tunelak edo trafikoa pilatu daitekeen 350 m-tik gorako tunelak).
- Aztertu egin behar da II. klaseko tuneletan beharrezkoa den.
- Ez da beharrezkoa aireztapena III. klaseko tuneletan

BI NORABIDEKO TUNELAK

- Beharrezkoa da aireztapen sanitarioa I. klaseko tuneletan (500 m-tik gorako tunelak edo trafikoa pilatu daitekeen 350 m-tik gorako tunelak).
- II. motako tunelaren kasuan, aireztapen sistema bat ezartzea beharrezkoa den ebaluatzen duen aireztapenaren analisi bat eskatuko da.
- Ez da beharrezkoa aireztapena III. klaseko tuneletan.

Oro har, pilaketak izateko aukerak dituzten tunel guztien inguruan egingo da esparru honen egoeraren gaineko analisisia.

4.8. Larrialdietako aireztapena

Aireztapen honen xedea sua dagoenean kea kontrolatzea da, pertsonak giro garbia duen eta ihes egitekoa den bide batetik ebakuatzea ahalbidetzeko, baita larrialdi-zerbitzuak sartzea eta jardutea ahalbidetzea ere.

Hartara, tunel-zuloetan jarritako haizagailuez gain, aireztapen sistema kokatu beharko da ebakuazio-galerietan bertan, aire garbia izateko eta gainpresioan dagoen airea emateko sua dagoen tunel-zuloari dagokionez.

Beraz, kasu honetako diseinuan kontuan hartu beharreko filosofia kearen jokabidea baldintzatzen duten parametroak ezagutzea da, baita gizakiak era honetako gorabeheretan izan dezakeen jokabidea ere, eta, beraz, faktore negatibo horiei zentzuz jokotuta aurre egiteko modua aztertu behar da pertsonen zein instalazioen segurtasunari dagokionez.

Horrenbestez, aireztapen-mota honetan, aireztapen sanitarioarako aipaturiko parametroez gain, «aireztapen-sistemaren beharrezko ahalmena» kontzeptua osatzen dutenak eta keari eta pertsonen buruz azaldu diren bi faktoreekin lotuta daudenak ere kontuan hartu behar dira, hala nola:

- Suaren potentzia edo beharrezko abiadura kritikoa.
- Tunelaren barruko suaren egoera.

Ulergarritasuna sinplifikatzeko, eta parametro horien arteko korrespondentzia oso konplexua denez gero, honako hauek hartuko dira kontuan:

NORABIDE BAKARREKO TUNELAK

- Beharrezkoa da larrialdietako aireztapena I. motako tuneletan (500 metrotik gorako tunelak edo auto-pilaketak gerta daitezkeen 350 metrotik gorako tunelak).
- II. klaseko tuneletan aztertu beharko da, aurreikus daitezkeen arrisku egoeren eta aireztapen sanitarioaren eta larrialdietako aireztapenaren balizko bateragarritasunaren arabera.
- Ez da beharrezkoa larrialdietako aireztapena III. mota konplexuko tuneletan

BI NORABIDEKO TUNELAK

- Beharrezkoa da aireztapena I. motako tuneletan (500 m-tik gorako tunelak).
- II. klaseko tuneletan ezartzea aztertu beharko da, aurreikus daitezkeen arrisku egoeren eta aireztapen sanitarioaren eta larrialdietako aireztapenaren balizko bateragarritasunaren arabera, baita trafikoa pilatu daitekeen 350 m-tik gorako tuneletan ere.
- Ez da beharrezkoa larrialdietako aireztapena III. mota konplexuko tuneletan.

TÚNELES UNIDIRECCIONALES

- Es necesaria la ventilación sanitaria para túneles de Tipo I (túneles de más 500 metros o congestionables de más de 350 metros).
- Se deberá estudiar su necesidad en túneles de Tipo II.
- No es necesaria ventilación en túneles de Tipo III

TÚNELES BIDIRECCIONALES

- Es necesaria la ventilación sanitaria para túneles de Tipo I (túneles de más 500 metros o congestionables de más de 350 metros).
- Para túneles de tipo II, se solicitará un análisis de ventilación que evalúe la necesidad de implantación de un sistema de ventilación.
- No es necesaria ventilación en túneles de Tipo III.

De manera general; todos los túneles que tengan posibilidad de congestión serán objeto de un análisis de situación de este escenario.

4.8. Ventilación de emergencia

El objetivo de esta ventilación consiste en el control del humo en caso de incendio a fin de permitir la evacuación de las personas, a través de una vía de escape con ambiente limpio, así como posibilitar la actuación y acceso de los servicios de emergencia.

Para ello, además de los ventiladores implantados en los tubos, deberá situarse un sistema de ventilación, independiente, en las propias galerías de evacuación que permitan que estas dispongan de aire limpio y a sobrepresión respecto al tubo en el que se encuentre el incendio.

Por tanto, la filosofía de diseño a tener en cuenta en este caso es conocer los parámetros que condicionan el comportamiento del humo, el posible comportamiento humano en este tipo de incidentes y, por tanto estudiar la forma en que esos factores negativos pueden ser contrarrestados de forma razonable en relación a la seguridad, tanto de las personas como de las instalaciones.

Por tanto, en este tipo de ventilación, además de los parámetros ya indicados para la ventilación sanitaria, deberán tenerse en cuenta aquellos otros, que componen el concepto de «capacidad necesaria del sistema de ventilación» que están relacionados con los dos factores antes mencionados del humo y las personas, cómo son:

- La potencia de fuego o la velocidad crítica necesaria.
- La situación del incendio dentro del túnel.

Con el fin de simplificar la comprensión y ya que la correspondencia entre estos parámetros es muy compleja, se tendrá en cuenta lo siguiente:

TÚNELES UNIDIRECCIONALES

- Es necesaria la ventilación de emergencia para túneles de Tipo I (túneles de más 500 metros o congestionables de más de 350 metros).
- Se deberá analizar para túneles de Tipo II en función de las situaciones de riesgo previsible y de la posible compatibilidad de la ventilación sanitaria y la de emergencia.
- No es necesaria ventilación de emergencia en túneles de Tipo III.

TÚNELES BIDIRECCIONALES

- Es necesaria la ventilación de emergencia para túneles de Tipo I (túneles de más 500 metros).
- Se deberá analizar su implantación en túneles de Tipo II en función de las situaciones de riesgo previsible y de la posible compatibilidad de la ventilación sanitaria y la de emergencia y en túneles congestionables de más de 350 m.
- No es necesaria ventilación de emergencia en túneles de Tipo III.

Laburpen gisa, honela adieraz daiteke taula gisa:

Mota	Aireztapen sanitario derrigortua/Larrialdietako aireztapena			
	Norabide bakar.	Bi norabidekoa	Norabide bakar.	Bi norabidekoa
I. mota (L>500 m eta pilaketak izan ditzaketena L>350 m)	BAI	BAI	BAI	BAI*
II. mota	Horren beharra kalkuluaren bidez justifikatu da			
III. mota	EZ	EZ	EZ	EZ

* L> 350 m-ko pilaketak izan ditzaketen tuneletan beren ezarpena analizatu da.

Abiapuntu gisa, ondoren agertzen diren tauletako datuak izango dira kontuan suari eta keari dagokienez.

Lehenbiziko taulan abiadura kritikoaren kalkuluetan aplikatu beharreko balioak ematen dira, baita emariaren kalkuluan ere.

Bigarrenean, ebakuazio-galerien egoera oro har ondorioztatzeko modua ematen duten balioak azaltzen dira; horrek lotura zuzena du larrialdietako aireztapenarekin.

Bertan ikus daiteke pertsonak mugitzeko balizko abiaduraren, ebaluazio-denboraren, suaren potentziaren eta desestratifikazioaren arteko erlazioaren eta abarren arteko erlazioa.

Ibilgailua	Suaren potentzia (mW)	Keen igorpena (m ³ /s)	Temperatura (°C)
Autoa	5	20	400
Kamioia / Autobusa	20 -30	60 – 90	700 – 100
Zisterna	> 100	> 100	1.200 – 1.400

Aireztapen-sistemek gutxienez 30 MW-eko potentziako sute batean sortutako kea kontrolatzeko gai izan behar dute. Sistema erdi-zeharkakoen edo zeharkakoen kasuan, airearen erauzketa-emaria 120 m³/s-koa izango da gutxienez giroko temperatura, eta sistema longitudinalaren kasuan, gutxienez aire-fluxuaren 3 m/s-ko abiadura longitudinala sortu ahalko da, egoerarik txarrenean ere.

4.9. Airearen kalitatea

Tuneleko airearen kalitatea, ohiko funtzionamenduan, aireztapen sanitarioak lortutako diluzioak irizpideei buruzko atal egokietan azalduko poluzio balioak ez gainditzeko modua eman behar du, bai aireztapen naturalaren bidez, bai aireztapen behartuaren bidez.

Noranzko bakarrek tuneletan, eta sua dagoenean, haizagailuen bidez lortuko da airearen kalitatea, eta, horretarako, suak eragindako kea norabide egokian bultzatuko da, betiere ustiapen-eskubiruan zehaztutako jardura-protokoloekin bat etorritik. Printzipioz, trafikoaren noranzkoan izango da.

Bi noranzkoko tuneletan, eta sute kasuetan, airearen kalitatea haizagailuak Ustiapen Eskubiruko protokoloan adierazitakoaren arabera erabiliz lortuko da, eta kerik gabeko ebakuazio-bide bat lortzea ahalbidetuko da.

Horretarako, eta bi kasuetan, alderantzgarriak izango dira haizagailuak.

5. AIREZTAPEN SISTEMAREN DESKRIBAPENA

5.1. Tuneleko aireztapen sistema

Aireztapen sistema, esan bezala, longitudinala da, salbu eta aztertu beharreko tunelaren ezaugarri bereziak direla-eta diseinatzaileak bestelako mota bat erabiltzeko beharrezana egiaztatzen duenean. Zorrotada-haizagailu azelaratzailuek horiei dagokien sistema elektrikoak eta kontrolak osatuko dute aipaturiko sistema tunel osoan zehar.

A modo de resumen se puede expresar de la siguiente forma y según la tabla:

Tipo	Ventilación Sanitaria Forzada		Ventilación de Emergencia	
	Unidireccional	Bidireccional	Unidireccional	Bidireccional
Tipo I (L>500 m y congestionable de L>350 m)	SI	SI	SI	SI*
Tipo II	Se justificará su necesidad mediante cálculos			
Tipo III	NO	NO	NO	NO

* Se analizará su implantación en túneles congestionables de L> 350 m.

Como base de partida se tendrán en cuenta los datos que se indican en las tablas que se presentan a continuación en relación al fuego y humo.

En la primera de ellas se aportan valores a aplicar en los cálculos de la velocidad crítica, así como en el cálculo de los caudales.

En la segunda, se indican valores que de forma general permitirá deducir la situación de las galerías de evacuación, lo cual está directamente relacionado con la ventilación de emergencia.

En ella puede verse la relación entre la posible velocidad de desplazamiento de las personas, el tiempo de evacuación, la relación entre la potencia de fuego y la desestratificación, etc.

Vehículo	Potencia de Fuego (mW)	Emisión de Humos (m ³ /s)	Temperatura (°C)
Turismo	5	20	400
Camión / Autobús	20 -30	60 – 90	700 – 100
Cisterna	> 100	> 100	1.200 – 1.400

Los sistemas de ventilación deberán ser capaces de controlar el humo generado por un incendio de potencia mínima 30 MW. En el caso de sistemas semitransversal o transversal el caudal de extracción de aire no será inferior de 120 m³/s a temperatura ambiente y en el caso de sistema longitudinal se deberá poder generar una velocidad longitudinal del flujo de aire de al menos 3 m/s en la posición del foco, para el escenario más desfavorable.

4.9. Calidad del aire

La calidad del aire en el túnel deberá ser tal que durante el Funcionamiento Normal la dilución conseguida por la ventilación sanitaria permita no sobrepasar los valores de polución indicados en el apartado correspondiente a los criterios, bien sea mediante ventilación natural o forzada.

En túneles unidireccionales, y en situación de incendio, la calidad del aire se conseguirá mediante la actuación de los ventiladores, de forma que el humo producido en el incendio sea impulsado en la dirección apropiada, de acuerdo a los protocolos de actuación definidos en el manual de explotación. En principio la dirección será en el sentido del tráfico.

En túneles bidireccionales, y en situación de incendio, la calidad del aire se conseguirá mediante la actuación de los ventiladores de acuerdo al protocolo del Manual de Explotación, haciendo posible lograr un camino de evacuación libre de humos.

Para ello, y en ambos casos, los ventiladores serán reversibles.

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

5.1. Sistema de ventilación del túnel

El Sistema de Ventilación como ya se dicho, será de tipo longitudinal salvo que por las especiales características del túnel a estudio, el diseñador demuestre la necesidad de ser utilizado cualquier otro tipo. Estará formado por los ventiladores aceleradores de chorro situados a lo largo del túnel, el sistema eléctrico correspondiente a ellos, y el sistema de control.

Tunelaren gakoetan kokatuko dira haizagailuak, haizagailu horien pisurako eta baldintza dinamikoetarako egokia den euste-sistema baten bidez. Dardaren kontrako elementuak izango dituzte haizagailuek, behar bezala azterturikoak, halako moldez non dardarak ez baitira pasako tunelaren egituretara.

Proiektuaren eta kalkuluen arabera izango da haizagailu-kopurua. Tunelaren ezaugarriekin eta arau honekin bat etorritz, aireztapen sanitarioarako edo larrialdietako aireztapenerako beharrezkoak diren haizagailuak jarriko dira, hots, tunelean bideraturiko emaria gasak eta keak diluitzeko egokia izango da lehenbiziko kasuan, edo abiadura kritikoa lortzeko nahikoa sua dagoenean.

Haizagailuak tunel osoan lortu beharreko bultzadari dagokionez, bultzada hori prozesu horretan parte hartzen duten faktoreen arabera kalkulatu da; eta faktoreok dokumentu honetan aipatzen dira.

Errendimendu egokia izateko moduan jarriko dira haizagailuak. Horretarako, haizagailuen artean distantzia egokia egongo da, tune-laren longitudinalean zein zeharkakoan, baita sabaiarekiko distantzia egokia ere. Halaber, fluxuaren mugimendua nahasten duten elementuetatik distantzia egokietan jarriko dira, hala nola seinaleetatik, etab. Dokumentu honetan emandako jarraibideak beteko dira.

Tunel osoan zarata gehiago egon ez dadin, isilgailuak jarriko dira.

Larrialdietako aireztapena badago, alderantzgarriak izango dira haizagailuak, eta halako moldez eraikiko dira non haizagailuek 400°C-ko tenperaturan funtzionatu ahal izango baitute 2 orduko tartean.

Indarreko sistema elektriko bat eta kontroleko sistema bat izango dira elementu mekanikoen osagarriak; izan ere, kontroleko sistema horrek, kudeaketa eta komunikazioen sistemaren bitartez, alde batetik giroaren egoera ezagutzeko modua emango du gehienbat poluzioaren aldetik, eta bestetik haizagailuek elkarri eragiteko modua kontroleko zentrotik. Hala eta guztiz ere, tokian bertan abiaraz daitezke haizagailuak.

5.2. Ebakuazio-galerietako aireztapen-sistema

Galerietako aireztapen-sistemaren xede nagusia giroa egoera onargarrietan mantentzea izango da; hartara, funtzionatzeko ohiko egoeran dagoen tuneleko airea xurgatu eta galeria inpultsatuko da halako moldez non gainpresioan mantenduko baita galeria, sua dagoen tunelean kerik sar ez dadin.

Haizagailuak, xurgatze, inpultso, itzulketa eta erauzketa kanalak, saretoak dituzten zuloekin batera, eta bi tunelekiko sektorizazioa ahalbidetzen duten gainpresioko konportak eta suebakiak (ateak zeharkatzean).

Galerien tamainaren arabera izango dira sistemako osagaiak. Handia bada, ($L > 25$ m), honako hauek izan ditzake instalazioak: galerian airea sartuko duen haizagailua (axiala edo zentrifugoa), zuloak eta inpultsorako barruko sareto egokiak eta saretoak hormetan, galeriako airea (itzulketa) zuzenean gainpresioko konportaren hodira igortzeko. Hormen azalera guztian suebakiak egongo dira. Baldin eta galeria txikia bada, ez dira beharrezkoak izango inpultso-hodiak eta saretoak.

Hori guztia tunel-zulo bakoitzari dagokio, eta sua duen tunel-zulotik aire garbia hartzen duen instalazioa sektoretan banatuta egongo da suari dagokionez aipaturiko konporta-suebakiaren bidez, eta galeriara inpultsaturiko airea, esan denez, ohiko egoeran dagoen tuneletik dator eta bertatik egin behar da ebakuazioa.

5.3. Aireztapen sistemaren sistema elektriko

Horren deskribapenaren berri izateko sistema horren atala ikusi behar da.

Los ventiladores estarán situados en la clave del túnel mediante un sistema de soportado adecuado a su peso y condiciones dinámicas. Dispondrán de elementos antivibradores debidamente estudiados de forma que no permitan el paso de vibraciones hacia la estructura del túnel.

El número de ventiladores estará de acuerdo al proyecto y en función de los cálculos. De acuerdo a las características del túnel, y de acuerdo a la presente norma, el número de ellos se corresponderán con los necesarios para un ventilación sanitaria o de emergencia, es decir, el caudal vehiculado en el túnel será el adecuado para la dilución de los gases y humos en el primer caso o el suficiente para conseguir la velocidad crítica en caso de incendio.

En cuanto al empuje a conseguir por ellos para el conjunto del túnel, estará calculado en función de los distintos factores que intervienen, y que se citan en el presente documento.

La implantación de los ventiladores será tal que el rendimiento de cada uno de ellos sea óptimo. Para ello, se situarán a la debida separación entre ellos tanto en sentido longitudinal como transversal al túnel, así como su separación del techo. Se situarán así mismo a las debidas distancias de elementos perturbadores del movimiento del flujo, como señales, etc. Se seguirán las instrucciones dadas en el presente documento.

Con el fin de no contribuir en el ruido de conjunto del túnel, dispondrán de silenciadores.

Si se dispone una ventilación emergencia, los ventiladores serán reversibles y su construcción permitirá un funcionamiento de estos en un ambiente de 400°C durante 2 horas.

El complemento a los elementos mecánicos será un sistema eléctrico de fuerza y un sistema de control, el cual, a través del Sistema de Gestión y Comunicaciones permitirá por una parte, conocer la situación ambiental fundamentalmente desde el punto de vista de la polución, y por otra, la interacción sobre los ventiladores desde el Centro de Control. No obstante mediante el sistema de control, los ventiladores podrán ser actuados también de forma local.

5.2. Sistema de ventilación de las galerías de evacuación

El sistema de ventilación de las galerías tiene como principal objetivo el mantenimiento de su ambiente en condiciones aceptables, mediante la aspiración de aire del túnel que se encuentra en condiciones de funcionamiento normal e impulsarlo en la galería de forma que ésta se mantenga en sobrepresión a fin de evitar la entrada de humo del túnel en el que se encuentre el incendio.

Los componentes de este sistema son fundamentalmente los ventiladores, conductos de aspiración, de impulsión, retorno y extracción con sus rejillas y las compuertas de sobrepresión y cortafuegos, al atravesar paredes, que permitan la sectorización con ambos túneles.

Los componentes del Sistema dependerán del tamaño de las galerías. Si es grande (superior a 25 m), la instalación podrá ser a base de un ventilador (axial o centrífugo), que introduzca el aire en la galería y conductos con sus correspondientes rejillas para la impulsión y rejillas interiores en la pared para la descarga directa del aire de la galería (retorno) al tubo con compuerta de sobrepresión. Todos los pasos de paredes llevarán compuertas cortafuegos. En el caso de que la galería sea de pequeño tamaño, no será necesario el conducto de impulsión y sus rejillas.

Lo anteriormente expuesto, corresponde para cada uno de los tubos, de tal forma que la instalación que toma el aire limpio del tubo en el que se encuentra el incendio, permanecerá sectorizado respecto a éste mediante las compuertas cortafuego mencionadas, y el aire impulsado a la galería procederá como se ha dicho, del túnel en condiciones normales y evacuándose al mismo.

5.3. Sistema eléctrico del sistema de ventilación

Para su descripción, ver el apartado correspondiente a este Sistema.

5.4. Aireztapen sistemarekin lotutako tresnak

5.4.1. Deskribapena eta aplikazioa

Tunelak aireztapen sanitarioa badu, eta horrekin lotuta bada, gutxienez honako tresna hauek izango dituzte:

- Opazimetroak.
- CO neurgailuak.
- NO₂ neurgailuak.
- Barneko anemometroak.

Gainera, larrialdietako aireztapena badago, hauxe gehitu beharko da:

- Esku-babesa duen anemometroa eta haize-hargailua.

Tunelaren luzeraren arabera izango da, funtsean, horien kantitatea. Puntu nagusiak kontuan hartuz definitu beharko da kokapena proiektuan, hala nola puntu altuak edo geometriaren ezaugarriak, etab. non gasen, keen eta aireko partikularren kontzentrazioa agertzea aurreikus daitekeen, betiere neurri handiagotan. Aitzitik, puntu horiek nagusiak direla egiaztatu beharko da probetan.

Aireztapen sistemarekin lotuta egongo dira tresna horiek guztiak; hala, etengabe neurtzen diren balioen arabera, sisteman jar-dungo dute, erreferentziako atalaseko balioekin bat etorritz.

5.4.1.1. CO sentsoreak

Gas kutsagarriak handiena CO da, gasolinaren bete gabeko errekontza-prozesuaren emaitza. Kokapena hobeto zehaztu ahal izateko, hauxe izango da kontuan: gas kontzentrazioak handiena duten tokiak maldaren aldaketa gertatzen diren guneak dira, toki altuak edo baxuak, eta gertuen dagoen ahotik zenbat eta urrutia-ego, orduan eta arazo gehiago sortuko dituzte.

Aireztapen longitudinala duten norabide bakarreko tuneletan, irteerako ahotik gertu dagoen tokia izaten da kokapenik txarrena, baina bereziki gas kaltegarria denez, sentsorea 200 metroko distantzian jartzea gomendatzen da COren kontzentrazio-poltsak antzemateko. Sentsoreak, nolahi ere, ahotik 50 metrotik gorako distantzian kokatu behar dira, ahoetako aireen zirkulazio zurrunbilsuen eragina jasan ez dezaten, eta galtzadatik 1,5 m inguruko altueran.

Bi noranzkoko tuneletan, noranzko bakarreko tuneletarako zehaztutako distantziak berdin mantentzen dira, baina detektoreak tunelaren erdian egon daitezela gomendatzen da, ezarritako gálboa baino altuago, hain zuzen ere. Funtzionalitate eta detekzio printzipioak desberdinak direnez tunelaren fluxuaren mugimenduagatik eta posizioagatik, gomendagarria da aurreikusitako helbururen araberako teknologiarik aproposena duen detektorea aukeratzea, tunelean izango duen kokapena kontuan hartuz.

Ezaugarri nagusiak

NEURKETA-LERRUNA

Sentsoreak airean dagoen CO kontzentrazioa neurtuko du eta kontzentrazio horren emaitza erakutsiko du milioitan zenbatuta (ppm). Gutxienez 0-300 ppm maila.

ZEHAZTASUNA

Neurketaren doitasunaren okerrak %1 etik beherakoa izan behar-ko luke eskalaren amaieran. ± 0,5 ppm-ko bereizmena.

ERANTZUTEKO DENBORA

Sentsoreak neurketa egin eta 40 segundo igaro baino lehen eman behar du emaitza.

BABES-INDIZEA

Tunela baliabide oldarkorra denez gero, babes-indizea gutxienez IP65 izatea gomendatzen da.

CO analizatzaileak mota hauetakoak izan daitezke:

1. Absortzio infragorriaren analizatzailea.
2. Detektore katalitikoak edo termokimikoak.
3. Detektore zelula eletrokimikodunak.

5.4. Instrumentación asociada al sistema de ventilación

5.4.1. Descripción y aplicación

Cuando el túnel disponga de Ventilación Sanitaria, y asociada a ella, tendrá como mínimo la siguiente instrumentación:

- Opacímetros.
- Medidores de CO.
- Medidores de NO₂.
- Anemómetros interiores.

Si además dispone de Ventilación de Emergencia, deberá añadirse:

- Anemómetro de cazoleta y catavientos.

La cantidad de ellos estará en función fundamentalmente de la longitud. Su situación deberá ser definida en proyecto teniendo en cuenta puntos representativos, como puntos altos o características de geometría, etc. donde sea previsible la aparición de concentración de gases, humos y partículas en suspensión, en valores más altos. No obstante, durante las pruebas deberá verificarse la representatividad de dichos puntos.

Todos estos instrumentos estarán asociados al sistema de ventilación, de tal modo que en función de los valores medidos de forma continua, actuarán sobre el Sistema de acuerdo a los umbrales de referencia.

5.4.1.1. Sensores de CO

El gas contaminante más importante es el CO, resultado de la combustión incompleta de la gasolina. A fin de definir la mejor ubicación, se tendrá en cuenta que los puntos con mayor concentración de gases, son aquellos donde se produce un cambio de signo en la pendiente, puntos altos o bajos, siendo más problemáticos cuanto más distancia le separe de la boca más cercana.

En los túneles unidireccionales con ventilación longitudinal, la situación más desfavorable suele ser próxima a la boca de salida pero al ser un gas especialmente nocivo se recomienda la instalación de un sensor cada 200 metros para la detección de las posibles bolsas de concentración de CO. Los sensores deben ubicarse en cualquier caso a más de 50 metros de la boca para que no vean afectados por la circulación turbulenta de aire de las bocas y a una altura de 1,5 m de la calzada aproximadamente.

En los túneles bidireccionales las características de distancias definidas para los túneles unidireccionales se mantienen igualmente, pero se recomienda que la ubicación de los detectores esté en el medio del túnel a una altura superior al gálbo establecido. Como los principios de funcionalidad y detección son diferentes por la posición y el movimiento del flujo en el túnel, se recomienda elegir el detector con la tecnología más apropiada, de acuerdo al fin previsto, según su ubicación en el túnel.

Principales características

RANGO DE MEDIDA

El sensor analizará la concentración de CO en el aire y muestra el resultado de dicha concentración en partes por millón (ppm). Rango mínimo de 0 a 300 ppm.

PRECISIÓN

El error de la medida debería ser inferior al 1% a final de escala. Resolución de ± 0,5 ppm.

TIEMPO DE RESPUESTA

El sensor debe realizar la medida y dar el resultado en menos de 40 segundos.

ÍNDICE DE PROTECCIÓN

Al ser el túnel un medio agresivo se recomienda que el índice de protección sea como mínimo IP65.

Los analizadores de CO pueden ser de los siguientes tipos:

1. Analizador de absorción infrarroja.
2. Detectores catalíticos o termoquímicos.
3. Detectores con célula electroquímica.

4. Kolorimetria bidezko kontroladorea.
5. Eroankortasun elektrokoaren aldaketan oinarritutako kontroladorea.
6. Espektroskopia fotoakustikoa.
7. Izpi infragorrien absortzio bidezko analizatzailea, Fourier-en transformatuaren arabera.

4. Controlador por colorimetría.
5. Controlador basado en variación de la conductividad eléctrica.
6. Espectroscopio fotoacústico.
7. Analizador por absorción de rayos infrarrojos según transformada de Fourier.

5.4.1.2. NO₂ sentsoreak

Legeria gero eta zorrotzagoa da keen igorpenaren arloan, eta horrek motorren akabera hobeak izatea dakar. Errekuntza hobetzen duten katalizadoreei esker, CO igorpenak nabarmen jaitsi dira. Horren ondorioz, CO baino askoz kontzentrazio txikiagoak dituztela-eta aireztapenaren kontrolean historian baztertu izan diren beste gas batzuk kontuan izan daitezke gaur egun aireztapena kontrolatzeko. Logura eta alergia krisiak sor dezaketen nitroxidoen kasua da (NO_x), eta CO bezala, toxikoak dira. Pertsonen sentsibilitatearen arabera izango da, neurri handi batean, erabiltzaileei kalteak eragiteko beharrezko kontzentrazioa. Hala, asmatikoak era horretako gaitzik ez duen erabiltzaileak baino 10 aldiz nitroxido kontzentrazio txikiagoen aurrean erreakzionatuko du.

Nitroxidoen barruan, gas arriskutsua eta kontrolatzea komeni dena NO₂ gasa da. NO eta NO₂ batuta lortzen da NO_x. Zenbait sentsorek NO_x-ren neurketa ematen dute; kontuan izan behar da NO₂/NO_x ratioa ez dela konstantea, baina %10etik beherakoa izan ohi da. Horrexegatik gomendatzen da zuzenean NO₂ neurteza.

Jarraibide hau idatzi den unean, NO₂ sentsoreen neurketa eta doitasun lerruna ez da nahikoa aireztapen egokiaren kontrola egiteko. Hala ere, trafiko dentsitate handiko tuneletan gomendatzen da (bereziki tunel luzeetan) NO₂ sentsoreak jartzea, neurketen historikoak izateko eta, ondoren, arazoari buruzko azterlan espezifikoak egiteko.

Sentsore egokiak izanez gero, CO sentsoreen kasuko instalazio-irizpide berak gomendatzen dira; hau da, tunelean 200 m inguruko distantziarekin jartzea, eta hodi bakoitzeko bi sentsore ipintzea, gutxienez ere.

Jarraian, NO₂ sentsorearen ezaugarriak egokienak zehaztuko dira.

Ezaugarri nagusiak

NEURKETA-LERRUNA

Sentsoreak airean dagoen NO₂ kontzentrazioa neurtu eta kontzentrazio horren emaitza milioiko zatitan (ppm) emango du. Onera 0 eta 5 ppm bitarteko lerruna izango litzateke.

ZEHAZTASUNA

Neurketaren doitasunaren okerra %1etik beherakoa izan beharko luke eskalaren amaieran. 0,1 ppm-ko bereizmena.

ERANTZUTTEKO DENBORA

Sentsoreak neurketa egin eta 40 segundo igaro baino lehen eman behar du emaitza.

BABES-MAILA

Tunela ingurune agresiboa denez, babes-maila gutxienez IP65 izatea gomendatzen da.

NO_x analizatzaileak mota hauetakoak izan daitezke:

1. Kimiluminiszentzia bidezko kontroladorea.
2. Kontroladore elektrokimikoa.

Neurketa-printzipioak COaren printzipioaren oinarri bera du, baina elektrolitoa desberdina da eta kontrolatu nahi den gasera egokituta dago.

5.4.1.3. Opakotasuna

Diesel ibilgailuek isuritako keen ondorioz, barruko ikuspena murrizten duten partikulak biltzen dira tuneletan eta prebenitu beha-

5.4.1.2. Sensores de NO₂

La legislación cada vez es más exigente con la emisión de humos, lo que provoca mejores acabados de los motores. La incorporación de catalizadores que mejoran la combustión, han hecho disminuir sensiblemente las emisiones de CO. Esto provoca, que otros gases, que históricamente no se discriminaban en el control de ventilación por tener unas concentraciones muy inferiores al CO, puedan ser tenidas en cuenta actualmente para el control de la ventilación. Es el caso de los nitróxidos (NO_x) que pueden producir somnolencia, ataques de alergia y que, al igual que el CO, son tóxicos. La concentración necesaria para producir efectos a los usuarios varía en gran medida por la sensibilidad de las personas, de este modo un asmático reaccionará a concentraciones de nitróxido 10 veces menores de las de un usuario que no sufra de este tipo de problemas.

Dentro de los nitróxidos, el gas peligroso y que se recomienda tener controlado es el NO₂. Se entiende por NO_x la suma del NO y el NO₂. Algunos sensores dan la medida de NO_x, hay que tener en cuenta que el ratio NO₂/NO_x no es constante pero suele ser inferior al 10%. Por ello se recomienda realizar directamente la medida de NO₂.

En el momento de redactar la presente instrucción, los rangos de medida y precisión de los sensores de NO₂ no es la suficiente para realizar un control de ventilación óptimo. Aun así, se recomienda en túneles con alta densidad de tráfico, especialmente los de longitud elevada, que se instalen sensores de NO₂ para disponer de históricos de medidas para el estudio específico del problema.

Si se dispone de sensores adecuados se recomienda los mismos criterios de instalación que en los sensores de CO; es decir, a lo largo del túnel con un distanciamiento de unos 200 m, con un mínimo de dos sensores por tubo.

A continuación se detallan las características idóneas de un sensor de NO₂.

Principales características

RANGO DE MEDIDA

El sensor analizara la concentración de NO₂ en el aire y muestra el resultado de dicha concentración en partes por millón (ppm). Lo ideal sería un rango de medida de 0 a 5 ppm.

PRECISIÓN

El error de la medida debería ser inferior al 1% a final de escala. Resolución 0,1 ppm.

TIEMPO DE RESPUESTA

El sensor debe realizar la medida y dar el resultado en menos de 40 segundos.

ÍNDICE DE PROTECCIÓN

Al ser el túnel un medio agresivo se recomienda que el índice de protección sea al menos IP65.

Los analizadores de NO_x pueden ser de los siguientes tipos:

1. Controlador por quimioluminiscencia.
2. Controlador electroquímico.

El principio de medición se basa en lo mismo que el de CO, salvo que el electrolito es diferente y adaptado al gas a controlar.

5.4.1.3. Opacidad

Los humos emitidos por los vehículos diesel ocasionan la concentración en los túneles de partículas que disminuyen la visibili-

rreko arriskua sortzen da, eta, aldi berean, zirkulatzeko abiadura murrizten eta gidatzeko erosotasuna gutxitzen da.

Gaur egun, hainbat sentsore daude merkatuan, teknologia ezberdinak erabiliz (transiometria edo argi-sakabanaketa) ikuspen-neurketak lortzen dituztenak. Ez da gomendatzen neurketak egiteko airea xurgatzen duten bonbak erabiltzen dituzten sentsoreak jartzea.

Neurketa-unitate ezberdinak egongo dira erabilitako teknologiaren arabera. Ohikoena K itzaltze-koefizientea da, eta horren unitateak m-1 eta transmisioa dira, hain zuzen ere iturriaren eta behatzailearen arteko luzerari dagokiona. Hona hemen bi unitateen arteko erlazioa:

$$s(\%) = 100 \cdot e^{-K(m^{-1}) \cdot L}$$

Ezaugarri nagusiak

NEURKETA-LERRUNA

Ikuspen-sentsoreen neurketa-lerruna K .0 – 15 (10-3 m-1) izatea gomendatzen da.

ZEHAZTASUNA

Neurketaren doitasunak %2tik beherakoa izan behar du.

ERANTZUTEKO DENBORA

Sentsoreak neurketa egin eta 60 segundo igaro baino lehen eman behar du emaitza.

BABES MAILA

Tunela ingurune agresiboa denez, babes-maila gutxienez IP65 izatea gomendatzen da.

Opazimetroak tunelean 500 metro inguruko distantziarekin instalatuko dira, eta, gutxienez, bi opazimetro jarri beharko dira zulo bakoitzeko.

Aire biziaria kanporatzen den tunel-ahoetatik hurbil, opakotasun-mailen jarraipenak zorrotzagoa izan beharko du; izan ere, eremu horretan erregistratuko dira mailarik altuenak.

5.4.1.4. Esku-babesa duen anemometroa eta kanpoko haize-hargailua

Tunelaren barruko aldean kokaturiko tresnen osagarri gisa, esku-babesa duen anemometroa eta haize-hargailua ezarriko dira kanpoko aldean, tunelaren egoeraren ingurumen-baldintzei buruzko eza-gutzaren osagarri moduan, eta ez da derrigorrez instalatu beharko baldin eta toki horretan estazio meteorologiko osatu bat jarri bada.

Tunelaren kanpoko aldean jarri beharreko bi unitate ezarriko dira, bat aho bakoitzean, 25 eta 50 m-ko distantzian. Ahoren batean behe-lainoa egoteko arrisku-faktoreen bat badago, ikusgarritasun-sentsore beta eta benetako denborako beste bat jarriko dira bertan.

6 m-ko altuerako makuluetan jarriko dira, bi tunel-hodien artean zentratuta.

Ezaugarri nagusiak

Anemometroa:

- Mota: Esku-babesa duena, haizearen abiadura neurtzeko kokatua; korrante zuzeneko generadore takimetricoa du.
- Abiadura-lerruna: 0 - 30 m/s.
- Gehieneko abiadura: 60 m/s.
- Arrankatze-abiadura: gutxi gorabehera 0,6 m/s.
- Irteerako seinalea : haizearen abiaduraren proportzionala (k.z.).
- Funtzionatzeko tenperatura: -25°C-tik +50°C-ra.

Esku-babesa eramateko gurutzeta duraluminiozkoa izango da, anodizatuaren bidez babestuta. Ardatzak frikzio txikiko doitasun-bolako errodamenduetan biratuko du, eta hautsaren kontrako babesa izango dute labirinto-itxurako junten bidez. Karkasa aluminioz-

dad interna y se convierten en un riesgo a prevenir, a la vez que produce una disminución de la velocidad de circulación y el confort en la conducción.

Actualmente, en el mercado existen diversos sensores que obtienen medidas de la visibilidad mediante tecnologías distintas (transiometría o dispersión de luz). Se desaconseja la instalación de sensores que usen bombas de absorción de aire para realizar las mediciones.

Según la tecnología usada, las unidades de la mediada son distintas. Las más usuales son el coeficiente de extinción K cuyas unidades son m-1 y la transmisión, que viene referida a una longitud entre la fuente y el observador. La relación entre ambas unidades es:

$$s(\%) = 100 \cdot e^{-K(m^{-1}) \cdot L}$$

Principales características

RANGO DE MEDIDA

Se recomienda que el rango de medida de los sensores de visibilidad sea K .0 - 15 (10-3 m-1).

PRECISIÓN

La precisión de la medida debería ser inferior al 2%.

TIEMPO DE RESPUESTA

El sensor debe realizar la medida y dar el resultado en menos de 60 segundos.

ÍNDICE DE PROTECCIÓN

Al ser el túnel un medio agresivo se recomienda que el índice de protección sea al menos IP65.

Los opacímetros se instalarán a lo largo del túnel con un distanciamiento de unos 500 m y como mínimo debe haber dos opacímetros por tubo.

En las cercanías de las bocas del túnel por la que se expulsa el aire viciado el seguimiento de los niveles de opacidad deberá ser más exhaustivo puesto que es en esa zona donde se registrarán los niveles más altos.

5.4.1.4. Anemómetro de cazoleta y catavientos exterior

Como complemento de la instrumentación situada en el interior del túnel, se dispondrá de anemómetro de cazoleta y catavientos en el exterior que complementen el conocimiento de las condiciones ambientales de la situación del túnel, no siendo necesaria su instalación si se ha colocado en este lugar una estación meteorológica completa.

Se dispondrán dos unidades a instalar en el exterior del túnel, uno en cada boca, entre 25 m y 50 m de distancia de las bocas. En caso de que existiera un factor de riesgo de niebla notable en alguna boca, se instalarán un sensor de visibilidad y otro de tiempo presente, en la misma.

Se instalarán sobre báculos a 6 m de altura y centrados entre las bocas de ambos tubos.

Principales características

Anemómetro:

- Tipo: De cazoletas dispuesto para la medición de la velocidad del viento, con generador taquimétrico de corriente continua.
- Rango de velocidades: de 0 a 30 m/s.
- Velocidad máxima: 60 m/s.
- Velocidad de arranque: Aprox. 0,6 m/s.
- Señal de salida: c.c. proporcional a la velocidad del viento.
- Temperatura de funcionamiento: -25°C a +50°C.

La cruceta porta-cazoletas estará fabricada en duraluminio protegido por medio de anodizado. El eje girará sobre rodamientos de bolas de precisión, con baja fricción y estará protegido contra la entrada de polvo mediante juntas laberínticas. La carcasa estará

koa izango da, labean urtua eta margotua. Uztai hariztatuaren bidez ziurtaturiko konektore multipolarrarekin egingo dira konexio elektrikoak.

45 mm-ko diametroko euskarri-hodi baten gainean muntatzeko dago prestatuta.

Haize-hargailua:

— Mota: haize-orratza.

— Abiadura-lerruna: gehienez 60 m/s.

— Irteerako seinalea: 2 bitekoa.

Anodizatu galbanikoaren bidez babesturiko duraluminioz dago eginda haize-orratza. Ardatzak frikzio txikiko doitasun-kojinetetan biratuko du, eta kojineten horiek zikintasunaren kontrako babesa izango dute labirinto-itxurako junten bidez. Karkasa aluminio urtuzkoa izango da.

5.4.1.5. Tunelaren barruko anemometroak

Aireztapen behartua duen tunel orok anemometroak eduki behar ditu tunelaren barruan, zeren eta anemometroei esker tuneleko airearen fluxu longitudinalak, abiadura eta noranzkoa ebaluatzeko modua baitago. Datu hori kontrolatuta eta monitorizatuta egonik, aireztapen sanitarioa zein aldetatik abiaraz daitekeen jakin daiteke, betiere eraginkortasunik handiena lortzeko. Gainera, sua dagonean, garrantzitsua da keak arrastatzeko abiaduraren datuaren berri izatea, aireztapenak behar bezala funtzionatzen duela egiaztatzeko, eta bereziki garrantzitsua da keak arrastatu nahi badira estratifikazioa galdu barik.

Aireztapen longitudinala duten norabide bakarrekotuneletan, gutxienez bi anemometro jarri beharko dira, tuneleko sarrerako eta irteerako ahotik 100 metroa hurrenez hurren.

Zenbait kasu zehatzetan, sentsore gehiago jarri beharko dira: erauzketa-tximiniak dituen tunela, kantoi ezberdinak dituen aireztapen sistema duena, edo tunel luzeak (1.500 metrokoak baino luzeagoak).

Gomendagarria da aireztapen-sekzio bakoitzaren artean anemometro bat instalatzea tunelen barruan, tunelaren barruko sekzioan kokatuta eta ibilgailuen zirkulazioak aparatua ez kaltetzea edo harekin talka ez egitea lortzen ahaleginduko da.

Kasu espezifikoan ondorioz beharrezkoa balitz sentsore gehiago jartzea, dela aireztapen-sisteman, dela tunelaren geometriatik (luzera handia, kurba, bi bidetan banantzea, etab.), eta lortutako neurrien ziurtasuna eta fidagarritasuna ziurtatzeko, gomendagarria da anemometro bat jartzea aireztapen-sekzio bakoitzeko.

Ezaugarri nagusiak

NEURKETA-LERRUNA

Anemometroen neurketa-lerruna norabide bakoitzean 0-15 m/s-koa izatea gomendatzen da.

ZEHAZTASUNA

Neurketaren doitasunak 0,5 m/s-tik beherakoa izan behar du.

BABES-MAILA

Tunela ingurune agresiboa denez, babes-maila gutxienez IP65 izatea gomendatzen da.

5.4.2. Erreferentziako atalaseak

Erreferentziako atalaseek bat etorri behar dute arautegi aplikagarrian tunela funtzionatzen hasten den unean; hala ere, kon-tuan hartu beharreko zenbait oinarriko balio azalduko dira.

	CO maila	NO ₂ maila	Opakotasuna	Aireztapena (%)
Baxua	0 - 35 ppm	< 0,2 ppm	0 - 5 x10 ⁻³ m ⁻¹	0 - 30
Ertaina	35 - 75 ppm	0,2 ppm	- 7 x10 ⁻³ m ⁻¹	30 - 50
Altua / Alerta	75 - 125 ppm	1 ppm	- 9 x10 ⁻³ m ⁻¹	50 - 75
Oso altua / Alarma	> 125 ppm	> 1,5 ppm	12 x10 ⁻³ m ⁻¹	100

construida asimismo de aluminio fundido y pintado al horno. Las conexiones eléctricas serán por medio de conector multipolar asegurado por medio de aro roscado.

Estará preparado para montaje sobre un tubo de soporte de 45 mm de diámetro.

Catavientos:

— Tipo : De Veleta.

— Rango de velocidades: Hasta 60 m/s máx.

— La señal de salida: De 2 bit.

La veleta estará construida en duraluminio protegido por medio de anodizado galvánico. El eje girará sobre cojinetes de precisión de baja fricción protegidos contra la entrada de suciedad por medio de juntas laberínticas. La carcasa estará construida de aluminio fundido.

5.4.1.5. Anemómetros en el interior del túnel

Todo túnel que disponga de ventilación forzada debe estar dotado con anemómetros en el interior del túnel, ya que con ellos se pueden evaluar los flujos longitudinales de aire en el túnel, su velocidad y sentido. Al tener controlada y monitorizada este dato se puede saber hacia qué lado es más eficiente arrancar la ventilación sanitaria. Además, en caso de incendio, es importante disponer del dato de la velocidad de arrastre de los humos para confirmar que la ventilación está funcionando de forma adecuada, siendo especialmente importante si se quiere arrastrar los humos sin que se pierda la estratificación.

En túneles unidireccionales con ventilación longitudinal se debe instalar al menos dos anemómetros, situados aproximadamente a 100 metros de la boca de entrada y salida respectivamente.

En casos específicos será necesario instalar más sensores: túnel con chimeneas de extracción, con sistema de ventilación con distintas bifurcaciones o túneles de longitud elevada (más de 1500 metros).

Se recomienda instalar un anemómetro entre cada sección de ventilación en el interior de los túneles, colocados dentro de la sección hidráulica del túnel e intentando que la circulación de vehículos no deteriore o colisione con el aparato.

Si fuese necesario colocar más sensores debido a casos específicos, tanto en el sistema de ventilación o por la geometría del túnel (longitud elevada, curva, bifurcaciones, etc.) y poder asegurar la certeza y fiabilidad de las medidas obtenidas, se recomienda colocar un anemómetro por cada sección de ventilación.

Principales características

RANGO DE MEDIDA

Se recomienda que el rango de medida de los anemómetros de 0-15 m/s en cada sentido.

PRECISIÓN

La precisión de la medida debería ser inferior al 0,5 m/s.

ÍNDICE DE PROTECCIÓN

Al ser el túnel un medio agresivo se recomienda que el índice de protección sea al menos IP65.

5.4.2. Umbrales de referencia

Los umbrales de referencia deberán estar de acuerdo con la normativa aplicable en el momento de la entrada en funcionamiento del túnel, no obstante se indica a continuación unos valores básicos a tener en cuenta.

	Nivel de CO	Nivel de NO ₂	Opacidad	% Ventilación
Baja	0 - 35 ppm	< 0,2 ppm	0 - 5 x10 ⁻³ m ⁻¹	0% - 30%
Media	35 - 75 ppm	0,2 ppm	- 7 x10 ⁻³ m ⁻¹	30% - 50%
Alta / Alerta	75 - 125 ppm	1 ppm	- 9 x10 ⁻³ m ⁻¹	50% - 75%
Muy Alta / Alarma	> 125 ppm	> 1,5 ppm	12 x10 ⁻³ m ⁻¹	100%

5.5. Tunelaren aireztapen-sistema kontrolatzeko sistema

5.5.1. Jarduteko moduak

Funtzionatzeko bi modu izango ditu sistemak eta bi tokitatik abiaraz daiteke, tokian bertan edo urrutitik, hots, aginte nagusiko postutik edo tokiko kontroleko postutik aginduta burutu daitezke ekin-tzak. Bi kasu horietan, bi erataraz funtzionatuko dute, eskuz edo automatikoki.

Eskuz egiten denean, operadoreak tokian bertan edo urrutitik abiaraz dezake sistema bi norabidetan, hots, normalean edo itzulgarrian, edo bestela gelditzeko agindua eman dezake. Edozelan ere, ezin izango da arazo elektrikorik egon, hala nola babesak, bina-ka funtzionatzen duten haizagailuak funtzionatzeko orduen kontrola, etab.

Automatikoki egiten denean, sistemarekin lotutako tresnek, aurreikusitako atalaseek, CO detekttagailuek, opazimetroek eta anemometroek emandako datuen arabera arrankatu edo geldituko dira.

Automatikoki funtzionatzea ez da izango aginte nagusitiko postutik edo tokiko kontroleko postutik emandako aginduaren arabera; hala, aginte nagusitiko postuarekiko konexiorik ez badago, lanean jarraituko dute automatismoek.

Tokiko eta eskuzko jarduketa denean, berriz, eskuzkoa lehetsiko da beste edozeinen aurretik, zeren eta jarduketa hori egoera berezia dela suposatzen baita, hala nola larrialdietan edo mantentze-lanetan.

Jarraian azalduko da grafikoko multzo osoak funtzionatzeko filosofia.

Haizagailuen errotazio-inertzia arintzeko, gomendagarria da, matxurak ekiditeko, ia guztiz geldi egotea kontrako noranzkoan berriz martxan jarri baino lehen.

Hala eta guztiz ere, haizagailuek, beren diseinuaren arabera, biraketa-noranzkoa aldatu ahaliko dute bat-batean.

5.5. Sistema de control del Sistema de Ventilación del túnel

5.5.1. Modos de actuación

El Sistema tendrá dos modos de funcionamiento y podrá actuarse desde dos puntos, de forma remota o, local es decir con mando desde el Puesto Central de Mando (PCM), o desde el Puesto de Control Local (PCL). En ambos casos, funcionará de dos modos, bien de forma manual o en modo automático.

En modo manual, el operador, tanto en forma local como remota podrá poner en marcha en ambos sentidos, es decir, normal o reversible, o bien dar orden de parada. En cualquier caso no deberá existir ningún problema eléctrico, como protecciones, control de horas de funcionamiento de los ventiladores por parejas, etc.

En modo automático, arrancarán o pararán en función de los datos suministrados por la instrumentación asociada y sus umbrales previstos, detectores de CO, opacímetros, y anemómetros.

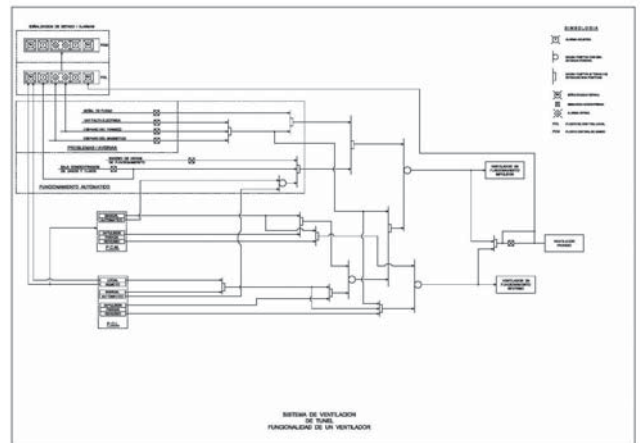
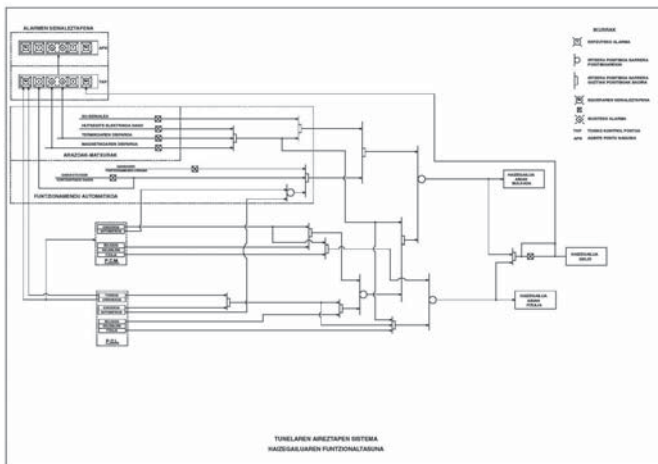
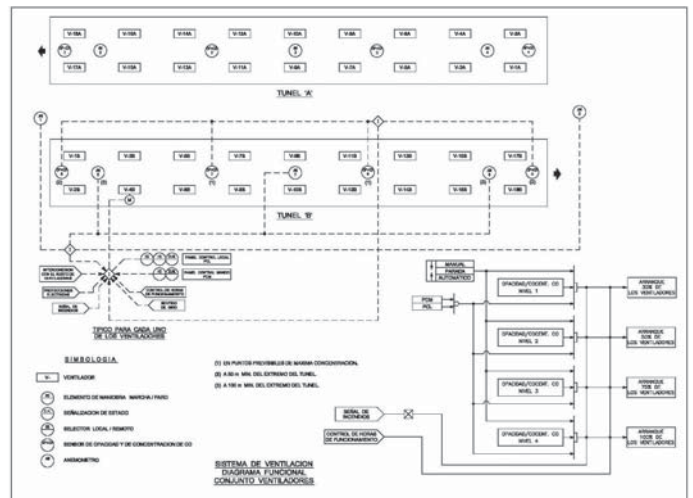
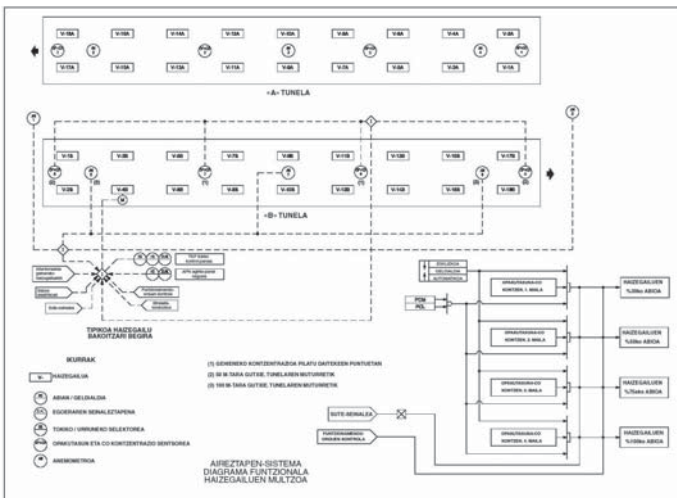
La actuación en automático no dependerá de si el mando está en el PCL o en el PCM, de tal forma que a falta de conexión con el PCM los automatismos seguirán actuando.

Por el contrario, cuando la actuación es local y manual, ésta tiene preferencia sobre cualquier otra, puesto que se supone que esta actuación es en una situación especial como puede ser en emergencia o en operaciones de mantenimiento.

De forma gráfica se indica a continuación la filosofía de funcionamiento del conjunto.

Con el fin de contrarrestar la inercia rotacional de los ventiladores, es recomendable con el fin de evitar averías, que éstos estén prácticamente parados antes de arrancarlos en sentido contrario.

Independientemente, los ventiladores en su diseño deben poder cambiar su sentido de giro de forma instantánea.



5.5.2. *Funtzionamendu normala*

Azaldutako horretan ikus daitekeenez, funtzionamendu normalean edo aireztapen sanitarioan, tunelean dauden gasen eta keen kontzentrazioaren arabera funtzionatuko dute ekipoeak; izan ere, automobilerik etengabe igortzen dituzte gasak eta keak. Ahal dela automatikoki jardungo da eta aurretik finkaturiko ustiapen irizpide jakin batzuk eta erreferentziak atalase jakin batzuk beteko dira, hots, CO, NOx, eta Opakotasun mailen arabera funtzioa. Horrez gain, haizagailu bakoitzaren iraupen-denbora aintzat hartuko da, haizagailu guztiek gutxi gorabehera antzeko ordu-kopuruan jardun dezaten.

5.5.3. *Larrialdietako funtzionamendua*

Larrialdia badago eta suak eragindako keak kontrolatu beharra badago erabiltzaileak ebakuatzeko edo erreskateko pertsonala sartzeko, ustiapenaren eskuliburuaren arabera eta gainerako onarpenen arabera funtzionatuko dute haizagailuek sua dagoenean, hots, edozein ahotatik oso gertu edo tunelaren erdialdean edo bitarteko aldean tunelaren luzeraren arabera betiere.

Hartara, sua dagoenean keak kontrolatzeko azterlan espezifikoa egin beharko da. Bertan finkatuko da aireztapenak funtzionatzeko modua, sua dagoen tokiaren arabera betiere. Azterlanaren bukaeran algoritmo bat emango da, kontroleko softwarean ezarri beharrekoa automatikoki behar bezala funtziona dezan sua dagoenean eta gorabehera eta horren kokapena baieztatu dadin.

Sua dagoenerako aireztapen algoritmoak diseinatzerakoan, suaren sorburutik 10 diametro hidrauliko distantzian dauden haizagailuak zerbitzuetik kanpora daudela izan behar da kontuan; hortaz, ezin izango dira erabili.

Oro har, esan den bezala, noranzko bakarrek tuneletan, pilaketarik gabekoetan, aireztapena ustiapenaren eskuzko aireztapen protokoloa jarraituz jarri beharko da martxan, zirkulazioaren noranzkoan, eta sutearen lehenengo uneetan sortutako keen atzerapenaren berreskurapenean estratifikazioa mantenduko da (fokuaren fluxutik gora).

Fokuaren fluxutik behera dauden erabiltzaileek eta ibilgailuek tunela ebakuatu ondoren, keak noranzko horretan barreiatzeko. Sorburuaren goiko aldean dauden gainerako erabiltzaileak tuneleko sarreratik irtengo dira.

Norabide bakarrek tunelen kasuan, kontroleko algoritmoak egiteko, gutxienez hiru kokapen nagusi aztertu beharko dira, horietako bakoitzean kasurik okerrera bilatuz betiere:

- Sarrerako ahotik hurbil.
- Irteerako ahotik hurbil.
- Tunelaren erdian.

Aztertu beharreko kokapen-kopuruek gora egin behar dute zehaztapen geometrikoak edo teknikoak badaude (kea ebakuatzeko tximiniak, tunelaren irteerako edo sarrerako bide-adarrak...). Kokapen bakoitzean, sua dagoenean aireztapena martxan jartzeko modua aztertu beharko litzateke, eta aparte aztertuko lirateke trafiko arinaren kasua eta tunelaren barruan auto-pilaketak daudenean. Baldin eta auto-pilaketak urtean 5 aldiz gutxiago gertatuko direla justifikatzen bada, algoritmoari buruzko azterlanaren zatia alde batera utz daiteke tuneleko auto-pilaketak gertatzen direnean.

Auto-pilaketak gertatzen direnean, garrantzitsua da keen estratifikazioari eustea; hori lortu ahal izateko, airearen abiadura kontrolatuta behar da. Ahal dela ez dira piztuko aire-fluxu zurrumbilotsua sor dezaketen eta sua sortu den tokitik hurbil dauden haizagailuak; hortaz, suaren sorburutik urrun dauden haizagailuak martxan jartzea gomendatzen da, ahal dela suaren beheko partean.

Azterlan osoa egin ahal izateko, aireztapenaren algoritmoak aldaketak aurreikusitako beharko dira baldin eta sua gertatzen bada norabide bakarrek tunelean, non tunelak, mantentze-lanak direla-eta, bi norabideko erregimenean funtzionatzen duen. Salbuespenezko kasu honetan, auto-pilaketak alde batera utz daitezke, zeren eta mantentze lanak trafikoaren dentsitatea txikia denean egiten baitira beti.

5.5.2. *Funcionamiento normal*

En lo anteriormente expuesto, puede verse que durante el funcionamiento Normal o Ventilación Sanitaria, los equipos funcionarán de acuerdo a la concentración de gases y humos presentes en el túnel, procedentes de la continua emisión de los automóviles. Esta actuación será preferentemente de forma automática y de acuerdo a unos determinados criterios de explotación y umbrales de referencia anteriormente prefijados, es decir, función de los niveles de CO, NOx, y Opacidad. También se tendrá en cuenta las horas de funcionamiento de cada ventilador, de tal forma que se consiga que todos los ventiladores trabajen un número de horas aproximadamente iguales.

5.5.3. *Funcionamiento de emergencia*

En condiciones de Emergencia, en las cuales es necesario controlar los humos del incendio a fin de facilitar tanto la evacuación de los usuarios como la entrada al túnel del personal de rescate, el funcionamiento de los ventiladores será en función del manual de explotación y de acuerdo a las distintas asunciones en cuanto a la situación del fuego, es decir bien próximo a cualquiera de las bocas o en la parte central o intermedia según longitud.

Con este fin, deberá realizarse un estudio específico para el control de los humos en caso de incendio. En él se determinará cómo deberá actuar la ventilación dependiendo de la localización del fuego. El estudio concluirá con un algoritmo que se debe implementar en el software de control para un correcto funcionamiento de forma automática en caso de que haya un incendio y se confirme el incidente y su localización.

En el diseño de los algoritmos de ventilación en caso de incendio hay que considerar que aquellos ventiladores que se encuentren a menos de 10 diámetros hidráulicos del foco estarán fuera de servicio, por lo que no se podrá disponer de ellos.

Como norma general, y como ya se ha comentado, en los túneles unidireccionales, sin congestión, se deberá arrancar la ventilación siguiendo el protocolo de ventilación del manual de explotación, en el sentido de la circulación, manteniendo la estratificación durante la recuperación del retroceso de los humos (aguas arriba del foco) producida durante los primeros instantes del incendio.

Una vez que los vehículos y usuarios que se encuentren aguas abajo del foco hayan evacuado el túnel, se produzca un arrastre de humos en esa dirección. El resto de usuarios que se encuentren aguas arriba del foco evacuarán por la entrada del túnel.

En el caso de túneles unidireccionales, para la realización de los algoritmos de control, se debe estudiar al menos tres posiciones representativas, buscando el caso más desfavorable dentro de cada una de ellas:

- Próxima a la boca de entrada.
- Próxima a la boca de salida.
- En el medio del túnel.

El número de posiciones a estudiar deben aumentar en el caso de la existencia de especificidades geométricas o técnicas (chimeñas de evacuación de humos, ramales de acceso o salida en el interior del túnel...). Para cada posición se debe estudiar cómo se accionaría la ventilación en caso de incendio, analizando por separado tanto el caso de tráfico fluido como el supuesto de que haya retenciones en el interior del túnel. Si se justifica que en el túnel se van a producir menos de 5 retenciones al año se podrá obviar la parte del estudio del algoritmo en caso de retenciones en el túnel.

En caso de tráfico con retenciones es importante mantener la estratificación de los humos, esto se consigue con una velocidad del aire controlada. Se evitará accionar los ventiladores próximos al foco que crean flujos de aire turbulentos, por tanto se recomienda poner en servicio aquellos ventiladores que se encuentren alejados del foco y preferiblemente aguas arriba del incendio.

Para realizar un estudio completo, se debe prever las variaciones en el algoritmo de ventilación en el caso de que se produzca un incendio en un túnel unidireccional que por motivos de mantenimiento funcione en régimen bidireccional. En este caso atípico se puede obviar las retenciones porque el mantenimiento siempre se realizará en situación de baja densidad de tráfico.

5.6. Galerien aireztapena kontrolatzeko sistemak

Instalazio honek, hasiera batean, larrialdietan funtzionatuko du soilik. Hala eta guztiz ere, galeria ohiko funtzionamenduan aireztatu ahal izateko, martxan jar daitezke maiztasun jakin batekin, ustiapenaren eskuliburuan ezarritakoaren arabera.

Funtzionatzeko modua

Esan bezala, instalazio bat dago tunel-zulo bakoitzean. Sua ez dagoen tunel-zuloari esleiturikoan jardun beharko da.

Sua detektatzen bada tunel-zuloren batean, zulo horretatik aire garbia xurgatzen duen haizagailua jarriko da martxan, halako molde non airea, era berean, suebakiaren konportatik eta gainpresioetik irtengo baita; izan ere, galeria eta sua dagoen tunel-zulok lotzen baititu konportak. Horretarako, sua dagoen tunel-zuloko airea xurgatzen duen haizagailua geldirik egongo da, eta itxita egongo dira haizagailuarena berarena eta irteerakoa gainpresioa dela eta.

6. TUNELAREN AIREZTAPEN SISTEMA DISEINATZEKO IRIZPIDEAK

6.1. Sarrera

Atal honen xedea da diseinatu beharreko proiektuan kontuan izan behar diren diseinu irizpideak zehaztea, tunel osoaren segurtasun parametroak bete daitezzen eta, hortaz, ebakuazio-galeriak eta gela tekniko erantsiak barne direla.

Erabiltzaileak, pertsonalak, arlo teknikoetan kokaturiko ekipoak eta elementuak eta transformazio zentroak funtzionamendu normalean edo larrialdietan egokiak izango diren ingurumen-baldintza egokietan egongo dira, eta diseinatu beharreko aireztapen sistemak hori lortzeko beharrezko baldintzak bete beharko ditu.

6.2. Tunelaren aireztapenaren gaineko hasierako oharra

Tunelaren berezko parametroak kontuan izanik, hau da, geometriaren aldetik (seksioa, luzera, malda, etab.), zein zirkulazioaren, egoera geografikoaren eta abarren aldetik dauden parametroak, ezinezkoa da ezarri beharreko aireztapena definitzea horiek parametro guztiak kontuan izan barik. Horrek esan nahi du ezen, parametro jakin batzuk dituen tunel batean nahikoa izan badaiteke ere, beste sistema batzuk kontuan izanik ezinbestekoa dela aireztapen behartua erabiltzea. Kasu honetan, aireztapen sanitarioko edo aireztapen normaleko edo sua dagoenean izan behar den aireztapeneko beharrak hartu beharko dira kontuan. Hori dela eta, hurrengo atalean adierazitakoa gorabehera, ezarritako sistema justifikatuko duen azterlana egin daiteke.

6.2.1. Aireztapen sanitarioa

Arauan esan den bezala, hauexek dira eragina duten eta beraz aireztapen sanitarioari buruzko azterlanean kontuan izan behar diren parametroak: trafikoaren norabidea eta intentsitatea, tunelean onartutako gehieneko abiadura, tunelaren luzera eta malda, tune-laren batez besteko altitueda, ibilgailu astunen ehunekoak eta inguruetan nagusi den haizea.

Horiek parametro guztiak aintzat hartuta, tunelean modu naturalean edo pistoi-efektuaren eraginez mugi daitekeen emaria edo haizeak eragindako emaria lortzeko parte hartzen duten faktoreak kalkula daitezke. Abiapuntu hori izanik, eta legeria eta, beraz, onartutako kutsadura aintzat hartuta, aireztapen naturala aireztapen sanitario gisa nahikoa izan daitekeen edo horretarako aireztapen behartua behar den jakiteko modua izango da.

Aireztapen sanitarioaren beharrak, hasiera batean, dokumentu honetako 4.7. atalean agertzen direnak izango dira.

6.2.2. Larrialdietako aireztapena

Lehenago esanenez, sistemaren helburua egoera honetan, funtsean, sutetik datorren kea kontrolatzea da. Hala eta guztiz ere, larrialdia eragin dezaketen bestelako gorabehera-motak ere izan

5.6. Sistemas de control de la ventilación de galerías

En principio esta instalación solamente funcionará en emergencia. No obstante, con el fin de poder ventilar la galería en funcionamiento normal, podrán ponerse en funcionamiento con una determinada periodicidad, de acuerdo al Manual de Explotación

Modo de funcionamiento

Como ya se ha indicado, para cada tubo existe una instalación. La actuación corresponderá a la asignada al tubo en el que no existe incendio.

Cuando exista detección en uno de ellos, se pondrá en funcionamiento el ventilador que aspira del tubo con aire limpio, de forma que el aire saldrá asimismo por la compuerta cortafuego y de sobrepresión que la galería conecta con el propio tubo sin incendio. Para ello, el ventilador que aspira del tubo con incendio permanecerá parado, y las compuertas de incendios de ese tubo, la del propio ventilador y la de salida por sobrepresión, permanecerán cerradas.

6. CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL TÚNEL

6.1. Introducción

El presente apartado tiene por objeto definir los criterios de diseño a tener en cuenta en el proyecto a diseñar, a fin de cumplir con los parámetros de seguridad del conjunto del túnel, incluyendo por tanto las galerías de evacuación y los cuartos técnicos anexos.

El Sistema de Ventilación a diseñar deberá cumplir con los requisitos necesarios para conseguir que los usuarios, el personal empleado, así como los equipos y elementos situados en las áreas técnicas, tal como los centros de transformación, se encuentren en las condiciones ambientales adecuadas a la situación de funcionamiento tanto Normal como en Emergencia.

6.2. Consideraciones iniciales sobre la ventilación del túnel

Teniendo en cuenta los distintos parámetros característicos del túnel tanto desde el punto de vista geométrico, (sección, longitud, pendiente, etc.), como de circulación, situación geográfica, etc., la ventilación a implantar no es posible definirla sin contar con todos ellos. Ello significa que si bien para un túnel con unos determinados parámetros, pudiera ser suficiente una ventilación de tipo natural, la consideración de otros obliga a la utilización de ventilación forzada. En este caso, se tendrán en cuenta las distintas necesidades que concurren en una ventilación sanitaria o normal, o en una situación de fuego. Por esta razón, a pesar de lo indicado en el siguiente apartado, deberá realizarse un estudio que justifique el sistema implantado.

6.2.1. Ventilación sanitaria

Como ya se indica en la norma, los parámetros que influyen y que por tanto deberán ser tenidos en cuenta en el estudio de la ventilación sanitaria son: dirección e intensidad del tráfico, velocidad máxima admitida en el túnel, longitud y pendiente del túnel, altitud media del túnel, % de vehículos pesados, y el viento dominante en la zona.

Teniendo en cuenta todos estos parámetros podrá calcularse los factores que intervienen en la obtención del caudal que de forma natural se moverá dentro del túnel, o consecuencia del efecto pistón, o el originado por el viento. Partiendo de ello, y teniendo en cuenta la legislación y por tanto la contaminación admitida, podrá conocerse si la ventilación natural puede ser suficiente como ventilación sanitaria o si para ello es necesario disponer de una ventilación forzada.

En principio se considerarán como necesidades de Ventilación Sanitaria, las indicadas en el apartado 4.7. del presente documento.

6.2.2. Ventilación de emergencia

Como ya se ha comentado anteriormente, la finalidad del Sistema en esta situación es fundamentalmente el control del humo procedente de un posible incendio. No obstante, también deberá

beharko dira kontuan, non aireztapena garrantzitsua izan daitekeen, hala nola gas toxikoak igortzen dituzten produktuen isurketa.

Larrialdi-egoera aztertu ahal izateko, ondoren azalduko den puntu hau izan beharko da kontuan.

6.2.2.1. Kearen jokabidearen gaineko azterlana

Jarraian, kearen jokabidea eta mugitzeko abiadura ikus daiteke, eta, beraz, ebakuazioan erabil daitekeen denbora.

Kearen jokabidea			
	Aireztapen beharturik ez	Batezb. potentzia Ert. (20 Mw)	Altua (50 Mw)
Goiko aldeko hedapen-abiadura	2 - 2,5 m/s		
Gehieneko luzera	800 m		
Erori gabe ematen duen denbora	7 min (Max. 10 min)	5 - 6 min	3 - 4 min
Kea jaisten hasi		5 min	3 min
daKak sekzio osoa hartzen du		6 min	4 min
Kearen batezb. abiadura		2,2 m/s	3,4 m/s
Kearen gehieneko abiadura		3,8 m/s	5,2 m/s

6.2.3. Giroko parametroak

Proiektua garatzeko abiapuntu gisa, kontuan izango dira hai-zagailuen eta sistemako gainerako osagaien ezaugarriak definitzeko egin beharreko kalkuletan eragina izango duten parametroak. Adibidez, bultzadaren definizioan, garrantzitsua da bideraturiko airearen dentsitatea zein den jakitea; hori dela eta, honako parametro hauek zein diren jakin beharra dago:

- Kokapen geografikoa.
- Kanpoko baldintza klimatikoak, tenperatura eta hezetasuna.
- Harguneen inguruetan nagusitzen diren haizeak

6.2.4. Barneko giroko baldintzak

Giroko zarataz gain, aireztapen sistemarekin lotura zuzena duten hiru parametro daude: tenperatura, airearen abiadura eta giroko kalitatea.

6.2.4.1. Tenperaturak, normala eta larrialdietakoa

Tunelaren ohiko funtzionamenduaren aldetik, aireztapen sistemaren kontrolpean ez dagoen parametroa da tenperatura, ez tunelakoa, ez ebakuazio-galerietakoa.

Hala ere, tunelaren barruko gela teknikoetan, transformadoreen gelan adibidez, finkatu beharreko gehieneko tenperatura bat egongo da, eta kontuan hartu beharko da tunelaren barruan beroa sortzen duen gune gisa jarduera-protokoloak definitzerakoan, aireztapen sanitarioarekin, eta horren araberakoa izango da jarri beharreko haizagailuen emaria, zertarako-eta giroko egoera egokietan lan egiteko, bero gehiegi dagoela-eta transformadorearen babesa ez betetzeagatik arazorik egon ez dadin, baina ezaugarri horrek ziurtatuta egon beharko du tunelaren barruko gela teknikoetan eta transformazio-zentroen diseinuan.

Elektrizitatearen JTak gomendatzen du tunelaren barruko transformadoreak lehorrak izan daitezela eta olio bidezko hoztea ez erabiltzea. Ekipo elektrikoaren fabrikatzaileak datu zehatzik eman ezan, gela horietan kontsideratu beharreko giroko gehieneko tenperatura 40°C-koa da.

EES gela bat badago, aire egokitua eduki beharko du bertan.

Larrialdiari dagokionez, pertsonak ebakuazioak iraun bitartean jasan behar duten giroko gehieneko tenperatura 80°C-koa izango da; hori dela eta, premisa horretan oinarrituta egongo da ebakuazioari buruzko azterlana.

tenerse en cuenta otro tipo de incidentes que puedan causar una emergencia en los que la ventilación pueda tener importancia, como podría ser un vertido de productos con desprendimiento de gases tóxicos.

Para el estudio de la situación de Emergencia, deberán tenerse en cuenta el punto siguiente..

6.2.2.1. Estudio del comportamiento del humo

A continuación puede verse comportamiento del humo y la velocidad del desplazamiento del mismo, y por tanto, el tiempo posible a utilizar durante una evacuación.

Comportamiento del humo			
	Sin ventilac. Forzada	Con potencia Media (20 Mw)	Con potencia Alta (50 Mw)
Velocidad expansión humo parte superior	2 - 2,5 m/s		
Longitud Max	800 m		
Tiempo que se mantiene sin caer	7 min (Max. 10 min)	5 - 6 min	3 - 4 min
El Humo empieza a bajar		5 min	3 min
El Humo ocupa toda la sección		6 min	4 min
Velocidad media del humo		2,2 m/s	3,4 m/s
Velocidad max del humo		3,8 m/s	5,2 m/s

6.2.3. Parámetros ambientales

Como bases de partida para el desarrollo del proyecto, se tendrán en cuenta aquellos parámetros que tengan influencia en los cálculos a realizar para la definición de las características de los ventiladores y resto de componentes del sistema. Por ejemplo, en la definición del empuje es importante conocer la densidad del aire vehiculado, de ahí que sea necesario conocer parámetros como:

- Situación geográfica.
- Condiciones climáticas en el exterior, temperatura y humedad.
- Vientos dominantes en el entorno de las bocas.

6.2.4. Condiciones ambientales internas

Además del ruido ambiente, existen tres parámetros directamente relacionados con el Sistema de Ventilación, la temperatura, la velocidad del aire y la calidad ambiental.

6.2.4.1. Temperaturas, normal y emergencia

Desde el punto de vista del Funcionamiento Normal del túnel, la temperatura es un parámetro que no se encuentra bajo el control del Sistema de Ventilación, ni en el túnel ni en las galerías de evacuación.

No obstante, en los cuartos técnicos que se localicen en el interior del túnel, como por ejemplo, la sala de los transformadores, existirá una temperatura máxima a fijar, que se deberá tener en cuenta como foco de generación de calor en el interior del túnel en la definición de los protocolos de actuación con la ventilación sanitaria y de la cual dependerá el caudal de los ventiladores a disponer, a fin de que estos trabajen dentro de las condiciones ambientales adecuadas y evitar problemas de suministro de energía por saltar las protecciones del transformador, debido al exceso de calor, aunque esta característica deberá estar asegurada en el diseño de los centros de transformación y cuartos técnicos de interior del túnel.

La IT de electricidad recomienda que los transformadores de interior del túnel sean secos y se evite la refrigeración por aceite. A falta de datos concretos suministrados por el fabricante de los equipos eléctricos, la temperatura máxima del ambiente a considerar en estas salas será de 40°C.

En caso de que existiese una sala SAI, ésta deberá disponer de Aire Acondicionado

En cuanto a la situación de Emergencia, se considera que la temperatura máxima del ambiente a soportar por las personas durante la evacuación será de 80°C, motivo por el cual, el estudio de evacuación estará basado en esta premisa.

6.2.4.2. Airearen kalitatea, normala eta larrialdietakoa

Parametro hau, beharbada, erabiltzailearentzat garrantzitsuena da tunelean dagoen edozein egoeratarako. Jakina, maila onargarriak, ordea, ezberdinak izango dira egoeraren arabera.

Ohiko funtzionamenduak iraun bitartean, halako diluzioa lortu behar du aireztapenak non mailek ez baitituzte gaintutiko ondoko taulan agertzen diren balioak; balio horiek, berez, diluzio-emaia kalkulatzeko abiapuntuak izango dira.

Ke eta gasen diluzio muga onargarriak			
Tunel-mota	Zirkulazio arina (100 km/h)	Zirkulazio arina (60 - 80 km/h)	Trafiko-pilaketa
CO maila			
Ez hirikoa	<50 PPM	<50 PPM	150 - 200 PPM
Hiri-eremuak	<50 PPM	<50 PPM	100 - 150 PPM (250 lantzean behin)
Kea dagoen ikuspenaren K lim faktorea			
Edozein	0,005 m-1	0,005 - 0,007 m-1	0,007 - 0,009 m-1

Baldin eta ikuspena murrizten bada K lim faktorea 0,012 m-1-ra iritsi arte, itxi egingo da tunela.

Larrialdietarako aireztapenaren kasuan, abiadura kritikoari buruzko azterlana eta tunelaren sekzioa izango dira emaria kalkulatzeko oinarriak, zeren eta, horrela, suaren goiko urek kerik gabeko giroa izango baitute.

Nahiz eta haizagailuen beharrezko emariaren kalkulua larrialdietan, oro har, tunelaren batez besteko 3 m/s-ko arraste-abiadura abiapuntua izanik egiten den, abiadura kritikoa kalkulatu behar da; izan ere, abiadura hori haizagailuak hautatzeko kontuan hartu beharreko gutxieneko balioa izango da. Jarraibide egokian ikus daiteke kalkulua egiteko metodoa.

6.2.4.3. Airearen abiadurak, normala eta larrialdietakoa

Balio hauek izango dira kontuan.

Aintzat hartu beharreko airearen abiadurak		
Kontzeptua	Gutx. abiad.	Geh. abiad.
<i>Tunela</i>		
Funtzionamendu normala	Beharrezkoa, diluzio emariaren gainean	11 m/s
Larrialdietako funtzionamendua	Abiadura kritikoa	11 m/s
<i>Ebaluazio galeriak eta aterpeak</i>		
Giro orokorra	0,25 m/s	11 m/s
Tunel-zuloak	6 - 10 m/s	
Inputso saretoak	2,5 - 4 m/s	
Ebaluazio saretoak	4 m/s	

6.2.4.4. Haizagailuaren emaria eta presioa

Tunelaren girorako eskatzen diren gasak eta keak diluitzeko behar den emariaren kalkuluetatik aterako da aireztapen sanitarioaren emaria. Larrialdietarako aireztapenean, suak eragindako keak arrastatzeko behar den abiadura kritikoari buruzko azterlana izango da kalkularen oinarria.

6.3. Ebakuazio-galerien aireztapenari buruzko ohar orokorrak

Galerien egoera zehaztu ondoren, izan beharreko giroaren alde-tik kontuan hartu beharreko irizpideak ere zehaztu beharko dira.

6.3.1. Suebakiak atek

Nahiz eta sektorizazioaren gaia suaren kontrako babesaren sistemaren barruan kokatu, horixe izango da lehen irizpidea, hots, galeriek ate suebakiak izango dituzte bi tunel-zuloekiko komunikazioan.

6.2.4.2. Calidad del aire, normal y emergencia

Este parámetro es tal vez el más importante para el usuario en cualquiera de las situaciones en las que se encuentre el túnel, aunque lógicamente los niveles aceptables serán distintos en función de la situación.

Durante el Funcionamiento Normal, la ventilación deberá conseguir una dilución tal, que los niveles no sobrepasen los valores que se indican en la siguiente tabla, los cuales por tanto serán la base de partida para los cálculos del caudal de dilución.

Limites admisibles en la dilución de humos y gases			
Tipo de túnel	Circulación fluida (100 km/h)	Circulación fluida (60 - 80 km/h)	Circulación parada
Nivel de CO			
No urbano	<50 PPM	<50 PPM	150 - 200 PPM
Urbano	<50 PPM	<50 PPM	100 - 150 PPM (250 esporádico)
K lim de visibilidad por Humos			
Cualquiera	0,005 m-1	0,005 - 0,007 m-1	0,007 - 0,009 m-1

En caso de que la visibilidad se reduzca hasta que el factor K lim alcance 0,012 m-1, deberá cerrarse el túnel.

En el caso de la Ventilación de Emergencia el caudal estará basado fundamentalmente en el estudio de la velocidad crítica y la sección del túnel, puesto que con ello la zona aguas arriba del incendio dispondrá de aire ambiente sin humo.

Aunque el cálculo del caudal necesario de los ventiladores en situación de emergencia suele realizarse de forma genérica partiendo de una velocidad de arrastre de 3 m/s de velocidad media en el túnel, deberá realizarse el cálculo de la velocidad crítica, la cual será el valor mínimo a tener en cuenta para la elección de dichos ventiladores. El método de cálculo puede verse en la correspondiente instrucción.

6.2.4.3. Velocidades del aire, normal y emergencia

Se tendrán en cuenta los siguientes valores.

Velocidades de aire a considerar		
Concepto	Veloc. mín.	Veloc. max.
<i>Túnel</i>		
Funcionamiento Normal	Necesaria, s/ caudal dilución	11 m/s
Funcionamiento en Emergencia	Veloc. Crítica	11 m/s
<i>Refugios y galerías de evacuación</i>		
Ambiente general	0,25 m/s	11 m/s
Conductos	6 - 10 m/s	
Rejillas de impulsión	2,5 - 4 m/s	
Rejillas de evacuación	4 m/s	

6.2.4.4. Caudal y presión del ventilador

El caudal de Ventilación Sanitaria se deducirá de los cálculos del caudal necesario a vehicular para conseguir la dilución de gases y humos exigidos para el ambiente del túnel. Para la Ventilación de Emergencia, el cálculo estará basado en el estudio de la velocidad crítica necesaria para el arrastre de los humos producidos por el incendio.

6.3. Consideraciones generales sobre la ventilación de galerías de evacuación

Una vez definida la situación de las galerías, es necesario así mismo definir los criterios a tener en cuenta desde el punto de vista del ambiente que deban tener.

6.3.1. Puertas cortafuego

Aunque el tema de la sectorización se encuadra dentro del Sistema de Protección Contra Incendios, este será el primer criterio, es decir las galerías dispondrán de puertas cortafuegos en su comunicación con ambos tubos.

6.3.2. Barneko giroaren kontrola

Eutsi beharreko giroari dagokionez, honako parametro hauek izan beharko dira kontuan: galeriaren gainpresioa, saretoetatik igarotzean dagoen abiadura eta abiadura terminala, zuloen diseinuaren abiadura.

6.3.2.1. Giroko airea berritzea

Larrialdi-egoeran, eta giroa muga onargarrien barruan mantentzeko, orduko 6 berriztapeni dagokien emaria sustatuko da galerian.

Gainerako kasuetan, ustiatzailea izango da airea baldintza onargarrietan mantentzeko arduraduna.

6.3.2.2. Tunel-zuloekiko presio diferentziala

Suteko kerik sar ez dadin, gainpresio txikia izango da bi zuloekiko edo kanpoko aldearekiko. Balio hori gutxienez 8 mm.c.a-koa izango da.

6.3.2.3. Airearen abiadurak tunel-zuloetan eta elementu terminaletan

6.2.4.3. atalean ezarritako balioak izan beharko dira kontuan zuloen eta saretoen neurriak zehazterakoan.

6.3.2.4. Giroko airearen abiadurak

Okupazio-guneko airearen abiadura gehienez 2 m/s-raino hartuko da baliozkotzat.

6.3.3. Suebakien konportak

Esan bezala, suaren kontrako konportak jarriko dira tunel-zuloekiko komunikaziorako hormak zeharkatzen dituzten zuloetan zein airea itzultzeko zuloetan.

7. AURRETIAZKO AZTERKETA-OINARRIZKO PROIEKTUAREN FASEA**7.1. Ohar orokorrak**

Proiektua egiteko, lehenengo eta behin kalkulu egokiak egin behar dira, betiere abiapuntuko oinarrietatik hasita, hala nola, ezau-garri geometrikoak, trafikoa, etab.

Atal honen xedea da araua betetzeko beharrezko kalkuluak egiterakoan kontuan izan beharreko abiapuntuko oinarriak adieraztea, baita ekipo nagusien zehaztapenak, muntaketa, martxan jartzea eta instalazioaren ustiapenaren oinarritzko zehaztapenak definitzea ere.

7.2. Aireztapen naturala

Aireztapen naturala kalkulatzeko, lehenengo eta behin aireztapen naturalean parte hartzen duten parametroak edo faktore nagusiak hartu beharko dira aintzat eta matematikoki aztertu beharko da horien arteko erlazioa; oinarri hori izanik, aireztapen naturala kasu bakoitzean nahikoa den ala ez ondorioztatuko da.

Hauexek dira kontuan hartu beharreko faktore nagusiak:

a) *Trafikoaren norabidea*: Trafikoak sortutako pistoi-efektua eta, beraz, horren aireztapena guztiz ezberdina da norabide bakoitzeko edo bi norabideko tuneletan.

b) *Trafikoaren intentsitatea*: Intentsitatea handitzen bada, tunelean sartzen den gas kopuruak ere gora egiten du; eta trafikoa handitzeak, aldiz, pistoi-efektua areagotzen du norabide bakoitzeko tuneletan.

c) *Tunelean onartutako gehieneko abiadura*: Parametro honen eragina aurreko atalean adierazitakoaren antzekoa da.

d) *Tunelaren luzera*: Erlazio zuzena dago tunelaren luzeraren eta tiro naturalari kontra egiten dion karga-galeraren artean.

e) *Harguneen arteko koten diferentzia*: Zuzenean hartzen du parte aireztapen naturalean.

f) *Tunelaren malda*: Tunelaren malda zenbat eta handiagoa izan, orduan eta gas kantitate handiagoa izango da tunelean, ibilgailuen erregaien kontsumoak gora egiten duelako.

6.3.2. Control del ambiente interior

En cuanto al ambiente a mantener, los parámetros a tener en cuenta serán, la sobrepresión de la galería, la velocidad a su paso por las rejillas y velocidad terminal, así como la velocidad de diseño de los conductos.

6.3.2.1. Renovación del aire ambiental

En situación de emergencia y con el fin de mantener al ambiente dentro de unos límites aceptables, se impulsará a la galería el caudal correspondiente a 6 renovaciones por hora.

En el resto de casos, el explotador será el responsable de mantener el aire en condiciones aceptables.

6.3.2.2. Presión diferencial respecto a los tubos

Con el fin de evitar entradas de humos procedentes del incendio, deberán mantenerse en ligera sobrepresión respecto a ambos tubos o exterior. Este valor no será inferior a 8 mm.c.a

6.3.2.3. Velocidades del aire en conductos y elementos terminales

En el dimensionamiento de los conductos y rejillas, deberán considerarse los valores: ya indicados en el apartado 6.2.4.3.

6.3.2.4. Velocidades del aire ambiente

La velocidad del aire en la zona de ocupación se considerará válida hasta 2 m/s

6.3.3. Compuertas cortafuego

Como ya se ha indicado, se instalarán compuertas cortafuego tanto en los conductos que atraviesen las paredes de comunicación con los tubos, como en los huecos de retorno de aire.

7. ANALISIS PRELIMINAR- FASE DEL PROYECTO BÁSICO**7.1. Generalidades**

Para la realización del proyecto, en primer lugar deberán realizarse los correspondientes cálculos, partiendo de las bases de partida, como son, características geométricas, tráfico, etc.

El presente apartado tiene como objetivo indicar las bases de partida a tener en cuenta en los cálculos necesarios para el cumplimiento de la norma, así como especificar de forma básica las especificaciones de los equipos principales, el Montaje, Puesta en Marcha y Explotación de la instalación.

7.2. Ventilación natural

Para el cálculo de la ventilación natural se deberán considerar en primer lugar los parámetros o factores principales que intervienen en la ventilación natural, y analizar de forma matemática la relación entre ellos deduciendo con esa base si dicha ventilación natural es suficiente en cada caso.

Los principales factores a tener en cuenta son los siguientes:

a) *Dirección del tráfico*: El efecto pistón producido por el tráfico y por tanto la ventilación que produce, es totalmente distinta en el caso de túneles unidireccionales o bidireccionales.

b) *La intensidad del tráfico*: Al aumentar la intensidad, aumenta la cantidad total de gases que se introducen en el túnel, y contrariamente el incremento del tráfico aumenta el efecto pistón en túneles unidireccionales.

c) *Velocidad máxima admitida en el túnel*: La influencia de este parámetro es similar a lo indicado en el apartado anterior.

d) *La longitud del túnel*: Existe una relación directa entre la longitud del túnel con la pérdida de carga que se contrapone al tiro natural.

e) *Diferencia de cotas entre las bocas*: Interviene directamente en la ventilación natural.

f) *Pendiente del túnel*: La mayor pendiente del túnel aumenta la cantidad de gases en el túnel por un aumento del consumo de combustible en los vehículos.

g) Tunelaren batez besteko altuera. Eragin txikia badu ere, horren araberakoak izango dira oro har ingurunearen klimaren egoera eta, beraz, mugimenduan den airearen dentsitatea; izan ere, faktore horrek eragina du aireztapenean airearen mugimenduaren kontrako erresistentziari dagokionez.

h) Inguruan nagusitzen den haizea. Parametro honek zuzenean izango du eragina gainerako faktoreen arabera, gehienbat trafikoaren noranzkoaren arabera. Haizea parametro aldakorra denez gero, inguruko datuen edo azterlanen edo araudiaren bidez ezagutzen den balioarekin egingo da kalkulua erabakia hartzeko.

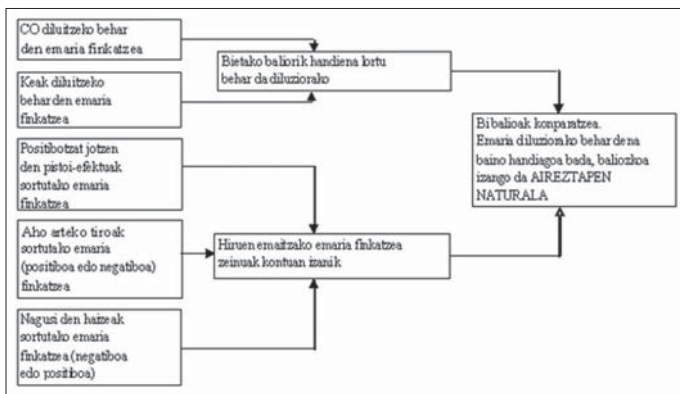
i) Ibilgailu astunen ehunekoak. Era horretako ibilgailuek kutsadura handiagoa sortzen dute; abiapuntutzat hartu behar da kontuan faktore hori.

j) Legeria Horren guztiarengandik ondoriozta daiteke zein izan daitekeen lor daitekeen aireztapen naturala. Aitzitik, tunelean zein diluzio lor daitekeen adieraziko zaigu soilik eta, beraz, beharrezkoa izango da harekin lotura zuzena duen legeria ezagutzea; hala, lorturiko diluzioa arautegiaren aldetik onargarria den ala ez ondorioztatzeko modua izango da.

Azaldutako parametro horiek konbinatuta eta aztertuta, aztertu beharreko tunelean aireztapen naturala izan daitekeen ala ez ondorioztatu ahal izango da, betiere tunelerako nahikoa segurua den aireztapentzat jotzeko.

Kalkulu metodoa

Ondoko fluxu-diagraman aireztapen naturala baliozkotzat ematea edo ez ahalbidetzen duen kalkuluaren garapena ikus daiteke.



Hurrengo ataletan adierazitako eskakizun guztiei buruzko azterketa egingo da.

7.2.1. CO diluitzeko beharrezko emaria

Kalkulu horietarako eskatzen diren datuak dira trafikoari dagozkion datuak (ordu bakoitzeko ibilgailuak, astunak zein arinak) eta tunelean baimendutako gehieneko abiadurak. Halaber, kontuan izan behar da tunelaren geometria (luzera, malda desberdinak dituzten tartekak, etab.).

Motorrek igorritako karbono monoxidoaren kontzentrazioa mugatuta izateko behar den emaria kalkulatzeko da, eta gainera ia kasu guztietan nitrogeno oxidoak diluitzeko gai ere bada.

Hauxe da erabili beharreko formula orokorra:

$$Q_{CO} = \frac{q_{CO} \cdot F_h \cdot F_i \cdot F_v \cdot L \cdot N \cdot M \cdot 10^6}{\delta \cdot V \cdot 3.600} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Azalpena:

Q_{CO} = CO diluitzeko behar den aire freskoaren emaria (m^3/s).

q_{CO} = CO igorpena batezbesteko ibilgailuko ($\text{m}^3/\text{ordua}/\text{ibilgailua}/T$).

Kontsideraturiko abiaduraren arabera aldatzen da balio hori. Batez besteko igorpena galtzada horizontalean doan ibilgailu baterako denez gero, itsasoaren mailan eta denbora unitateko, benetako baldintzak zuzentzeko F_i , F_h eta F_v faktoreak erabiltzen dira.

g) Altitud media del túnel. Aunque su influencia es pequeña, de ella dependen en general las condiciones climáticas del entorno, y por tanto la densidad del aire en movimiento, factor que influye en la ventilación en relación con la resistencia al movimiento del aire.

h) Viento dominante en la zona. Este parámetro influirá directamente dependiendo del resto de factores, fundamentalmente de la dirección del tráfico. Puesto que el viento es un parámetro variable, el cálculo para la decisión, se realizará con el valor conocido por normativa o estudios o datos de la zona.

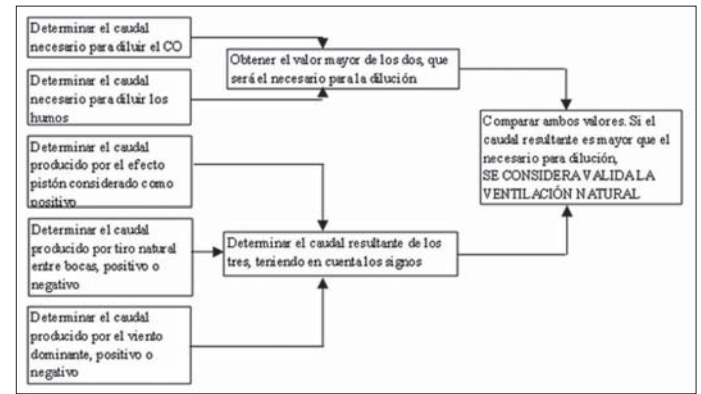
i) Porcentaje de vehículos pesados. Este tipo de vehículos producen una mayor contaminación, este factor deberá tenerse en cuenta como base de partida.

j) Legislación. De lo anteriormente expuesto, se podrá deducir cuál puede ser la ventilación natural que puede llegar a conseguirse. No obstante, ello solamente nos indica qué dilución se podrá conseguir en el túnel y por tanto será necesario conocer la legislación directamente relacionada con ella, que permita deducir si la dilución alcanzada es aceptable o no desde el punto de vista normativo.

De la combinación y estudio de los parámetros anteriormente expuestos, se podrá deducir si el túnel a estudio permite o no disponer de una Ventilación Natural que se considere suficientemente segura para dicho túnel.

Método de cálculo

En el siguiente diagrama de flujo puede verse el desarrollo de cálculo que permite validar o no una ventilación natural.



En los siguientes apartados se realiza un análisis de cada uno de los requerimientos que se indican.

7.2.1. Caudal necesario para dilución del CO

Los datos que se requieren para estos cálculos son, los datos del tráfico, (vehículos por hora, tanto ligeros como pesados), y sus velocidades máximas admitidas en el interior del túnel. Así mismo, deberá tenerse en cuenta la geometría del túnel (longitud, tramos de distintas pendientes, etc.).

Se calcula el caudal requerido para mantener limitada la concentración de monóxido de carbono emitido por los motores, siendo también capaz de diluir los óxidos de nitrógeno en prácticamente todos los casos.

La fórmula general a emplear es:

$$Q_{CO} = \frac{q_{CO} \cdot F_h \cdot F_i \cdot F_v \cdot L \cdot N \cdot M \cdot 10^6}{\delta \cdot V \cdot 3.600} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Siendo:

Q_{CO} = Caudal de aire fresco necesario para diluir el CO, en m^3/s .

q_{CO} = Emisión de CO por vehículo medio, en $\text{m}^3/\text{h}/\text{vehículo}/T$.

Este valor varía con la velocidad considerada. Dado que la emisión media es la dada para un vehículo circulando por una calzada horizontal, a nivel del mar y por unidad de tiempo, la corrección para las condiciones reales se hace mediante los factores F_i , F_h y F_v .

$F_h =$ *Altitudearen faktorea*: Faktore honetan CO igorpen diferentziak hartzen dira kontuan ibilgailua dagoen altueraren arabera itsasoaren altuerarekiko, zeren eta altitudearekin aldatu egiten baitira atmosferaren egoera, airearen dentsitatea eta aireak duen oxigeno kantitatea; hortaz, errekuntza ezberdina da.

F_h , berdin kontsideratzen da ibilgailu astunetarako zein autoetarako. Adierazpen honen bidez kalkulatzen da, altitudearen arabera.

$$F_h = 1 + 0,001 \cdot H$$

Non H itsasoaren mailaren gaineko altuera baita, metrotan adierazia.

$F_i =$ *Maldaren faktorea*: Faktore honek CO igorpen diferentziak hartzen ditu kontuan galtzadaren makurduren arabera.

Maldaren eraginez, motorrak potentzia handia behar du eta erregai gehiago erretzen du; hortaz, gas kopuru handiagoa sortzen du. (Malda handiagoan dauden marxa-aldaketek ere eragina dute, marxa txikiagoak erabiltzen baitira).

F_i maldaren koefizienteak balio berdinak hartzen ditu ibilgailu astunetarako eta autoetarako. F_i balioak adierazpen hauen bidez kalkula daitezke:

$$— i = < \%0 \text{ bada, } F_i = 1$$

$$— i > \%0 \text{ bada, } F_i = 1 + i/12$$

Non i malda ehunekotan ematen baita.

Malda positibotzat hartzen da ($i > 0$) igoera denean eta malda negatiboa ($i < 0$) jaitsiera denean.

Malda ezberdineko hainbat tarte badago tunelean, kalkuluak egingo dira tarte bakoitzerako, apartekoak, bakoitzak bere malda, luzera, etab. dituela, eta beharrezko guttizko emaria kalkulatzen da tarte bakoitzari dagozkion emari partzialak batuta.

$F_v =$ *Abiaduraren faktorea*: Faktore honek zirkulazioaren abiadura hartzen du kontuan, zeren eta abiaduraren arabera erregai kantitate ezberdina kontsumituko baita eta errekuntzako hondakin kopuru ezberdina sortuko baita. Ekuazio honen bidez lortzen da faktore hau:

$$V < 10 \text{ (km/h) bada}$$

$$F_v = 0,08 \cdot V$$

$$V \text{ 10 eta 60 (km/h) tartean badago}$$

$$F_v = 0,76 + 0,004 \cdot V$$

$$V \text{ 60 eta 90 (km/h) tartean badago}$$

$$F_v = 0,6 + 0,006667 \cdot V$$

$$V \text{ 90 eta 120 (km/h) tartean badago}$$

$$F_v = -0,6 + 0,02 \cdot V$$

V zirkulazio-abiadura. Errepideko tuneletan 60 km/h-ko abiadura hartu ohi da, eta 20 km/h ingurukoa hiriko tuneletan, eta trafikoko azkarra (arina) eta trafikoko astuna (astunak eta zenbait ibilgailu arin) bereiz daitezke.

$L =$ Tunelaren luzera km-tan, adierazia edo, hala denean, aztertu beharreko tuneleko tarteari dagokiona.

$N =$ Trafikoaren dentsitatea, orduko ibilgailu kopuruarekin emana.

Datu hori ez da zehatza eta finkoa; aitzitik, gutxi gorabeherako kalkuluetan oinarritzen da. Aurreikusitako gehieneko trafikoko orduari dagokion intentsitatea hartuko da, ibilgailu-motak kontuan izanik: arinak eta astunak.

$\delta =$ Onarturiko COren mugako proportzioa, milioiko partetan adierazia (MP).

Onarturiko COren mugako proportzioa, δ , 225 izan ohi da aireztapen longitudinalaren sistema hartzen bada, eta 150 beste sistema batekin.

Ondoko taulan onarturiko COren gehieneko MP mailak agertzen dira tunel-motaren arabera (hirikoa edo hiri artekoa) eta aurreikusitako zirkulazio-motaren arabera (auto-ilarak dituen edo arina). Aurrekoaren irizpide osagarria dakar.

$F_h =$ *Factor de altitud*: Este factor tiene en cuenta las diferencias de emisión de CO según la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el vehículo, ya que con la altitud varían las condiciones atmosféricas, la densidad del aire y su riqueza en oxígeno, con lo que la combustión es diferente.

F_h , se considera igual tanto para los vehículos pesados como para los turismos. Viene dado, en función de la altitud, de acuerdo a la expresión.

$$F_h = 1 + 0,001 \cdot H$$

Siendo H , la altura sobre el nivel del mar en (m).

$F_i =$ *Factor de pendiente*: Este factor tiene en cuenta las diferencias de emisión de CO según las distintas inclinaciones de la calzada.

La pendiente hace que el motor tenga que desarrollar mayor potencia, quemando más combustible y produciendo, por tanto, mayor cantidad de gases. (También influyen los posibles cambios de marcha a mayor pendiente, marchas más cortas).

El coeficiente de pendiente F_i , toma los mismos valores para vehículos pesados y para turismos. Los valores de F_i pueden calcularse mediante las expresiones:

$$— \text{Para } i = < 0\% \text{ } F_i = 1$$

$$— \text{Para } i > 0\% \text{ } F_i = 1 + i/12$$

Donde la pendiente, i , viene dada en tanto por ciento.

Se considera pendiente positiva ($i > 0$) cuando es subida, y pendiente negativa ($i < 0$) cuando se trata de bajada.

Cuando en el túnel existan varios tramos con distinta pendiente, se realizarán los cálculos para cada tramo por separado, con su pendiente, longitud, etc. y se calcula el caudal total necesario mediante la suma de los caudales parciales correspondientes a cada tramo.

$F_v =$ *Factor de velocidad*: Este factor tiene en cuenta la velocidad de circulación, dado que en función de ella se consumirá una distinta cantidad de combustible y se producirá una distinta cantidad de residuos de combustión. Este factor se obtiene mediante las ecuaciones:

$$\text{Si } V < 10 \text{ (km/h)}$$

$$F_v = 0,08 \cdot V$$

$$\text{Si } V \text{ entre 10 y 60 (km/h)}$$

$$F_v = 0,76 + 0,004 \cdot V$$

$$\text{Si } V \text{ entre 60 y 90 (km/h)}$$

$$F_v = 0,6 + 0,006667 \cdot V$$

$$\text{Si } V \text{ entre 90 y 120 (km/h)}$$

$$F_v = -0,6 + 0,02 \cdot V$$

La velocidad de circulación, V . Habitualmente se suele tomar 60 km/h, en túneles de carretera, y próxima a 20 km/h en túneles urbanos, pudiendo discriminarse tráfico rápido (ligeros), respecto a tráfico lento (pesados y parte de ligeros).

$L =$ Longitud del túnel en km, o en su caso, del tramo del túnel a estudio.

$N =$ Intensidad de tráfico, medida en vehículos por hora.

Este dato no es exacto y fijo, sino que se basa en estimaciones. Se tomará la intensidad correspondiente a la hora de máximo tráfico previsto, teniendo en cuenta los tipos de vehículos: ligeros y pesados.

$\delta =$ Proporción límite de CO admitida, expresada en partes por millón (ppm).

La proporción límite de CO admitida, δ , es habitualmente 225 si se adopta el sistema de ventilación longitudinal y 150 con otro sistema distinto.

La siguiente tabla muestra los niveles máximos de PPM admitidos de CO en función del tipo de túnel (urbano o interurbano), y del tipo de circulación prevista (congestionada o fluida). Representa un criterio complementario al anterior.

Onartutako gasen gehieneko kontzentrazioak

Tunel-mota	Zirkulazio-pilaketak	Zirkulazio arina
<i>Hiri arteko tunelak</i> (errepidea edo mendia)	150 - 200	100 - 150
<i>Hiriko tunelak</i> Ohiko pilaketak Pilaketa urriak	150 - 200 100 - 150	100 - 150 100 - 150

Ibilgailuko CO igorpena, esan den moduan, zirkulazio-abiaduraren arabera izango da. 60 km/h-koa toki laueta eta itsasoaren mailan; 0,6 eta 1 m³/h/ibilgailua/T-ko balioak hartzen dira herrialde bakoitzeko auto kopuruaren arabera.

Ondoko taula honetan, karbono monoxidoen eta nitrogeno oxidoen oinarritzko igorpenak agertzen dira, ibilgailuen igorpenen ingurua herrialde bakoitzean aplikatu beharreko arautegiaren arabera.

Substantzia kutsakorren oinarritzko igorpenak

Igorpenen legea	Kontrola	q ^o CO (m ³ /h, pc)	q ^o NO (g/h, pc)
Legerik ez	Bai	1 - 1.5	120
CEE R 15/04	Bai	0,7	120
CEE R 15/04	Bai	0,5	100
CEE R 89/458	Bai	0,16	60
FTP 75	Bai	0,12	40
Diesel motorea	—	0,08	40

V = Kotsideraturiko zirkulazioaren abiadura (km/h).

Errepideko tuneletan 60 km/h-ko abiadura hartu ohi da, eta 20 km/h ingurukoak hiriko tuneletan, eta trafiko azkarra (arina) eta trafiko astuna (astunak eta zenbait ibilgailu arin) bereiz daitezke.

M = Ibilgailuen tonak edo pisua (T).

Autoetarako eta ibilgailu astunetarako pisuak ezberdinak direnez gero, ibilgailu arinei dagokien aire-emia kalkulatu behar da beti eta beste emari bat ibilgailu astunei dagokienez, ondoren bi emariak batzeko. Horren ondorioz, trafikoaren dentsitatearen datuan zehaztu egin behar da orduko autoen kopurua eta ibilgailu astunen kopurua. Ibilgailu arinen batez besteko pisua tona batekoa da, eta ibilgailu astunetarako, berriz, 6 eta 30 tona bitartekoa, bide-motaren arabera.

7.2.2. Kea diluitzeko beharrezko emaria

Kea dagokionez, kea ikuspena zailtzen duen eragilea den aldeetik, ibilgailu arinek igortzen duten kea ez zaio garrantzirik ematen ibilgailu astunek igortzen dutenekin alderatuta. Hori dela eta, azken horiek hartzen dira kontuan kalkuluetan, autoen trafikoaren dentsitatea nahikoa altua bada ere.

Igorritako kearen eta aireko emariaren arteko gehieneko proportzioa ezartzea da kontua, keek atmosferan opakotasun handirik eragin ez dezaten: hain opakotasun handia, mugako balioa gaindituko baita. Ikusteko edo balaztatzeko distantzia delakoa ibilgailua geldiarazteko beharrezkoa den distantzia da, onartutako zirkulazio-abiaduraren arabera.

Ibilgailu astunek sortutako kean oinarritzko kantitatea, zirkulazioaren abiadura, galtzadaren malda, tunelaren luzera (edo kotsideraturiko tuneleko tarte), trafikoaren intentsitatea eta onartzen den gehieneko proportzioaren faktorea zein diren jakin beharra dago.

CO kalkulatzeko aurreko kasuan gertatu bezala, tunelak malda ezberdineko hainbat tarte baditu, tarte bakoitzari dagokion emaria kalkulatu da aparte eta gero emari partzial guztiak batuko dira.

Hauxe da erabili beharreko formula orokorra:

$$Q = \frac{q_{op} * Fh * Fiv * L * N_2 * M}{K_1 * V * 3.600} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Concentraciones de gases máximas admitidas

Tipo de túnel	Circulación congestionada o parada	Circulación fluida
<i>Túneles interurbanos</i> (carretera o montaña)	150 - 200	100 - 150
<i>Túneles urbanos</i> Congestión habitual Raramente congestión	150 - 200 100 - 150	100 - 150 100 - 150

La emisión de CO por vehículo medio depende, como se ha dicho, de la velocidad de circulación. 60 km/h, para terreno llano y al nivel del mar, se adoptan valores entre 0,6 y 1 m³/h/vehículo/T, en función del tipo de parque móvil de cada país.

La siguiente tabla muestra las emisiones básicas de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno contemplados según la normativa aplicable en cada país para las emisiones de los vehículos.

Emisiones básicas de contaminantes

Ley de emisiones	Control	q ^o CO (m ³ /h, pc)	q ^o NO (g/h, pc)
Ninguna ley	No	1 - 1.5	120
CEE R 15/04	No	0,7	120
CEE R 15/04	No	0,5	100
CEE R 89/458	Si	0,16	60
FTP 75	Si	0,12	40
Motor Diesel	—	0,08	40

V = Velocidad de circulación considerada en km/h.

Habitualmente se suele tomar 60 km/h, en túneles de carretera, y próxima a 20 km/h en túneles urbanos, pudiendo discriminarse tráfico rápido (ligeros), respecto a tráfico lento (pesados y parte de ligeros).

M = Tonelaje o peso de los vehículos en T.

El que los pesos sean distintos para turismos y vehículos pesados, hace que haya que calcular, siempre, un caudal de aire correspondiente a los vehículos ligeros y otro caudal correspondiente a los pesados para luego sumarlos. Esto exige que en el dato de intensidad de tráfico se tengan que especificar el número de turismos y el número de vehículos pesados por hora. Se adopta como peso medio de los vehículos ligeros 1 T y para los pesados valores entre 6 y 30 T, según el tipo de vía.

7.2.2. Caudal necesario para dilución de los humos

En lo que respecta a los humos, como agentes que dificultan la visibilidad, se considera que los emitidos por los vehículos ligeros son despreciables frente a la mayor cantidad que expulsan los vehículos pesados. Por esta razón sólo se tienen en cuenta estos últimos en los cálculos, pese a que la densidad de tráfico de turismos siempre es bastante más elevada.

Se trata de establecer una proporción máxima entre los humos emitidos y el caudal de aire, para que aquellos no produzcan una opacidad tan grande en la atmósfera que se sobrepase el valor límite por encima del cual el objeto que pudiera representar un obstáculo a la marcha ya no sería visto a tiempo para detener el vehículo. La distancia, llamada de visibilidad o de frenado, necesaria para detener el vehículo, es función de la velocidad de circulación permitida.

Se necesita conocer la cantidad elemental de humos producida por los vehículos pesados, la altitud, la velocidad de circulación, la pendiente de la calzada, la longitud del túnel (o tramo del túnel considerado) la intensidad de tráfico y el factor de proporción máxima que se admite.

Como en el caso anterior del cálculo del CO, si el túnel tiene varios tramos de distinta pendiente se calculará el caudal correspondiente a cada tramo por separado y luego se sumarán todos los caudales parciales,

La fórmula general a emplear es:

$$Q = \frac{q_{op} * Fh * Fiv * L * N_2 * M}{K_1 * V * 3.600} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Non hauxe baitugu:

Q = Aurreikusitako diluzioa lortzeko beharrezko airearen emaria, m³/s-tan adierazia.

q_{op} = Ke igorpenen oinarritzko balioa pisu unitateko, 2/h/ibilgailu eta tonatan adierazia.

Ibilgailu astun bakoitzak pisu unitateko igorritako keen kopurua da, qop, zirkulazioak abiaduraren, maldaren eta altitudearen arabera. Lur horizontalean, itsasoaren mailan eta 60 km/h-ko abiaduran izango dira balioak, 16 eta 25 m²/h/ibilgailu/Tm bitarteko balioak, herrialde bakoitzeko parke mugikorren arabera.

Ondoko taulan keen oinarritzko igorpena agertzen da, betiere kamioien tona-kopuruaren eta ibilgailuen igorpenei buruz herrialde bakoitzean dagoen arautegi aplikagarriaren arabera.

Keen oinarritzko igorpenak

Igorpenen legea	Kontrola	q _o T (m ² /h, v) 60 km/h			
		Pisuak (Tonak)			
		5	10	20	40
Bat ere ez	Ez	80 / 1130	160 / 250	300 / 400	400 / 600
CEE R 49+24	Ez	80	160	240	280
CEE R 40+24	Bai	65	130	200	240
CEE 88/77	Bai	40	80	130	160
US Transient 88	Bai	50	100	160	200
US Transient 91	Bai	30	60	100	140
US Transient 94	Bai	30	40	70	110

Fh = Altitudearen faktorea COren aurreko kasuan bezala ulertu behar da.

Hortaz, honela egingo da kalkulua:

$$Fh = 1 + 0,001 * H.$$

Fiv = Abiadura eta maldaren faktorea. Koefiziente honi esker, aldi berean zuzendu daitezke abiadura eta maldaren eragina; izan ere, oso erlazio estua dute ibilgailu astunen kasuan.

Ondoko adierazpenek emango dute parametro hau, Fiv, «i» maldaren eta abiaduraren arabera.

V abiadura: 10 – 20 km/h:

$$Fiv = 0,5586033 + 0,07679115 * i + 0,01608602 * i_2 + 0,002237451 * i_3$$

V abiadura: 30 km/h:

$$Fiv = 0,6429837 + 0,1123668 * i + 0,04055351 * i_2 + 0,005725582 * i_3$$

V abiadura: 40 km/h:

$$Fiv = 0,7931199 + 0,2051816 * i + 0,07016397 * i_2 + 0,008746805 * i_3$$

V abiadura: 50 - 60 km/h:

$$Fiv = 0,8617066 + 0,3302357 * i + 0,1388543 * i_2 + 0,01703883 * i_3$$

V abiadura: 70 km/h:

$$Fiv = 1,102172 + 0,5750724 * i + 0,1485977 * i_2 + 0,01303658 * i_3$$

V abiadura: 80 km/h:

$$Fiv = 1,395459 + 0,9460765 * i + 0,2708469 * i_2 + 0,02466952 * i_3$$

Hala ere, bitarteko balioak haztatuak izango dira; nolahi ere, hauxe izango da gehieneko balioa:

$$Fiv = 3,42 - 0,22 * i$$

L = Tunelaren luzera km-tan edo, hala denean, kontsideraturiko tuneleko tarteari dagokiona.

N₂ = Trafikoaren dentsitatea, orduko ibilgailu astunen kopuruan emana.

K₁ = Onarturiko keen kontzentrazioa (m-1).

Koefiziente hori, xurgapen optikoko koefizientea edo distantzia unitateko ikuspena moteltzeko koefizientea deritzona, tunel-motaren eta zirkulazio abiaduraren arabera izango da.

Siendo:

Q = Caudal de aire necesario para obtener la dilución prevista, expresada en m³/s.

q_{op} = Valor de base de las emisiones de humo por unidad de peso expresado en m²/h/vehículo y tonelada.

La emisión de humos por vehículo pesado y unidad de peso, qop, depende de la velocidad de circulación, de la pendiente y de la altitud. En terreno horizontal, a nivel del mar y velocidad de 60 km/h, adopta valores entre 16 y 25 m²/h/vehículo/Tm, en función del tipo de parque móvil de cada país.

La siguiente tabla, muestra la emisión básica de humos en función del tonelaje de los camiones y de la normativa aplicable en cada país para las emisiones de los vehículos.

Emisiones básicas de humos

Ley de emisiones	Control	q _o T (m ² /h, v) 60 km/h			
		Pesos (Toneladas)			
		5	10	20	40
Ninguna	No	80 / 1130	160 / 250	300 / 400	400 / 600
CEE R 49+24	No	80	160	240	280
CEE R 40+24	Si	65	130	200	240
CEE 88/77	Si	40	80	130	160
US Transient 88	Si	50	100	160	200
US Transient 91	Si	30	60	100	140
US Transient 94	Si	30	40	70	110

Fh = Factor de altitud Tiene el mismo significado que en el caso anterior del CO.

Por tanto el cálculo será:

$$Fh = 1 + 0,001 * H.$$

Fiv = Factor de velocidad y pendiente. Este coeficiente permite corregir simultáneamente la influencia de la velocidad y la pendiente, las cuales están muy relacionadas para los vehículos pesados.

Este parámetro, Fiv, viene dado por las siguientes expresiones, en función de la velocidad y la pendiente «i».

Velocidad V entre 10 - 20 km/h:

$$Fiv = 0,5586033 + 0,07679115 * i + 0,01608602 * i_2 + 0,002237451 * i_3$$

Velocidad V 30 km/h:

$$Fiv = 0,6429837 + 0,1123668 * i + 0,04055351 * i_2 + 0,005725582 * i_3$$

Velocidad V 40 km/h:

$$Fiv = 0,7931199 + 0,2051816 * i + 0,07016397 * i_2 + 0,008746805 * i_3$$

Velocidad V entre 50 - 60 km/h:

$$Fiv = 0,8617066 + 0,3302357 * i + 0,1388543 * i_2 + 0,01703883 * i_3$$

Velocidad V 70 km/h:

$$Fiv = 1,102172 + 0,5750724 * i + 0,1485977 * i_2 + 0,01303658 * i_3$$

Velocidad V 80 km/h:

$$Fiv = 1,395459 + 0,9460765 * i + 0,2708469 * i_2 + 0,02466952 * i_3$$

No obstante, los valores intermedios serán ponderados y en cualquier caso el valor máximo será:

$$Fiv = 3,42 - 0,22 * i$$

L = Longitud del túnel en km, o en su caso, del tramo de túnel considerado.

N₂ = Intensidad del tráfico, en vehículos pesados por hora.

K₁ = Concentración de humos admisibles, en m-1.

Este coeficiente, denominado coeficiente de absorción óptica o coeficiente de atenuación de la visibilidad por unidad de distancia, depende del tipo de túnel y de la velocidad de circulación.

Ikuspenaren muga onargarria, K1, trafikoaren abiadura eta tunel-motaren arabera hartzen da, 0,005 m-1-ko balioekin hiriko tunel azkarretan eta autopistetan, eta 0.0075 m-1-koa abiadura normalak diren errepideko tuneletan.

Onartutako gehieneko ke-kontzentrazioak

Zirkulazio-mota	K lim (m-1) puntako trafikoa
Zirkulazio arina V max = 60 - 80 km/h.... V max = 100 km/h.....	0.005 - 0.007 0.005
Zirkulazio-pilaketa	0.007 - 0.009
Tunelaren itxiera	0.012
Mantentze lanak	0.003 (geldirik)

7.2.3. Pistoi-efektuak eragindako emaria

Ibilgailuek zirkulazioaren ondorioz tuneleko airera igortzen duten bultzadari deritzo pistoi-efektua; zirkulazioaren gehikuntzarekiko proportzionala da. Baina tuneleko aireztapenean duen eragina aireztapena norabide bakarrean izatearen edo ez izatearen arabera izango da gehienbat.

Norabide bakarrean bada, efektu horrek tunelaren aireztapenari laguntza handia ematen diola kontsideratzen da; bi norabideko trafikoan, berriz, efektua hutsa edo oso txikia da norabide batean. Hala denean, norabide bakarrean kontsideraturikoaren 1/7 dela kontsideratzen da.

Emaria kalkulatzeko, lehenik eta behin, sortutako bultzada aztertu behar da, eta ondoren horrek dakarren emaria kentzen da.

Hauxe da pistoi-efektua kalkulatzeko erabili beharreko formula:

$$H_p = \Sigma [(Cw \cdot Fv / S) \cdot i \cdot \delta \cdot ((V - Va)^2 / (2 \cdot g))] \text{ (mm.c.a.)}$$

Gutzizko balioa lortzeko, aparte egin behar dira kontuan guzti-guztiak izango dira kontuan, betiere ibilgailu arinak eta astunak aintzat hartuz.

Bi norabideko zirkulazioaren kasuan, norabide bakarrekoa izango balitz moduan kalkulatu behar da, eta gero 1/7 balioa edo irizpidetzat hartzen den beste edozein ehuneko.

Hona hemen aldagaiak:

H_p = Pistoi-efektuaren ondoriozko guztizko presioa, ur-zutabeko mm-tan.

Fv = Ibilgailuen zeharkako sekzioaren gainazala. Batezbesteko gainazal bat hartzen da autoentzat eta beste bat ibilgailu astunentzat. Erabilitako balioak 2 m² eta 8 m² bitartekoak izan ohi dira, hurrenez hurren.

Cw = Bultzada-koefizientea. Atalek beren itxura dela-eta duten jokabide aerodinamiko ezberdina izatea hartzen da kontuan.

Batez besteko balioa 0,6 izan ohi da autoentzat, eta 0,8 ibilgailu astunentzat.

S = Tunelaren zeharkako sekzioa, m²-tan.

δ = Tunelaren barruko airearen dentsitatea, kg/m³ -tan.

g = Grabitatearen azelerazioa, m/s²-tan.

V = Ibilgailuen kontsideraturiko abiadura, m/s-tan, ibilgailu arinen eta astunen abiadurak kontuan izanik.

V_a = Tunelaren barruko airearen abiadura, m/s-tan. Kalkulu honetan abiadura zero dela suposatzen da. Haizegailuak martxan dituen aireztapen sanitarioari buruzko azterlanetan, abiadurak balio jakin bat izango du, edo hasierako balio teoriko gisa, CO edota keak diluitzeko beharrezko emari teknikoak kenduko da. Larrialdietako bultzadei buruzko azterlanaren kasuan, bestelako balioa kontsideratzen da.

i = Tunelean aldi berean dagoen ibilgailu kopurua, autoei dagokiena zein ibilgailu astunei dagokiena.

Lehenbizi egin behar dena autoak ezkerreko erreian eta eskuinteko erreian banatzea izango da, errei bakoitzari ehunekoak esleitura (hauxek dira erabili ohi diren zenbait balio: %65 ezkerreko erreiko autoak eta %35 eskuineko erreikoak).

El límite admisible de visibilidad, K1, se adopta en función de la velocidad de tráfico y tipo de túnel, con valores de 0,005 m-1 en túneles urbanos rápidos y de autopista y 0.0075 m-1 en túneles de carretera con velocidades normales.

Concentraciones de humos máximas admitidas

Tipo de circulación	K lim (m-1) tráfico de punta
Fluida V max = 60 - 80 km/h..... V max = 100 km/h.....	0.005 - 0.007 0.005
Congestionada	0.007 - 0.009
Cierra de túnel	0.012
Trabajos de mantenimiento	0.003 (parado)

7.2.3. Caudal producido por el efecto pistón

Denominamos efecto pistón al empuje que los vehículos transmiten al aire del túnel consecuencia de la circulación, siendo proporcional al aumento de circulación. Pero su efecto en la ventilación del túnel dependerá de forma importante de si ésta es en sentido único o no.

En el primer caso, se puede considerar que este efecto colabora con la ventilación del túnel de forma importante, mientras que en tráfico bidireccional el efecto es nulo o muy bajo en un sentido. En este caso se suele considerar del orden de 1/7 del considerado en un solo sentido.

Para el cálculo del caudal, debe estudiarse en primer lugar el empuje producido y posteriormente deducir el caudal que ello puede suponer.

La fórmula a emplear para el cálculo del efecto pistón es:

$$H_p = \Sigma [(Cw \cdot Fv / S) \cdot i \cdot \delta \cdot ((V - Va)^2 / (2 \cdot g))] \text{ (mm.c.a.)}$$

Para la obtención del valor total se tendrá en cuenta cada uno de los cálculos que de forma independiente deberá realizarse, considerando los vehículos ligeros y los pesados.

En el caso de circulación bidireccional se realiza el cálculo como si fuese unidireccional y posteriormente se obtiene el valor de 1/7 o cualquier otro % considerado como criterio.

Las variables son las siguientes:

H_p = Presión total debida al efecto pistón, en mm de columna de agua.

Fv = Área de la sección transversal de los vehículos. Se toma un área media para los turismos y otra para los pesados. Los valores empleados usualmente están alrededor de 2 m² y 8 m² respectivamente.

Cw = Coeficiente de empuje. Tiene en cuenta el diferente comportamiento aerodinámico de los cuerpos debido a su forma.

Los valores que usualmente se toman como medios son 0,6 para turismos y 0,8 para pesados.

S = Sección transversal, del túnel, en m².

δ = Densidad del aire en el interior del túnel, en kg/m³.

g = Aceleración de la gravedad, en m/s².

V = Velocidad considerada de los vehículos, en m/s, teniendo en cuenta la de ligeros y pesados.

V_a = Velocidad del aire en el interior del túnel, en m/s. En el presente cálculo esta velocidad se supone como valor cero. En los estudios de ventilación sanitaria funcionando ya ventiladores, ésta tendría un determinado valor, o como valor teórico inicial se deducirá del caudal teórico necesario para la dilución de CO/humos. En el caso del estudio del empuje en situación de emergencia el valor a considerar es distinto.

i = Número de vehículos en el túnel, simultáneamente, de cada tipo considerado, de turismos y de pesados.

Lo primero que habrá que hacer será repartir los turismos entre el carril izquierdo y el carril derecho, asignando unos porcentajes a cada carril (unos valores utilizados son 65% de los turismos por el carril izquierdo y 35% por el derecho).

Horrekin hauxe lortuko dugu:

- Eskuineko erreian dagoen auto-kopurua orduko: N_1
- Ezkerreko erreian dagoen auto-kopurua orduko: N'_1
- Eskuineko erreian dagoen ibilgailu astunen kopurua orduko: N_2

Datuak tunelean aldi berean dauden ibilgailuen kopuru bihurtzeko, honela kalkulatuko behar da:

$$I = N \cdot L / V$$

Non hauek ditugun:

L = Tunelaren luzera da km-tan.

V = Erreietako kontsideratu den abiadura km/h-tan.

L / V = Ibilgailu bakoitzak tunelean ematen duen denbora da (ordueta). Tuneletik ordu bakoitzeko pasatzen den ibilgailu kopurua (N) ibilgailu bakoitzak tunelean ematen duen ordu kopuruarekin biderkatuta tunelean aldi berean dagoen ibilgailu-kopurua izango dugu.

Pisto-efektuari dagokion presioa ezagututa, oinarri hau hartuta lortuko dugun emaria: balio hori desplazatzen duten airearen presio dinamikoari dagokion balioa izango da, hots, presio horri dagokion abiadura lortuko dugu eta, tunelaren sekzioa zein den bada-kigunez, emaria zein den jakin ahal izango dugu.

$$HP = \frac{\delta V_a^2}{2g} \quad (\text{mm.a.c.}) \quad \text{non hauxe lortuko baitugu } V_a$$

Emaria = V_a * Tunelaren sekzioa.

7.2.4. Tiro naturalak sortutako emaria

Ahoen arteko altueren eta bien arteko baldintza atmosferikoen arteko balizko diferentziaren ondorioz, tiro naturala egongo tunelean. Are gehiago: tunelaren barruko eta kanpoko dentsitateen arteko diferentziak tiroa eragin dezake. Balio horiek, osotasunean, txikiak badira oro har, honelaxe hartu ahal izango dira kontuan.

Kalkuluaren garapena bi ahoetako edo barruko/kanpoko giroaren dentsitateen diferentziak eragiten duen presio-diferentziaren pareko karga-galera duen emari jakin baten berdinketaren bidez egingo da.

Dagoneko esan dugunez, lorturiko balioek zeinua izan behar dute kontuan, zeren eta zirkulazioaren noranzkoaren aldekoa edo kontrakoa izan baitaiteke norabide bakarrek tunelean. Bi norabideko tunelaren kasuan, berriz, kontrako baldintzat joko dira beti.

Formula hauek aplikatu ahal izango dira:

$$\Delta p = \Delta H (\delta_1 - \delta_2) \quad (\text{mm.a.c.})$$

Non hauek baititugu:

ΔH = 1 eta 2. Puntuen arteko koten diferentzia (m).

δ_1 y δ_2 = 1 eta 2. puntuetako airearen dentsitateak, ahoetan zein tunelen kanpoko edo barruko aldean (kg/m^3).

Balio horiek zein diren jakin ezik, honelaxe lor daitezke:

$$\delta = \frac{10862}{6366198 \cdot 2A} (1 - 0.002837 \cos 2\phi) \left(H - \frac{3}{8} e p \right) \frac{1}{1 + \frac{t}{273}}$$

Non honelaxe adierazten da sinbolo bakoitza:

A = Kontsideraturiko tartearen erdiko puntuaren altuera (m.s.n.m.).

ϕ = Puntu beraren latitudea, gradu hirurogeigarrenetan.

H = Puntu beraren altuera barometrikoa, mm Hg-tan adierazia.

e = Saturazio-maila, bateko horrenbesteko balioetan emana.

t = Temperatura toki berean: °C.

p = Saturazio-tentsioa, mm Hg-tan.

Con esto ya se tendrá:

- Número de turismos por el carril derecho por hora: N_1
- Número de turismos por el carril izquierdo por hora: N'_1
- Número de pesados por el carril derecho por hora: N_2

Para pasar los datos a números de vehículos presentes simultáneamente en el túnel, se calcula:

$$I = N \cdot L / V$$

Donde:

L = Es la longitud del túnel en km.

V = Es la velocidad considerada para el carril correspondiente, en km/h.

L / V = Será el tiempo, en horas, que cada vehículo está en el túnel. Multiplicando el número de vehículos por hora que pasa por el túnel (N), por el número de horas que cada vehículo permanece en el túnel, se tiene el número de vehículos que se encuentran simultáneamente en el mismo.

Una vez conocido la presión correspondiente al efecto pistón, el caudal correspondiente lo obtendremos basándonos en que dicho valor será el correspondiente a la presión dinámica del aire que desplazan, es decir, obtendremos la velocidad correspondiente a esa presión y al conocer la sección del túnel conoceremos el caudal.

$$HP = \frac{\delta V_a^2}{2g} \quad (\text{mm.a.c.}) \quad \text{donde obtendremos } V_a$$

Caudal = V_a * Secc del túnel.

7.2.4. Caudal producido por el tiro natural

Consecuencia de la diferencia de alturas entre bocas y la posible diferencia de condiciones atmosféricas en ambas, existirá un tiro natural a través del túnel. Incluso la diferencia de densidades entre el interior y exterior del túnel puede provocar ese tiro. Aunque estos valores en conjunto en general son pequeños, se podrán tener en cuenta de la siguiente forma.

El desarrollo del cálculo será por igualación de un determinado caudal que tenga una pérdida de carga igual a la diferencia de presión que produce la diferencia de densidades del ambiente de ambas bocas, o interior/exterior.

Como ya se ha comentado, los valores obtenidos deberán tener en cuenta el signo, puesto que puede ser a favor o en contra del sentido de circulación para túnel unidireccional, mientras que el caso bidireccional se considerará siempre como condiciones desfavorables.

Se podrán aplicar las siguientes fórmulas:

$$\Delta p = \Delta H (\delta_1 - \delta_2) \quad (\text{mm.a.c.})$$

Siendo:

ΔH = Diferencia de cotas entre los puntos 1 y 2 en (m).

δ_1 y δ_2 = Densidades del aire en los puntos 1 y 2, bien sean las bocas o exterior e interior, en (kg/m^3).

Estos valores si no se conocen, podrán obtenerse de la siguiente forma:

$$\delta = \frac{10862}{6366198 \cdot 2A} (1 - 0.002837 \cos 2\phi) \left(H - \frac{3}{8} e p \right) \frac{1}{1 + \frac{t}{273}}$$

En la cual cada símbolo representa:

A = Altura del punto medio del tramo considerado, en msnm.

ϕ = Latitud del mismo punto, en grados sexagesimales.

H = Altura barométrica del mismo punto, en mm Hg.

e = Grado de saturación, en tanto por uno.

t = Temperatura en el mismo punto, en °C.

p = Tensión de saturación, en mm Hg.

Saturazio-tentsioa tenperaturaren funtzioa da, eta formula honen bidez kalkula daiteke gutxi gorabehera:

$$p = 4.58 + 0.373t + 0,011 t^2$$

Ahoen arteko presio-diferentzia ezagututa, tuneleko zehar aho batetik bestera pasatzeko karga-galera bera duen emariarekin parekatuz kalkulatu behar da emaria, hots, tuneleko frikzio bidezko galearak eta galera bereziak kontsideratuz.

7.2.5. Haizeak sortutako emaria

Kontzeptu hau aplikatzeko, inguruetan nagusi den haizea zein den jakin behar da. Horretaz gain, haizearen norabidea eta aztertu beharreko tunelaren norabide longitudinala konparatu behar dira, tunelaren barruko airearen abiadura ondorioztatzeko. Gainera, aplikatu beharreko faktore jakin bat kontsideratuko da, ahoak aire zabaLEAN, kaxetan sartuta, etab. dauden ala ez kontuan izateko.

Hauxe da, beraz, emaria:

$$Q_v = St * V_{vc} / 3,6$$

Non hauexek ditugun:

Q_v = Haizeak eragindako emaria (m³/s).

St = Tunelaren sekzioa (m²).

V_{vc} = Tuneleko airearen abiadura, haizeari buruz ezagutzen den abiaduraren (km/h) norabideari eta sarrerari dago-kienez zuzenduta dagoena.

7.2.6. Aireztapen naturala baliozkotzat ematea

Aurreko hiru faktoreak konbinatuz lortutako emaitzetatik azken balioa emango da, CO edo keak diluitzeko behar den emariarekin konparatu beharrekoa. Hona hemen izan daitezkeen konbinaketak:

Lorturiko datuak konparatuz izandako emaitzen arabera erabakiko da ea aireztapen naturala nahikoa den edo aireztapen sanitario behartua behar den.

Sortutako emaria	Kontsideratu beharreko emaria			
Pistoi-efektuaren bidezko emaria	C ep	C ep	C ep	C ep
Haizearen bidezko emaria trafikoaren norabidean	C v	C v		
Haizearen emariaren bidezko emaria, trafikoaren kontrako norabidean			-C v	-C v
Ahoen arteko tiro naturalaren bidezko emaria, trafikoaren norabidean	C tn		C tn	
Ahoen arteko tiro naturalaren bidezko emaria, trafikoaren kontrako norabidean		-C tn		-C tn
Sortutako emaria	Σ emari	Σ emari	Σ emari	Σ emari
Beharrezko emaria	C nec.	C nec.	C nec.	C nec.
Aireztapen naturala	(Σ emari - C nec) ≥ C nec = Aireztapen naturala	(Σ emari - C nec) ≥ C nec = Aireztapen naturala	(Σ emaria - C nec) ≥ C nec = Aireztapen naturala	(Σ emari - C nec) ≥ C nec = Aireztapen naturala

7.3. Nahitazeko aireztapena (aireztapen sanitarioa eta larrialdietako aireztapena)

Aurreko atalari esker ondorioztatu eta erabaki dezakegu aireztapen naturala nahikoa den tuneleko aireztapen sanitarioa. Aireztapena nahikoa ez bada, aireztapen sanitario behartura jo beharko da.

La tensión de saturación es función de la temperatura y puede calcularse de forma aproximada mediante la fórmula:

$$p = 4.58 + 0.373t + 0,011 t^2$$

Una vez conocida la diferencia de presión entre las bocas, el caudal correspondiente deberá calcularse mediante la equiparación a un caudal que tenga esa misma pérdida de carga para el paso de una a otra boca a través del túnel, es decir considerando las pérdidas singulares y las pérdidas por fricción en el túnel.

7.2.5. Caudal producido por el viento dominante

Para la aplicación de este concepto, deberá conocerse el viento dominante en la zona. Además de ello deberá compararse la dirección del viento con la dirección longitudinal del túnel a estudio a fin de deducir la velocidad del aire en el interior del túnel, consecuencia de este. También deberá tener en consideración un cierto factor a aplicar para tener en cuenta si las bocas están al aire libre, encajonadas, etc.

El caudal por tanto será:

$$Q_v = St * V_{vc} / 3,6$$

Siendo :

Q_v = Caudal consecuencia del viento (m³/s).

St = Sección del túnel en (m²).

V_{vc} = Velocidad del aire en el túnel, ya corregida respecto a la dirección y entrada, de la velocidad conocida del viento en (km/h).

7.2.6. Validación de la ventilación natural

De la combinación de los resultados de los tres factores anteriores se obtendrá un valor final a comparar con el caudal necesario para la dilución del CO o humos. Las posibles combinaciones serán:

En función de los resultados de la comparación de los datos obtenidos, se decidirá si se considera suficiente la ventilación natural o se considera necesario una ventilación sanitaria forzada.

Caudal producido	Caudal a considerar			
Caudal por efecto pistón	C ep	C ep	C ep	C ep
Caudal por viento en dirección tráfico	C v	C v		
Caudal por viento en dirección contraria al tráfico			-C v	-C v
Caudal por tiro natural entre bocas en dirección tráfico	C tn		C tn	
Caudal por tiro natural entre bocas en dirección contraria al tráfico		-C tn		-C tn
Caudal producido	Σ caudales	Σ caudales	Σ caudales	Σ caudales
Caudal necesario	C nec.	C nec.	C nec.	C nec.
Ventilación Natural	Si (Σ caudales C nec) ≥ C nec = Ventilación Natural	Si (Σ caudales C nec) ≥ C nec = Ventilación Natural	Si (Σ caudales C nec) ≥ C nec = Ventilación Natural	Si (Σ caudales C nec) ≥ C nec = Ventilación Natural

7.3. Ventilación forzada (ventilación sanitaria y en emergencia)

Mediante el aparatado anterior podemos deducir y decidir si la ventilación natural puede ser suficiente para la ventilación sanitaria del túnel. En el caso de que esta no sea suficiente, será necesario recurrir a una ventilación sanitaria forzada.

7.3.1. Aireztapen sanitarioaren emariaren gaineko azterlana

Emari hau kalkulatzeko modua dagoeneko azalduta dago aurreko atalean aireztapen naturalaren gaineko azterketa egin dugunean, zeren eta beharrezko emaria CO edo keak edo gasak diluitzeko behar den emaria baita.

7.3.2. Larrialdietako aireztapenaren emariaren gaineko azterlana

Abiadura kritikoaren arabera izango da larrialdietako emaria; eta abiadura horren bultzadaz, keak ezarri nahi den aire-fluxuaren kontrako norabidean aurrera egitea saihesteko modua dago, hots, sua dagoenean kearen abiadurak atzera ez egiteko abiadura da. Hortaz, abiadura horretatik eta tunelaren sekzioetik ondorioztatutako da kalkulatu beharreko emaria.

$$Q_e = V_c \cdot St$$

Non hauexek ditugun:

Q_e = Larrialdietarako emaria (m^3/s).

V_c = Abiadura kritikoa (m/s).

St = Tunelaren sekzioa (m^2).

Abiadura kritikoaren kontzeptua hobeto ulertzeko, «keak tunelean duen jokabidea» izeneko atalak dakarren eskema ikus daiteke.

7.3.3. Abiadura kritikoaren gaineko azterlana

Nahiz eta larrialdietan haizagailuen beharrezko emariaren kalkulua, oro har, tunelean neurturiko 3 m/s-ko batez besteko arraste-abiadura abiapuntutzat hartuta egiten den, abiadura kritikoa kalkulatu beharko da, hots, haizagailuak hautatzeko eta kalkulua egiteko kontuan hartu beharreko gutxieneko balioa.

Jada definitutako abiadura kritikoa enpirikoki ematen da, eta, batik bat, honako hauen arabera da:

- Suaren kaloria-ekarpena.
- Sua sortzen den posizioaren ezaugarri geometrikoak, honako hauetatik abiatuz:
- Puntuaren sekzio garbia.
- Altuera.
- Tartearen malda.

Formula hauen iterazioaren bidez egiten da kalkulua:

$$Q^* = \frac{Q}{\rho_o c_p T_o \sqrt{g H^5}}$$

$$V_{crit} = V^* \sqrt{g H}$$

Non:

V^* = Abiadura kritiko dimentsiogabea (-)

V_{crit} = Abiadura kritikoa (m/s)

g = Grabitatearen azelerazioa (m/s^2)

H = Tuneleko sekzioaren altuera (m)

Q = Askatutako beroa (kW).

Q^* = Askatutako bero dimentsiogabea (-)

ρ_o = Giroko airearen dentsitatea (kg/m^3)

C_p = Etengabeko presioko airearen bero espezifiko ($kJ/kq K$)

T_o = Airearen tenperatura (K)

Beheko ekuazioetan oinarrituz, V^* faktorea zehatz daiteke:

$$V^* = V^*_{max} \left(\frac{Q^*}{0.12} \right)^{1/3} \quad \text{non } Q^* < 0.12$$

$$V^* = V^*_{max} \quad \text{non } Q^* > 0.12$$

Bertan, V^*_{max} balioa 0.31etik (tunelaren sekzioa praktikoki hartzen duten suen kasuan) 0.35erainokoa (su txikien kasuan) izan daiteke.

7.3.1. Estudio del caudal en la ventilación sanitaria

El cálculo de este caudal ya se ha desarrollado en el apartado anterior al hablar de la Ventilación Natural, puesto que el caudal necesario es el que hace falta para la dilución del CO o de los humos y gases.

7.3.2. Estudio del caudal en la ventilación de emergencia

El caudal en caso de emergencia viene dado en función de la «Velocidad Crítica», que es aquella velocidad que con su empuje es capaz de evitar que el humo avance en sentido contrario al flujo de aire que se pretenda establecer, es decir una velocidad anti-retroceso de la velocidad del humo en caso de fuego. Por tanto, el caudal a calcular será deducido de dicha velocidad y de la sección del túnel.

$$Q_e = V_c \cdot St$$

Siendo:

Q_e = Caudal de emergencia en (m^3/s).

V_c = Velocidad Crítica en (m/s).

St = Sección del túnel (m^2).

Para mejor comprensión del concepto de la Velocidad Crítica, puede verse el esquema que se incluye en el apartado correspondiente a «comportamiento del humo en túneles».

7.3.3. Estudio de la velocidad crítica

Aunque el cálculo del caudal necesario de los ventiladores en situación de emergencia suele realizarse de forma genérica partiendo de una velocidad de arrastre de 3 m/s de velocidad media en el túnel, deberá realizarse el cálculo de la velocidad crítica, la cual será el valor mínimo a tener en cuenta para el cálculo y la elección de los ventiladores.

La velocidad crítica ya definida, viene dada de forma empírica, siendo función principalmente de:

- Aportación calorífica del fuego.
- Características geométricas de la posición donde se produce el incendio a partir de:
- Sección neta del punto.
- Altura.
- Pendiente del tramo.

Su cálculo se realiza mediante la iteración de las fórmulas:

$$Q^* = \frac{Q}{\rho_o c_p T_o \sqrt{g H^5}}$$

$$V_{crit} = V^* \sqrt{g H}$$

Donde:

V^* = Velocidad crítica adimensional (-)

V_{crit} = Velocidad crítica (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)

H = Altura de la sección del túnel (m)

Q = Calor liberado (kW).

Q^* = Calor liberado adimensional (-)

ρ_o = Densidad del aire ambiente (kg/m^3)

C_p = Calor específico del aire a presión constante ($kJ/kq K$)

T_o = Temperatura del aire (K)

En base a las ecuaciones expresadas abajo se puede determinar el factor V^* :

$$V^* = V^*_{max} \left(\frac{Q^*}{0.12} \right)^{1/3} \quad \text{cuando } Q^* < 0.12$$

$$V^* = V^*_{max} \quad \text{cuando } Q^* > 0.12$$

Donde el valor de V^*_{max} varía desde 0.31 para fuegos que ocupen la práctica sección del túnel y 0.35 para fuegos pequeños.

Q* eta V* kalkulatu ondoren, abiadura kritikoa honela kalkulatzeko da:

$$V_{crit} = v^* \sqrt{g H}$$

Abiadura hori honela zuzen daiteke tunelean malda bat dagoenean:

$$V_{crit, \theta} = V_{crit} (1 + 0.008 \theta)$$

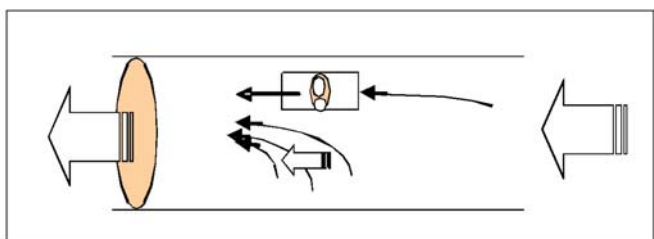
Bertan, θ maldaren angeluaren % da

7.3.4. Haizagailuen bultzadari buruzko azterlana

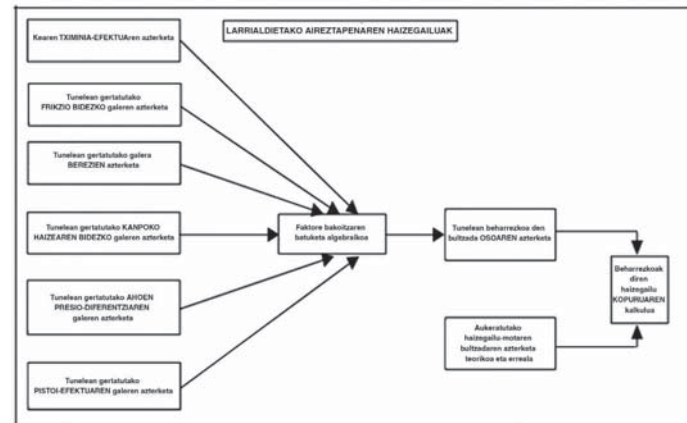
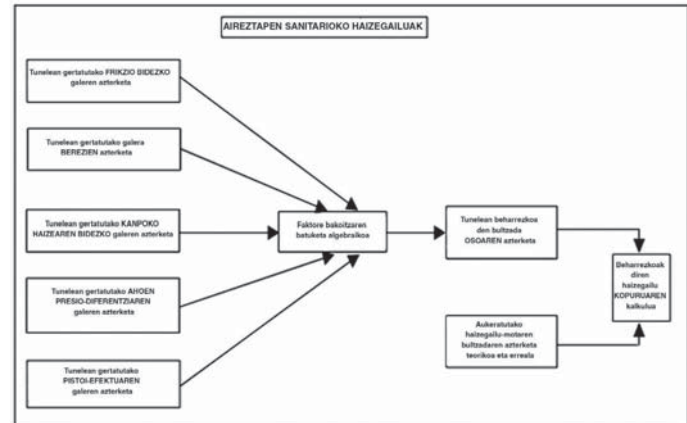
Bultzada bidez transmititzen dute zorrotada-haizagailuek beren potentzia airera.

Horretarako, tuneleko aire-kantitate jakin bat hartzen da, eta aire horri bere potentziaren baliokidea den mugimendu-kantitate jakin bat gehitzen zaio eta energia horren bidez inpultsaturiko airea tuneleko aire osoari aire osoa mugitu dadin.

Hona hemen adierazpen eskematikoa:



Jarri beharreko haizagailu-kopurua zehazteko, ondoko garapena hartu behar da kontuan, aireztapen sanitarioa edo larrialdiko aireztapena kalkulatzearren arabera.



Jarraian aireztapen sanitarioarako faktore hauek aztertuko ditugu:

Una vez calculada Q* y V*, la velocidad crítica se calcula mediante la expresión:

$$V_{crit} = v^* \sqrt{g H}$$

Esta velocidad se puede corregir cuando hay una pendiente en el túnel mediante la siguiente expresión:

$$V_{crit, \theta} = V_{crit} (1 + 0.008 \theta)$$

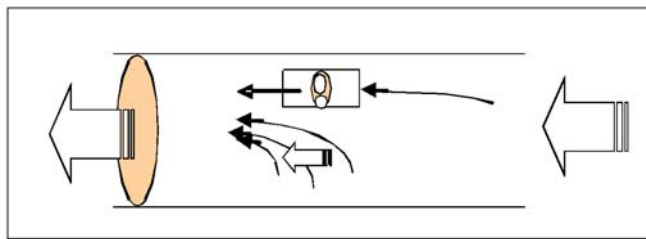
Donde θ es el ángulo de la pendiente en %

7.3.4. Estudio del empuje de los ventiladores

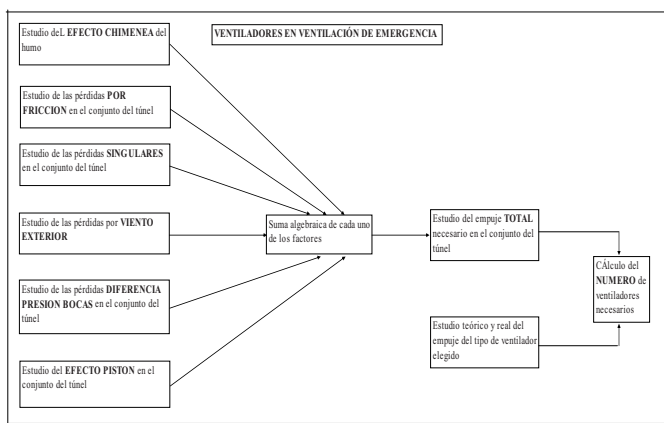
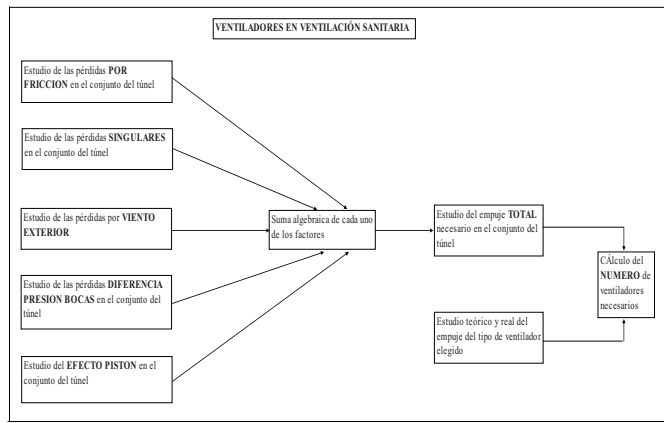
La forma en que los ventiladores de chorro transmiten su potencia al aire del túnel, es mediante el empuje.

Para ello, recogen una cierta cantidad de aire del túnel, al cual le incorporan una determinada cantidad de movimiento equivalente a su potencia, transmitiendo el aire impulsado esa energía al conjunto del aire del túnel para el movimiento de éste.

Su representación esquemática es:



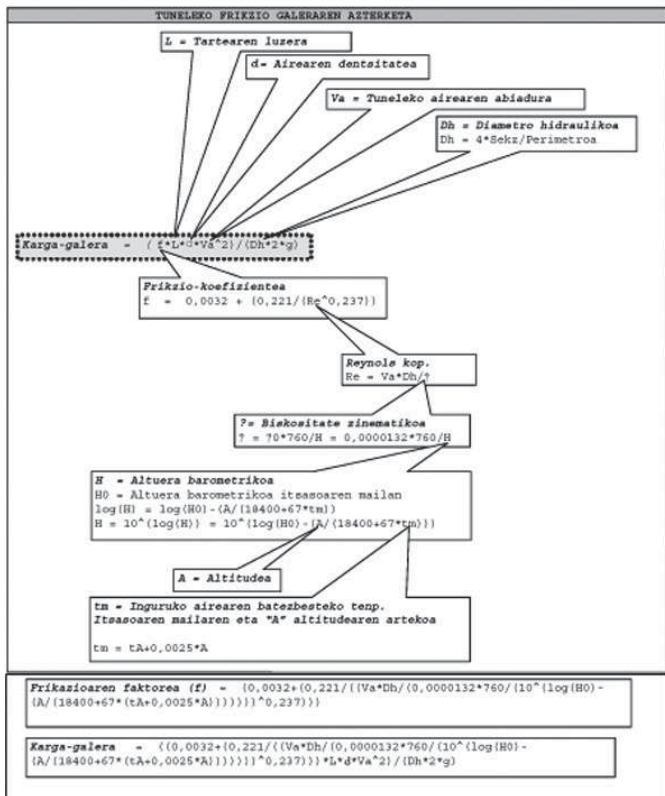
Para la definición del número de ventiladores a implantar, se deberá seguir el siguiente desarrollo, según sea para el cálculo de la Ventilación Sanitaria o de Emergencia.



Estudiemos a continuación los factores que se indican, para el caso de la Ventilación Sanitaria:

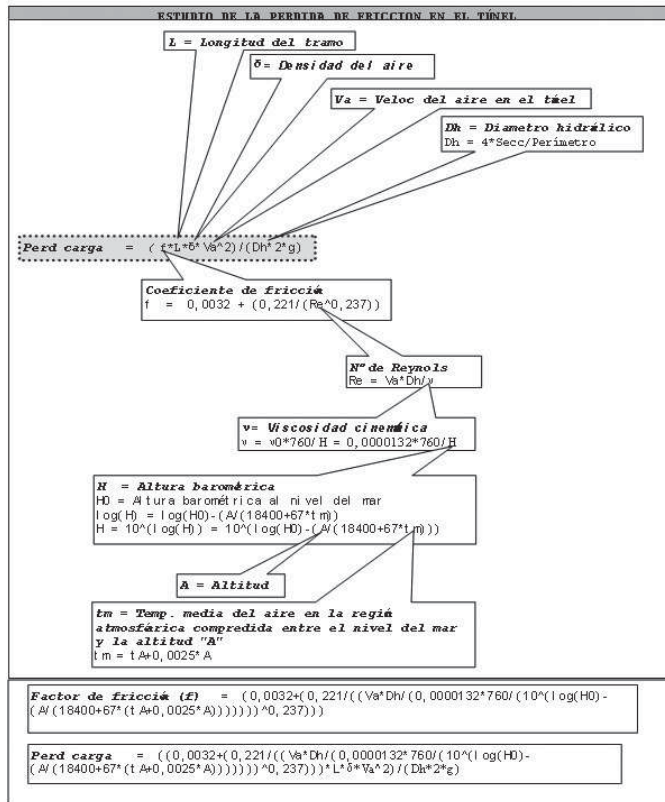
7.3.4.1. *Tuneleko paretetako frikzioa eragindako galerak*

Erabili beharreko formula Darcy-Weisbacch-ena, ondoren agertzen dena:



7.3.4.1. *Pérdidas por fricción en las paredes del túnel*

La fórmula a utilizar será la de Darcy-Weisbacch, que a continuación se indica:



7.3.5. *Galera bereziak*

Kontsideratu beharreko era horretako galera bakarrak tuneleko sarreran eta irteeran gertatzen direnak dira. Hona hemen horren formula:

$$H_{\text{sing}} = (\alpha \cdot \beta) \frac{\delta V_a^2}{2g} \text{ (mm.c.a.)}$$

Non hauexek baititugu:

- δ = Airearen dentsitatea (kg/m³).
- V_a = Airearen batezbesteko abiadura tunelean (m/s).
- α = Galera berezien koefizientea sarreran. Honelakoa da balioa: 0,5 - 0,6 bitartekoa.
- β = Galera berezien koefizientea irteeran; horren balioa 1 ingurukoa da.

7.3.5. *Pérdidas singulares*

Las únicas pérdidas de este tipo a considerar, son las que se producen a la entrada y salida del túnel, cuya fórmula es:

$$H_{\text{sing}} = (\alpha \cdot \beta) \frac{\delta V_a^2}{2g} \text{ (mm.c.a.)}$$

Siendo:

- δ = Densidad del aire (kg/m³).
- V_a = Velocidad media del aire en el túnel (m/s).
- α = Coeficiente de pérdidas singulares en la entrada. Este valor se considera del orden de 0,5 a 0,6.
- β = Coeficiente de pérdidas singulares en la salida, cuyo valor se considera del orden de la unidad.

7.3.5.1. *Kanpoko haizearen presioak eragindako galerak*

Kontrako haizeak eragiten duen presioa kontsideratzen badugu, balioa, beraz, abiadura horretan dagokion presio dinamikoa izango da, betiere haizearen eta tunelaren norabidearen angelua kon-tua izanik. Hortaz:

$$H_{\text{vto}} = \frac{dV_v^2 \cos^2 \epsilon}{2g} \text{ (mm.c.a.)}$$

Non hauexek baititugu:

- δ = Kanpoko airearen dentsitatea (kg/m³). Balio hori esan den moduan kalkulatu behar da.
- ϵ = Haizearen eraginaren angelua tunelaren ardatz longitudinalarekiko. Kasurik txarra kontsideratzea da normalean, hots, tuneleko airearen zirkulazioaren kontrako haizea zuzenean. Kasu honetan, $\epsilon = 0$ eta $\cos \epsilon = 1$, gehienekoa H_{vto} izanik.
- V_v = haizearen abiadura, m/s.

7.3.5.1. *Pérdidas por presión del viento exterior*

Si consideramos la presión que produce un viento desfavorable, el valor será por tanto la presión dinámica que a esa velocidad le corresponde, teniendo en cuenta el ángulo de la dirección de este y el túnel. Por tanto:

$$H_{\text{vto}} = \frac{dV_v^2 \cos^2 \epsilon}{2g} \text{ (mm.c.a.)}$$

Siendo:

- δ = Densidad del aire (kg/m³) en el exterior. Este valor puede calcularse tal como ya se ha indicado.
- ϵ = Ángulo de incidencia del viento con respecto al eje longitudinal del túnel. Lo normal será considerar el peor caso, es decir, viento opuesto directamente a la circulación del aire en el túnel. En este caso $\epsilon = 0$ y $\cos \epsilon = 1$ siendo máxima H_{vto} .
- V_v = Velocidad del viento, en m/s.

7.3.5.2. *Pistoi-efektua eta harguneen arteko presioa*

Lehenago aztertu dira dagoeneko faktore hauek.

7.3.5.2. *Efecto pistón y presión entre bocas*

Los estudios de estos factores ya se han desarrollado anteriormente.

7.3.5.3. *Tunelean kontsideratu beharreko guztizko bultzada*

Lehenik eta behin, tunel osoan konpentsatu beharreko guztizko presioa lortuko da. Horretarako, kontsideraturiko faktoreen batu-keta algebraikoa egingo da.

Kompentsatu beharreko guztizko presioa finkatu ondoren, hauxe izango da haizagailuren guztizko bultzada:

$$\text{Guztizko bultzada (Nwts)} = \text{Guztizko presioa (mm.c.a.)} \cdot g \cdot \text{Tunelaren sekzioa(m}^2\text{)}$$

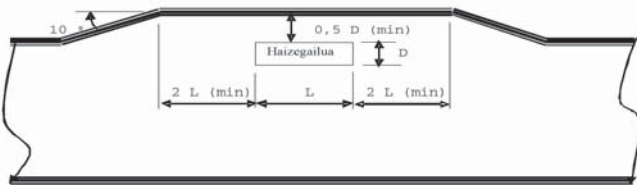
7.3.6. *Ezari beharreko haizagailu-kopurua*

Tunelaren guztizko bultzada ezagututa, jarri beharreko haizagailu-kopurua lortuko dugu, balio hori zati aukeraturiko haizagailuren bultzada eginez.

Hautaturiko haizagailuren bultzada kontsideratzerakoan, kontuan izan behar da katalogoan agertzen diren balioak balio teknikoak direla, hots, haizagailuak jartzeko moduaren arabera balio hori murriztu egin daitekeela «instalazioaren faktorearen» ondorioz.

Ezari beharreko haizagailuei buruz fabrikatzaileak datu zehatzik eman ezean, honako hauek hartuko dira aintzat:

1. Haizagailua, nitxo batean kokatzen bada, honako eskema hau izan beharko da kontuan.



2. Instalazioaren faktoretzat hartuko da, haizagailuaren ardatza eta hurbilen dagoen horma edo sabaiaren arteko tartearen arabera:

INSTALAZIOAREN FAKTOREAREN AZTERLANA				
Tartea	1 Diam	1,5 Diam	2 Diam	3 Diam
Faktorea	0,87	0,91	0,94	0,99

Horretaz gain, zarata, haizagailuen arteko distantzia, etab. izan beharko da kontuan haizagailua aukeratzeko.

Larrialdiko aireztapenari buruzko azterlanaren kasuan, lehenago esandakoaz gain, ke beroak eragindako tximinia-efektua izan beharko da kontuan.

Berez, honako formula hau erabili behar da:

$$\text{Keen bultzada} = (\text{Giroko airearen dentsitatea} - \text{Keen dentsitatea}) \cdot g \cdot \text{Keen sekzioa} \cdot \text{Pentxoaren luzera.}$$

Hasierako balioa lortzeko aplikatzen da formula hori, zeren eta kalkulu zehatza programa informatiko egokiaren bidez lortu beharko baita.

Suaren inguruko airearen dentsitatea txikitzearen ondorioz haizagailuen potentzia txikitzeaz gain, kontuan izan behar da sutik hurbilen dagoen haizagailua suaren eraginez indargabetu egin daitekeela.

8. XEHETASUN AZTERLANAK – ERAIKUNTZA PROIEKTUAREN FASEA

8.1. Tunelaren aireztapena

Oinarritzko proiektuaren faseko azterlanek iraun bitartean aurreikusitako aireztapen sistemaren jokabidea egiaztatzeko asmoz, zenbakizko ereduak dituzten azterlanekin osatu beharko da behin betiko proiektua; izan ere, eredu horiek baliatuz, proiektuko aireztapen sistemaren ahalmena egiaztatu eta kontrola egiteko jarduketako-ildoak zehaztu ahal izango dira.

Eredu horiei esker, sistemaren jokabidea egiaztatu ahal izango da, bai ohiko funtzionamenduan, bai sua dagoenean.

7.3.5.3. *Empuje total a considerar en el túnel*

En primer lugar se obtendrá la presión total a contrarrestar en el conjunto del túnel. Para ello, se efectuará la suma algebraica de los distintos factores considerados.

Una vez determinada la presión total a contrarrestar, el empuje total de los ventiladores será:

$$\text{Empuje Total (Nwts)} = \text{Presión total (mm.c.a.)} \cdot g \cdot \text{Secc del túnel(m}^2\text{)}$$

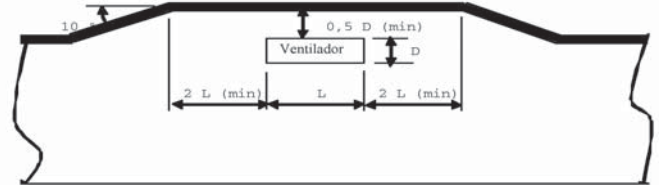
7.3.6. *Número de ventiladores a implantar*

Una vez conocido el empuje total del túnel, obtendremos el número de ventiladores a implantar dividiendo este valor por el empuje del ventilador elegido.

Deberá tenerse en cuenta a la hora de considerar el Empuje del ventilador elegido, que los valores indicados en catálogo, son valores teóricos, es decir, que en función de la forma de instalación ese valor puede quedar reducido consecuencia del «factor de instalación».

A falta de datos concretos del fabricante de los ventiladores a implantar se considerarán los siguientes puntos:

1. Si el ventilador se sitúa en un nicho, deberá tenerse en cuenta el siguiente esquema.



2. Se considerarán como factores de instalación, dependiendo de la separación del eje del ventilador a la pared o techo más próximo, los siguientes:

ESTUDIO DEL FACTOR DE INSTALACIÓN				
Separación	1 Diám	1,5 Diam	2 Diam	3 Diam
Factor	0,87	0,91	0,94	0,99

Además de ello deberá tenerse en cuenta a la hora de elegir el ventilador, el ruido, la posible separación entre ellos, etc.

En el caso del estudio de la Ventilación de Emergencia, además de lo anteriormente expuesto, deberá tenerse en cuenta el efecto chimenea producido por los humos calientes.

En principio, la fórmula a utilizar será:

$$\text{Empuje de los humos} = (\text{Densidad del Aire Ambiente} - \text{Densidad de los humos}) \cdot g \cdot \text{Sección de los humos} \cdot \text{Longitud del penacho.}$$

La aplicación de esta fórmula es para la obtención de un valor inicial, puesto que el cálculo preciso deberá obtenerse a través del correspondiente programa informático.

Además de la disminución de la potencia de los ventiladores originada por la disminución de la densidad del aire en las proximidades del incendio, debe tenerse en cuenta la posibilidad de que el ventilador más próximo al fuego pueda ser inutilizado por este.

8. ESTUDIOS DE DETALLE – FASE DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO

8.1. Ventilación del túnel

Con el fin de verificar el posible comportamiento del sistema de ventilación previsto durante los estudios de la fase de proyecto básico, el proyecto definitivo deberá complementarse mediante estudios con modelos numéricos que permitan comprobar la capacidad del sistema de ventilación proyectado y definir los criterios de actuación para su control.

Dichos modelos permitirán comprobar el comportamiento del sistema tanto en situación de Funcionamiento Normal como en situación de fuego.

Hasiera batean, programa informatikoren bat erabili beharko da. Kalkulua egiteko erabiliko den metodoa deskribatu beharko da, baita eginiko hipotesiak ere. Emaitzak aurkeztearekin batera, horien interpretazioa egingo da, eta bertan zehaztuko dira aukeraturiko irtenbideetan dauden ekarpenak. Erakutsitako emaitzek lorturiko magnitude-unitateak izan behar dituzte.

8.1.1. *Funtzionamendu normaleko egoerarako azterlana*

Eredu iraunkorrak egingo dira, sistemaren jokabidearen egoerarik adierazgarrienen definiziotik abiatuta; horretarako, honako hauek izan beharko dira kontuan:

1. Trafikoaren jokabidea: trafikoaren osaera, erreien arteko banaketa, etorkizuneko aurreikuspenak, trafikoko kurbak, etab. kontuan izan diren eredu makroskopikoen bidez.

2. Ibilgailuen igorpenak eta muga onargarriak: nazioarteko gomendioekin edo jarraibideekin bat etorri; PIARC-ek emandakoak lehenetsiko dira.

3. Tunelaren ezaugarri geometrikoak: arreta berezia jarriko da arlo hidraulikoan eragin handia dutenei (seksioa, perimetroa), baita horren malda, altitudea, orientazioa, eta abar ere.

4. Egoera atmosferikoak: atmosferak aireztapen sistemaren jokabidean izan dezakeen eragina aztertuko da.

5. Aireztapen ekipoak: ezaugarri hidraulikoei dagokienez nahiz horien kokapenak errendimenduan izan dezakeen eraginari dagokienez.

Azterlan horien xedea sistemak tunelean substantzia kutsagarriak diluitzeko dituen beharrak betetzeko duen ahalmena egiaztatzea da, bai CO, bai ibilgailuen keak ere. Gainera, NOx mailak ez dituzte maila onargarriak gaindituko.

8.1.2. *Larrialdietarako azterlanak*

Bi eredu-mota egingo dira.

8.1.2.1. *Erregimen iraunkorreko ereduak*

Funtzionamendu normalari buruzko azterlanekin bezala, erregimen iraunkorreko ereduak egingo dira, suak sortutako ke-hodeia kontrolatzeko jarri den aireztapen sistemaren ahalmena egiaztatu ahal izateko.

Lehenago aipaturiko faktoreez gain, honako hauek izango dira kontuan:

1. Proiektuko suaren ezaugarriak: potentzia, substantzia kutsakorrek igortzea, eta abar.

2. Maldak keen mugimenduan duen eragina (tximinia-efektua).

3. Suaren kokapena.

8.1.2.2. *Erregimen iragankorreko ereduak*

Eredu hauen xedea sistemak denborarekin duen jokabidea egiaztatzea da; hala, ez da hasierako edo amaierako erregimen iraunkorreko azterlanean ezarri ez den bitarteko egoerarik gertatuko. Horretarako, honako hauen jokabide iragankorraren simulazioa egiteko gauza izan behar du ereduak:

1. Sutea: substantzia kutsagarrien igorpenari buruzko denbora-bilakaeraren kurben bidez.

2. Trafikoa: auto-ilarak sortzeko prozesuak aintzat hartzea, sutetik hurbilen dauden ibilgailuak antzemateko lanei datxezkienak.

3. Tximinia-efektua: temperatura gradienteez tunelaren barruan eragindakoa.

4. Haizagailuak: konexioa, desconexioa, matxura, inbertsioa, etab.

Era horretako ereduak esker, egoera ezberdinak egiaztatzeko modua egon behar du eredu iraunkorrean, eta gainera honako hauek izan behar dira kontuan:

1) Suaren sorburua aurkitzea.

En principio, deberá emplearse algún programa informático. Deberá describirse el método de cálculo empleado, así como las hipótesis realizadas. Simultáneamente a la presentación de resultados, se realizará una interpretación de los mismos en las que se detallan las aportaciones que tienen sobre la solución adoptada. Los resultados mostrados deberán incluir las unidades de las magnitudes obtenidas.

8.1.1. *Estudio para situación de funcionamiento normal*

Se realizarán modelos en régimen permanente a partir de la definición de los escenarios más representativos del comportamiento del sistema, para lo cual será necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Comportamiento del tráfico: mediante modelos del tipo macroscópico en los que se contemplen la composición, reparto entre carriles, previsiones a futuro, curvas de tráfico, etc.

2. Emisiones de vehículos y límites admisibles: de acuerdo con las recomendaciones o indicaciones internacionales, dándose preferencia a las dadas por PIARC.

3. Características geométricas del túnel: en particular se prestará atención a las de gran influencia en el comportamiento hidráulico (sección, perímetro), así como su pendiente, altitud, orientación, etc.

4. Condiciones atmosféricas: Se estudiará la influencia que su magnitud pueda implicar en el comportamiento del sistema de ventilación.

5. Equipos de ventilación: tanto sus características hidráulicas y eléctricas como la influencia que su colocación pueda tener en su rendimiento.

El objetivo de estos estudios será la comprobación de la capacidad del sistema para cumplir con las necesidades de dilución de contaminantes en el túnel, tanto para el CO como los humos generados por los vehículos. Además se verificará que los niveles de NOx no superen niveles aceptables.

8.1.2. *Estudios para la situación de emergencia*

Se realizarán dos tipos de modelos.

8.1.2.1. *Modelos en régimen permanente*

Al igual que para los estudios en situación de Funcionamiento Normal, se realizarán modelos en régimen permanente que permitan comprobar la capacidad del sistema de ventilación instalado para el control de la nube de humos generada por el incendio.

Además de los factores enumerados anteriormente se tendrán en cuenta los siguientes:

1. Características del incendio de proyecto: potencia, emisiones de contaminantes, etc.

2. Influencia de la pendiente en el movimiento de la nube de humos (efecto chimenea).

3. Posición del incendio.

8.1.2.2. *Modelos para régimen transitorio*

El objetivo de estos modelos es la comprobación del comportamiento del sistema a lo largo del tiempo de forma que no existan situaciones intermedias no contempladas en el estudio del régimen permanente inicial o final. Para ello el modelo debe de ser capaz de simular el comportamiento transitorio del:

1. Incendio: mediante curvas de evolución temporal de la emisión de contaminantes.

2. Tráfico: que contemplen los procesos de formación de colas propios de la detención de los vehículos más próximos al incendio.

3. Efecto chimenea: originado por los gradientes de temperaturas en el interior del túnel.

4. Ventiladores: conexión, desconexión, avería, inversión, etc.

Este tipo de modelos debe permitir la comprobación de los escenarios dimensionantes para el modelo en régimen permanente, teniendo en cuenta además la:

1) Localización del foco del incendio.

- 2) Iheserako galerien egoera zuloen edo ur harguneen artean.
- 3) Erabiltzaileen desplazamendua iheserako ibilbideetan.
- 4) Kontroleko zentroaren erreakzio-denborak, erabiltzaileenak, etab.

- 2) Situación de las galerías de escape entre tubos o las bocas.
- 3) Desplazamiento de los usuarios en sus trayectorias de escape.
- 4) Tiempos de reacción del centro de control, usuarios, etc.

8.1.3. Kontrolerako irizpideen definizioa

Parametroei buruzko azterlanen bidez, kontrola egiteko irizpideak landuko dira, eta irizpide horiei esker, aireztapenaren kudeaketa tekniko zentralizatuaren sistemarekin integratu ahal izango dira.

Ezinbestekoa izango da aireztapen sistemari jarduteko ildoak eskema gisa eta modu egokian zehaztea kudeaketa informatikorako (ahal dela egoera ezberdinetarako tauletan).

Proposatutako sistemak kontuan izan behar du tunelaren funtzionamenduaren egoera sua hasi baino lehen. Egoera hori abiapuntutzat hartuta, ke-hodia baztertzea erraztuko duten aireztapeneko ekipoen gaineko jarduketak definituko dira.

Parametroei buruz egin beharreko azterlanetan, sistemaren tamaina egiaztatzeko eta azterlan iragankorrak burutzeko erabiltzeko fenomenoak baloratu eta zenbatu behar dira (trafikoa, aireztapen-ekipoak, fenomeno atmosferikoak, etab.).

8.2. Galerien aireztapena

Aurretiazko fasean eginiko azterlanak eta kalkuluak berrikutuko dira xehetasunaren fase honetan.

9. EKIPAMENDUAREN ESKAKIZUNAK

9.1. Haizagailuak ezartzea

9.1.1. Ezarpena

Haizagailuak tunelaren gakoan kokatuko dira. Binaka, baterian edo hiruko bateriatan edo gehiagokotan eta tarte uniformeetan banatuta jarriko dira tunelean zehar. Halako tarte egongo da haizagailuen artean non haizagailu-parearen fluxuak ez baitira hurbilegi egongo elkarrengandik, hurbilegi egoteak errendimendua mugatu dezakeelako. Printzipioz, egokitzen joko da tunelean 60-70 m-koa baino tarte uniforme handiagoa. Noranzko bakarrek tunelen ahoetatik hurbil daudenen arteko tarte gehienez 25-50 m-koa izatea gomendatzen da.

Alabaina, haizagailuak tuneleko ahoetan multzoka jartzea merkeagoa denez gero, haizagailuak taldeka jar daitezke ezarpena merkeagoa izan dadin, betiere ondoko arau hauek betetzen baldin badira:

9.1.2. Haizagailuen arteko tarteak

Norabide longitudinalean gutxienezko tarteak 60 - 70 metrokoak da. Balio horrek nolabaiteko segurtasun-marjina du, haizagailuak iristen den aireak aurreko haizagailuaren turbulenziazirik izan ez dezan.

Distantzia hori definitzeko oinarri teori lez, honako formula hauek kontsidera ditzakegu:

Hondar-abiadura: Haizagailu tubular bateko airearen hondar-abiadura, aire librean eta distantzia jakin batean (d).

Haizagailuaren diam. (cm)	Airearen hondar-abiadura, «d» distantziaren funtzioa
71	$r \text{ abiad.} = -3,697909518 \cdot \text{LN}(d) + 12,4951652025$
80	$r \text{ abiad.} = -3,9861622979 \cdot \text{LN}(d) + 13,6039880254$
90	$r \text{ abiad.} = -4,2706382915 \cdot \text{LN}(d) + 4,6982826731$
100	$r \text{ abiad.} = -4,5251107391 \cdot \text{LN}(d) + 6,771625917$
125	$r \text{ abiad.} = -5,0640591802 \cdot \text{LN}(d) + 7,750337158$

Minutuko biraketa-kopuruaren aldaketa: Balio hau aire librean eta minutuko 1.500 biraketa dituzten haizagailuetan gertatzen

8.1.3. Definizio de criterios para el control

Mediante la realización de estudios paramétricos se desarrollarán los criterios de control que permitan su integración con el sistema de Gestión Técnica Centralizada de la ventilación.

Será imprescindible que las pautas de actuación del sistema de ventilación queden definidas de una forma esquemática apropiada para su gestión informática (preferiblemente en forma de tablas para los distintos escenarios).

El sistema propuesto debe tener en cuenta la situación de funcionamiento del túnel previamente al desarrollo del incendio. Partiendo de esta situación se definirán las actuaciones sobre los distintos equipos de ventilación que faciliten el confinamiento de la nube de humos.

En los estudios paramétricos a realizar se deberán valorar y cuantificar los distintos fenómenos empleados para la verificación del dimensionamiento del sistema y la elaboración de los estudios en régimen transitorio (tráfico, equipos de ventilación, fenómenos atmosféricos, etc.)

8.2. Ventilación de galerías

En esta fase de detalle se revisarán los estudios y cálculos realizados en la fase previa, en base a los datos aparecidos en ésta.

9. REQUISITOS DEL EQUIPAMIENTO

9.1. Implantación de ventiladores

9.1.1. Implantación

Los ventiladores se situarán en la clave del túnel. Se implantarán preferentemente por parejas o en baterías de 3 o más ventiladores, en función de la sección transversal del túnel. La separación entre ellos será tal que el flujo de una pareja no se encuentre excesivamente próxima a la siguiente de forma que limite su rendimiento. En principio se considera adecuada una separación uniforme a lo largo del túnel con una interdistancia superior a 60-70 m. Los situados próximos a las bocas de entrada en túneles unidireccionales, se recomienda situarlos a una distancia no superior a 25-50 m de las bocas.

No obstante, y puesto que la agrupación en la zona de las bocas supone una instalación eléctrica más económica, podrá realizarse la implantación en grupos de ventiladores que permitan una cierta economía, siempre que se cumplan las siguientes reglas:

9.1.2. Separación entre ventiladores

Separación mínima en sentido longitudinal, de 60 - 70 metros. Este valor tiene un cierto margen de seguridad, a fin de que el aire que llega a la aspiración de un ventilador no tenga ninguna turbulencia procedente del ventilador anterior.

Como base teórica para la definición de esa distancia, podremos considerar las siguientes fórmulas:

Velocidad residual: La velocidad residual del aire procedente de un ventilador tubular al aire libre y a una distancia (d), determinada.

Diam. Ventilador (cm)	Velocidad residual del aire, función de la distancia «d»
71	$\text{Vel } r = -3,697909518 \cdot \text{LN}(d) + 12,4951652025$
80	$\text{Vel } r = -3,9861622979 \cdot \text{LN}(d) + 13,6039880254$
90	$\text{Vel } r = -4,2706382915 \cdot \text{LN}(d) + 4,6982826731$
100	$\text{Vel } r = -4,5251107391 \cdot \text{LN}(d) + 6,771625917$
125	$\text{Vel } r = -5,0640591802 \cdot \text{LN}(d) + 7,750337158$

Variación por rpm: Este valor se supone al aire libre y para ventiladores a 1500 rpm. Por tanto, si las revoluciones son distintas,

da. Hortaz, biraketa-kopurua ezberdina bada, proiektuko haizagailuko balioak aldatu beharko dira; izan ere, haizagailuen legeekin bat etorri, emariarekiko zuzenketa proportzionalak izango dira eta, beraz, irteerako abiadurarekiko eta, hortaz, hondar-abiadurarekiko, hots;

$$\frac{Abi(r)}{Abi(r)'} = \frac{mbk}{mbk'}$$

Coanda-efektua: Aurrekoaz gain, eta «Coanda-efektua»ren ondorioz, %30ekoa izango da gutxi gorabehera hondar-abiadura-rako kalkulaturiko distantziaren balioa.

Kalkulu horiek oinarritzat hartuta, distantziak 30 - 40 m bitartekoak izango dira; hori dela-eta, segurtasun handiagoa izateko, gutxienez 60 - 70 m-ko distantzia proposatzen da. Hala ere, azterlan espezifiko egin behar bada, aurretik adierazitakoa hartuko da kalkulurako oinarri gisa.

9.1.3. Oztipoak

Ez da egongo eragozpenik (hala nola, seinaleak, etab) aire-korrontearen kontra 15 - 20 m-ko gutxieneko distantzian inpultsioan, eta aurretik eta ondoren ere itzulgarriak badira.

9.1.4. Instalazio faktorea

Haizagailuak tuneleko gakoan kokatuko dira, behar bezala zentratuta, eta

- Haizagailuaren ardatzetik sabairainoko gutxieneko distantzia: diametroa behin.
- Haizagailuen ardatzen arteko gutxieneko distantzia: 2 aldiz diametroa.

Balio horien arabera, «Instalazio-faktorea», hots, haizagailuaren bultzada teorikoa %94koaren ingururako da. Sabaiarekiko distantzia 3 aldiz handiagoa bada, faktorea %99koa izango da. 0,5 aldiz handiagoa bada, ordea, sabaia jotzen badago, %83raino murrizten da balioa.

9.1.5. Euskarria eta ainguraketa

Haizagailuen horniduran tuneleko egituraren euskarriak ere sartzeko dira. Horretarako, aurretik fabrikatu beharko dira euskarriak eta ainguraketa, ondorengo puntu hauek kontuan izanik:

- Tuneleko azken muntaketaren egoera.
- Muntaketa baino lehenago ahalik eta osagai gehien izatea eta prestatzea, muntaketa lehenbailehen egiteko.
- Dardaren kontrako gailuak izango ditu, tunelaren egiturari dardararik ez eragiteko, lehenago esandakoarekin bat etorri.

9.2. Ekipoak eta elikagaiak sobera izatea

Aireztapen sistemak berebiziko garrantzia duenez sua dagoenean, egin beharreko kalkuletan kontuan izango da ondorengo: sua haizagailu-bikotearen azpi-azpian gerta daitekeenez gero eta horrek aireztapena murriztea dakarrenez gero, kalkulua egiteko prozesuan haztatu egin behar da emaitza, halako moldez non haizagailuen gutzizko kopurua bikoitia izango baita. Horrekin ulertu behar da ezen, haizagailuak 2 orduz 400°C-ko tenperatura jasateko gai badira ere, funtzionamenduan izango den denbora oso laburra izango dela.

Argindarrari dagokionez, nahiz eta gai honen inguruko atal espezifiko izan, haizagailuek larrialdietako elikadura izatea da jarraitu beharreko irizpidea, bai kanpoko elikadura bikoitzarekin eratzun itxurarekin, bai talde dieselaren bidez.

9.3. Eskakizun funtzionalak

9.3.1. Haizagailuak lehengoratzeko gaitasuna eta suaren kontrako erresistentzia

Suaren kontrako erresistenteak izango dira haizagailu guztiak, eta 2 orduz 400°C-ko tenperatura jasan behar dute osagaietako bat behar bezala funtzionatzeari utzi baino lehen. Halaber, haizagailu guztiak itzulgarriak izan behar dute, eta kontrako norabidean gutxienez %95eko errendimendua izan behar dute.

deberá transformarse a las del ventilador del proyecto, que de acuerdo a las leyes de los ventiladores será directamente proporcional al caudal, por tanto a la velocidad de salida y, como consecuencia, a la residual, es decir;

$$\frac{Vel(r)}{Vel(r)'} = \frac{rpm}{rpm'}$$

Efecto Coanda: Además de lo anterior, y consecuencia del «efecto Coanda», el valor de la distancia calculada para la velocidad residual será del orden del 30% superior.

En base a estos cálculos, las distancias varían entre 30 - 40 metros, por lo cual para mayor seguridad se propone el mínimo de 60 -70 metros. No obstante, en los casos en los que sea necesario un estudio específico, el cálculo se basará en lo expuesto anteriormente.

9.1.3. Obstáculos

No existirán obstáculos a la corriente de aire, tales como señales, etc., a una distancia mínima de 15 - 20 m en la impulsión, y antes y después, si son reversibles.

9.1.4. Factor de instalación

Los ventiladores se situarán en la clave del túnel perfectamente centrados y;

- Distancia mínima del eje del ventilador al techo: 1 vez el diámetro.
- Distancia mínima entre ejes de ventiladores: 2 veces el diámetro.

Se considera que con estos valores, el «Factor de Instalación», es decir, el aprovechamiento del empuje teórico del ventilador es del orden del 94%. Si la distancia al techo se eleva a 3 veces, el factor alcanza el 99%. Al contrario, si fuese 0,5 veces, es decir, pegado al techo, el valor se reduce hasta el 83%.

9.1.5. Soportado y anclaje

El suministro de los ventiladores incluirá los soportes a la estructura del túnel. Para ello, se deberán prefabricar los soportes y anclajes, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Situación que se encontrará en su montaje final en el túnel;
- Disponer y preparar el máximo número de componentes previos al montaje, a fin de que éste se realice con la mayor celeridad.
- Dispondrá de los correspondientes antivibratorios a fin de no transmitir vibraciones a la estructura del túnel de acuerdo a lo anteriormente indicado.

9.2. Redundancia de equipos y de alimentación

Dada la importancia del Sistema de Ventilación en la situación de incendio, en los cálculos a realizar se tendrá en cuenta que puesto que el incendio puede ocurrir justamente debajo de una pareja de ventiladores, con la consecuente reducción de la capacidad total de ventilación, en el proceso de cálculo, el resultado deberá ser mayorado de forma que el total de ventiladores sea un valor par. En lo anteriormente expuesto se entiende que a pesar de que los ventiladores sean capaces de soportar 400°C durante 2 horas, con la proximidad del incendio, su tiempo de funcionamiento será muy breve.

En cuanto a la alimentación eléctrica, aunque existe un apartado específico sobre este tema, el criterio a seguir es disponer que los ventiladores tengan alimentación de emergencia, bien a través de doble alimentación exterior segura y en anillo o bien mediante un grupo diesel.

9.3. Requisitos funcionales

9.3.1. Reversibilidad y resistencia al fuego de los ventiladores

Todos los ventiladores serán resistentes al fuego, debiendo soportar 400°C durante 2 horas antes de que alguno de sus componentes deje de actuar correctamente. Así mismo, todos los ventiladores serán reversibles con rendimiento mínimo del 95% en sentido inverso.

9.3.2. Ekipoen eta giroko zarataren maila

Zarataren parametroa kontuan izan behar da tuneleko giroan, megafoniako sistemak ahalik eta errendimendurik eta eraginkortasunik handiena izan behar duelako, zeren eta sistema hori segurtasun-sistemaren multzoaren barruan sartzen baita larrialdietan; are gehiago, ohiko egoeretan ere bai, adibidez mantentze lanak egiten direnean.

Haizagailuak dira tuneleko giroko bigarren zarata-iturri nagusia; izan ere, altuegia bada, zarata-iturri nagusiarekin batera, hau da, trafikoarekin batera, zarata-maila handia izaten da.

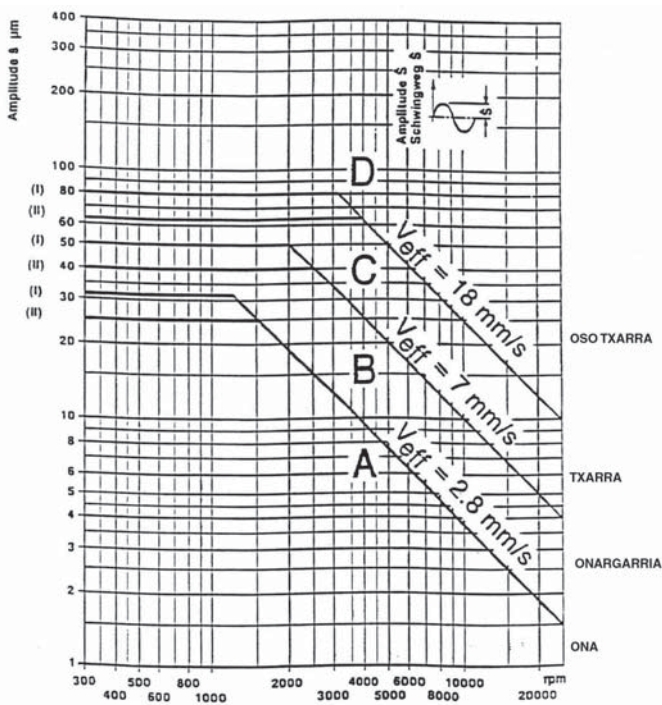
Hori dela eta, haizagailuek isilgailuak eduki behar dituzte sarrean zein irteeran, baina funtsean norabide bakarrean funtzionatuko dute, eta zarataren presio-mailak onargarria izan beharko du.

Balio hori zuzentzat joko da baldin eta lurzorutik metro bateko distantziara eta 45 graduko angeluarekin neurtuta (simetriaren ardatz longitudinalarekiko) ez bada 80 edo 83 dB(A) baino balio handiago lortzen.

9.3.3. Ekipoen dardara-maila

Era horretako haizagailu-motak egiten dituztenentzako egungo arautegiaren araberakoa izango da haizagailuaren dardara-maila. Hala eta guztiz ere, hiru ardatzak jarri osteko neurketetan ez dira gaindituko ondorengo grafikoko balioak.

Vibration diagram



Informazio-iturria ISO 2372-74 / VDI-2056 5. ERANSKINA

10. AIREZTAPEN SISTEMA ABIARAZTEA

10.1. Ohar orokorrak

Honako atal honen xedea aireztapen sistema osoan egin behar-ko diren probak definitzea da.

Proben helburua bikoitza da; alde batetik, sistema proiektuaren eskakizunekin bat datorrela ziurtatzea, betiere ezarritako diseinuaren eskakizunak eta irizpideak beteta; eta beste aldetik, aipaturiko ekipo horien daturik garrantzitsuenen erregistroa izatea, hemendik aurrera historia eduki ahal izateko.

10.2. Probarako prozedurak

Hornitzaileak sortuko ditu proben prozedurak; Obra Zuzendaritzak onetsi behar ditu prozedurok (hemendik aurrera O.Z.).

9.3.2. Nivel de ruido en equipos y ambiente

La razón de que el parámetro del ruido deba ser tenido en cuenta en el ambiente del túnel, tiene su fundamento en la necesidad de que el Sistema de Megafonía tenga el máximo rendimiento y efectividad, dado que este sistema, se encuentra dentro del conjunto de sistemas de seguridad en caso de situación de emergencia, o incluso en situaciones cotidianas, como por ejemplo durante operaciones de mantenimiento.

Los ventiladores son la segunda fuente de ruido más importante en el ambiente del túnel, que si fuese excesivamente alta, produciría un aumento al alza del ya producido por el propio tráfico, principal foco emisor.

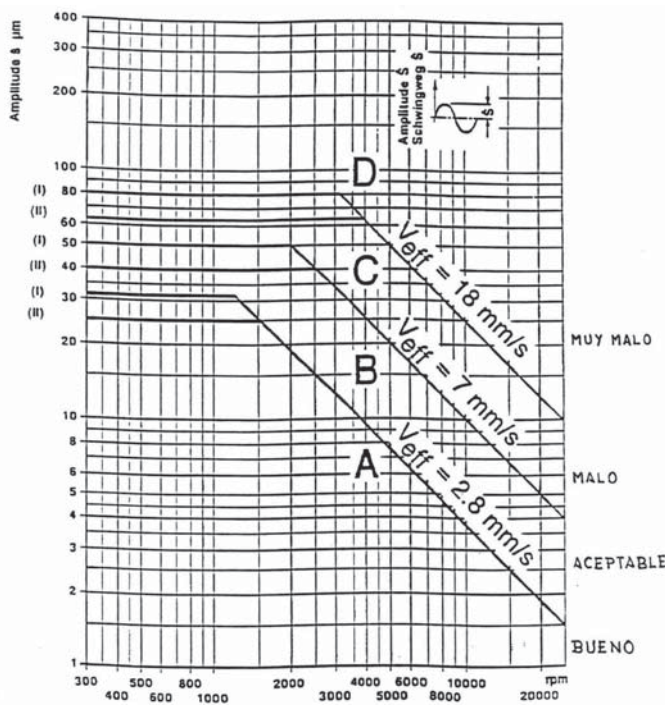
Por esta razón, los ventiladores deberán disponer de silenciadores tanto en la entrada como en la salida, aunque vayan a funcionar fundamentalmente en una dirección, de tal forma que el nivel de presión sonora sea aceptable.

Este valor se considerará correcto si midiendo a una distancia de 1 m del suelo y con un ángulo de 45°, con respecto al eje longitudinal de simetría, no se superan los 80 u 83 dB(A).

9.3.3. Nivel de vibraciones de equipos

El nivel de vibraciones del ventilador estará de acuerdo a la normativa actual para los fabricantes de este tipo de ventiladores. No obstante, las mediciones en los tres ejes una vez instalados no sobrepasarán los indicados en el siguiente gráfico.

Vibration diagram



Fuente informac. ISO 2372-74 / VDI 2056 ANEXO 5

10. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

10.1. Generalidades

El presente apartado tiene por objeto definir las pruebas que deberán realizarse en el conjunto del Sistema de Ventilación.

El objetivo de las pruebas es doble, por una parte, asegurar que el Sistema se corresponde con las exigencias del proyecto cumpliendo los Requisitos y Criterios de Diseño establecidos, y una segunda, disponer de un registro de los datos más importantes de dichos equipos para disponer en adelante del correspondiente historial.

10.2. Procedimientos de prueba

El Suministrador generará los procedimientos de pruebas, los cuales deberán haber sido aprobados por la Dirección de Obra (en adelante D.O.).

10.3. Probak gauzatzeko tresnak

Hornitzailearen aparatuekin egingo dira neurketa guztiak, baina aurretik erkatu egin behar dira eta egiaztagirak OZri eman behar zaizkio erabilera onets dezan. Ez dira inola ere erabiliko instalazioko aparatu finkoak; halaber, neurketak erabil daitezke erketa egiteko.

10.4. Egin beharreko probak eta helburuak

Hiru proba-mota egongo dira: hornitzaile edota fabrikatzailearen instalazioetako osagaiak, landako osagaiak eta sistema osoaren funtzionaltasuna.

10.4.1. Osagaien gaineko probak eta helburuak hornitzailearen / fabrikatzailearen instalazioetan

Osagaia soilik probatuko da. Hala, instalazioan erabiltzen diren haizagailu-motak probatuko dira, edo haizagailu-eredua, koadro elektrikoak, etab.

Tuneleko aireztapenari zein ebakuazio-galeriei, gela tekniko-
ei, eta abarri aplikatuko zaie puntu hau.

Honako osagai hauek probatu beharko dira:

1. Haizagailuak.
2. Elektrizitate-panelak.
3. Kontroleko sistemaren osagaiak.

10.4.1.1. Haizagailuak

Haizagailuen motorren parametro elektrikoak egiaztatzea:

— Fabrikatzailearen entsegu-dokumentuak egiaztatzea / izatea.

Haizagailu-mota bakoitzaren emaria-presioa-bultzada kurba egiaztatzea:

— Fabrikatzailearen entsegu-dokumentuak egiaztatzea / izatea.

Haizagailuaren gainerako parametroak egiaztatzea (dardarak, zarata)

- Dardaren neurketa.
- Zarataren neurketa.

10.4.1.2. Elektrizitate-panelak

Parametro elektrikoak egiaztatzea:

- Zurruntasun dielektrikoa.
- Magnetotermikoen tara, diferentziala, etab.
- Jarduketa eta maniobra probak.

10.4.1.3. Kontroleko sistema

Jarduketa egiaztatzea funtzionamenduaren logikaren arabera; hartara, hainbat seinaleren simulazioa egingo da.

10.4.2. Osagaien probak eta helburuak landa-lanean

Proba hauetan, osagaiak behar bezala jarri izanari buruzko probak egingo dira, baina muntaketa horrek gainerako osagaietan izan ditzakeen ondorioak aintzat hartu barik; adibidez, tuneleko haizagailuen proban, banan-banan probatuko dira geldirik dauden gainerako haizagailuekin. Ebakuazio-galerietan eta gela teknikoetan, jakina, aparte egingo dira.

Honako hauek barne hartuko dituzte landako probek:

1. Muntaturiko elementuen begizko ikuskapena.
2. Osagai mekanikoen eta elektrikoaren probak.

10.4.2.1. Muntaturiko elementuen begizko ikuskapena

Elementu mekanikoak, elektrikoak edo tresnak behar bezala muntatzen direla egiaztatzea, planoen kokapenaren eta abarren araberak.

10.3. Instrumentación de pruebas

Todas las mediciones se realizarán con aparatos pertenecientes al Suministrador, los cuales deberán haber sido previamente contrastados y su certificación deberá ser entregada a la D.O. para la aprobación de su utilización. En ningún caso podrán utilizarse para la prueba los aparatos fijos pertenecientes a la instalación, sirviendo asimismo las mediciones para el contraste de éstos.

10.4. Pruebas a realizar y objetivos

Existirán tres tipos de pruebas, de componentes en las instalaciones del suministrador /fabricante, de componentes en campo y de funcionalidad del conjunto del sistema.

10.4.1. Pruebas de componentes y objetivos, en las instalaciones del suministrador / fabricante

En ellas, se probará el componente como tal. Así, deberá probarse uno de cada tipo de los ventiladores que se utilicen en la instalación o un ventilador prototipo, cuadros eléctricos, etc.

Este punto es aplicable tanto a la ventilación del túnel como a las galerías de evacuación, cuartos técnicos, etc.

Los componentes que deberán probarse son:

1. Ventiladores.
2. Cuadros eléctricos.
3. Componentes del sistema de control.

10.4.1.1. Ventiladores

Verificación de los parámetros eléctricos de los motores de los ventiladores:

— Verificar / disponer de documentos de ensayos del fabricante.

Verificación de la curva caudal-presión - empuje, de uno de cada tipo de ventilador:

— Verificar / disponer de documentos de ensayos del fabricante.

Verificación del resto de los parámetros del ventilador (vibraciones, ruido):

- Medición de vibraciones.
- Medición de ruido.

10.4.1.2. Cuadros eléctricos

Verificación de los parámetros eléctricos:

- Rigidez dieléctrica.
- Tarado de magnetotérmicos, diferencial, etc.
- Pruebas de actuación y maniobra.

10.4.1.3. Sistema de control

Verificación de la actuación de acuerdo a la lógica de funcionamiento, mediante la simulación de las distintas señales.

10.4.2. Pruebas de componentes y objetivos, en campo

En ellas, se probará el componente como tal debidamente instalado, pero sin tener en cuenta las implicaciones que su montaje con el resto de componentes pueda tener, por ejemplo, durante la prueba de los ventiladores de túnel se probarán uno a uno, con el resto de ventiladores parados. En el caso de las galerías de evacuación cuartos técnicos, lógicamente también se realizarán de forma independiente.

Las pruebas en campo constarán de:

1. Inspección inicial visual de los elementos montados.
2. Pruebas de componentes mecánicos y eléctricos.

10.4.2.1. Inspección inicial visual de los elementos montados

Verificar el correcto montaje de los distintos elementos mecánicos, eléctricos o instrumentos, de acuerdo a situación en planos, etc.

10.4.2.2. *Osagai mekanikoen eta elektrikoek probak***HAIZAGAILUAK****AINGURAKETA**

Haizagailu guztietako ainguraketa-sistema egiaztatzea. Tune-laren aireztapenean, haizagailu bakoitzaren ainguraketa eta segur-tasuneko elementuek jasandako balioa egiaztatuko dira.

PARAMETRO ELEKTRIKOAK

Haizagailu guztien emaria-presioa-bultzada kurba egiaztatzea neurketen bidez eta horiek fabrikatzailearen datuekin eta disei-nuarekin alderatzea.

Instalazio elektriko osoa neurketa eta eragiketa hauen bidez frogatu beharko da:

- Motorrak eta gainerako ekipo elektrikoak eta elektroniko-ak konektatu baino lehen, lurrerako isolamenduaren erre-sistentzia eta eroaleen arteko erresistentzia neurtuko da, zirkuitu bakoitzean zein hornitzaile bakoitzean, eta gutxie-nez 750.000 ohmio eman behar dira.
- Motorrak eta gainerako ekipoak konektatu ondoren, berriz ere neurtuko da modu berean isolamenduaren erresisten-tzia, eta gutxienez 250.000 ohmioko balioa eman behar zaie.
- Osagai guztien identifikazioa egiaztatu beharko da eta zir-kuituen seinaleak egiaztatu beharko dira.
- Elikadura-tentsio orokorrak eta partzialak, intentsitate nomi-nalean edo maximoan.
- Aginte-toki orokorreko maiztasuna.
- Aginte-tokiko lur orokorra eta makinetako partzialak.
- Haizagailu bakoitzaren proba berezian neurtuko da haiza-gailuen potentzia.
- Diferentzialen proba.
- Magnetotermikoen proba.
- Motor-gordelekuen proba eta kalibraketa.
- Termikoen proba eta kalibraketa.
- Arrankatzeko gailuen proba eta kalibraketa.
- Katigamenduak egiaztatzea.

HAIZAGAILUAREN KURBA KARAKTERISTIKOA

Haizagailu guztien emaria-presioa-bultzada kurba egiaztatzea neurketen bidez eta horiek fabrikatzailearen datuekin eta disei-nuarekin alderatzea.

- Bertatik igarotzen den emaria neurtzea, edo balio hori teo-rikoki ondorioztatzea neurketaren benetako intentsitatea oina-rritatzat hartuta.
- Loturiko funtzionamenduaren puntua haizagailuaren balio teknikoarekin alderatzea.
- Minutuko birak neurtzea

DARDARAK ETA ZARATA

Haizagailuaren gainerako parametroak egiaztatzea (dardarak, zarata)

- Dardaren neurketa.
- Zarataren neurketa.

10.4.3. Sistema osoaren funtzionaltasunaren probak eta helburuak

Sistema orokorraren funtzionaltasuna ikusiko da probetan, bai tunelaren aireztapena, bai gainerako azpisistemak (galeriak, etab.). Instalazioaren funtzionamendu normalera ahalik eta gehien hurbiltzeko simulazioa egingo da puntu honetan.

Funtzionaltasuna egiaztatzeko, haizagailuak oro har probatu-ko dira, bai ohiko funtzionamenduan ari direnean, bai larrialdietan Ustiapenaren Eskuliburuan ezarritako modu ezberdinetan. Hona hemen probak:

10.4.2.2. *Pruebas de componentes mecánicos y eléctricos***VENTILADORES****ANCLAJE**

Verificación del sistema de anclaje de cada uno de los venti-ladores. En la ventilación de túnel, se comprobará el valor sopor-tado por cada uno de los elementos de anclaje y seguridad, de cada ventilador.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Verificación de los parámetros eléctricos de cada uno de los motores de los ventiladores mediante mediciones, y comparación con los datos de fabricante y diseño, así como del resto de com-ponentes.

Toda la instalación eléctrica será probada mediante las siguientes medidas y operaciones:

- Antes de conectar los motores y demás equipos eléctricos y electrónicos se medirá la resistencia del aislamiento a tie-rra y entre conductores, haciéndose tanto de cada circui-to como para alimentador, y debiéndose obtener un valor no inferior a 750.000 ohmios.
- Una vez conectados los motores y demás equipos se vol-verá a medir la resistencia del aislamiento en la misma for-ma, debiendo dar un valor no inferior a 250.000 ohmios.
- Deberá comprobarse la identificación de todos los com-ponentes y comprobar la señalización de los circuitos.
- Tensiones de alimentación generales y parciales, a inten-sidad nominal o máxima.
- Frecuencia en cuadro general.
- Tierras generales de cuadro y parciales de máquinas.
- Las medidas de potencia en cada ventilador, se realizarán en la prueba particular de cada uno.
- Prueba de diferenciales.
- Prueba de magnetotérmicos.
- Calibrado y prueba de guardamotores.
- Calibrado y prueba de térmicos.
- Calibrado y prueba de arrancadores.
- Verificación de enclavamientos.

CURVA CARACTERÍSTICA DEL VENTILADOR

Verificación de la curva caudal-presión-empuje de cada uno de los ventiladores mediante mediciones, y comparación con los datos de fabricante y diseño.

- Medición del caudal que pasa por él, o deducir este valor de forma teórica basándose en la intensidad real medida.
- Comparación del punto de funcionamiento obtenido, con el valor teórico del ventilador
- Medición de las r.p.m.

VIBRACIONES Y RUIDO

Verificación del resto de los parámetros del ventilador (vibra-ciones, ruido):

- Medición de vibraciones.
- Medición de ruido.

10.4.3. Pruebas de funcionalidad y objetivos, del conjunto del sistema

En ellas, se observará la funcionalidad del conjunto del Sis-tema, tanto la ventilación de túnel, como en los demás subsiste-mas, (galerías, etc.). Tratará de simularse en este punto, dentro de lo que se pueda, las condiciones más próximas al funciona-miento normal de la instalación.

Para la funcionalidad, se probarán todos los ventiladores fun-cionando como conjunto, tanto en Funcionamiento Normal como en Emergencia en las distintas formas previstas en el Manual de Explotación. Dichas pruebas serán:

10.4.3.1. *Funtzionamendu normalaren egoera*

Aurreikusitako haizagailuen funtzionamendua, opakotasun eta CO balioen arabera.

10.4.3.2. *Larrialdietako funtzionamenduaren egoera*

Haizagailuen funtzionamendua, suaren egoeren funtzioa, baita galerien eta gela teknikoetako azpisistemen egoera ere.

10.5. Probaren jarraibideak

Haizagailu guztietan egin beharko dira ondoren agertzen diren atalak, eta neurketak formatu egokian abiaraziko dira. Hori aplikatu behar zaio tuneleko aireztapenari, baita ebakuazio-galerietako eta gela teknikoetako aireztapenari ere.

10.5.1. Haizagailuen ezarpena eta ainguraketa sistema egiaztatzea10.5.1.1. *Haizagailuak ezartzea*

Haizagailu guztiak proiektuarekin bat etorritz jartzen direla berri-kustea.

10.5.1.2. *Haizagailuen ainguraketa*

Oro har, haizagailuetako ainguraketa-bernoak, tamaina, lotura, etab. begiz ikuskatuko dira.

Tuneleko aireztapeneko haizagailuen kasuan, euste eta segurtasun ainguraketa-berno guztien karga-proba egingo da, jasan beharreko pisua baino 10 aldiz handiagoko indarrarekin, segurtasun-koefiziente gisa.

10.5.2. Haizagailuak ikuskatzea eta egiaztatzea

Haizagailuak behar bezala muntatu ondoren egingo da ikuskapena.

10.5.2.1. *Ekipoaren begizko ikuskapena*

- Ainguraketa sistema, zigilatze sistema, konexio elektrikoak, kolperik eza, etab. egiaztatzea.
- Ezaugarrien plaka egiaztatzea. Plaka hori behar bezala jarrita dagoela eta irakurtzeko modukoa dela egiaztatzea, baita proiektuko datuekin bat datorrela ere.

10.5.2.2. *Sistema elektrikoa egiaztatzea*

Zehaztapenik gabeko aginte-tokia, konexioak, kableen markak, garbiketa, lanperen seinale egokiak, etengailu nagusiaren zirkuitu laburraren intentsitatea, etab. egiaztatzea.

Osagaien tarak egiaztatzea, hala nola magnetotermikoa, koadroko seinaleak eta ekipoaren benetako funtzionamendua bat datozen, haizagailuaren biraketa egokia den, etab. egiaztatzea.

10.5.2.3. *Haizagailuaren motorraren parametro elektrikoak egiaztatzea*

Arrankearen intentsitatea, nominala, tentsioa, etab. neurtzea.

10.5.2.4. *Haizagailuen emaria eta minutuko bira-kopurua egiaztatzea*

Probatu beharreko haizagailuaren kurbak izan behar dira. Intentsitateen datuarekin eta emariarekin eta minutuko bira kopuruekin, proiektuan eskaturikoarekin egingo dira konparaketak bultzadari eta abarri dagokienez tunelen haizagailuen kasuan, edo presioen gainekoak gainerakoetan.

10.5.2.5. *Haizagailuaren gainerako parametroak egiaztatzea (dardarak, zarata)*

Haizagailuaren karkasako dardarak neurtuko dira.

Haizagailuaren zarata neurtuko da, eta, horretarako, sonometro bat jarriko da galtzadatik horren artea-ahoraino dagoen distantziara eta 45 graduko angeluan haizagailuaren simetria-ardatz longitudinalarekiko.

10.4.3.1. *Situación de funcionamiento normal*

Funcionamiento de los ventiladores previstos, en función de distintos valores de opacidad y CO.

10.4.3.2. *Situación de funcionamiento de emergencia*

Funcionamiento de los ventiladores, función de distintas situaciones de incendio, así como de los subsistemas de galerías y cuartos técnicos.

10.5. Instrucciones de prueba

Los puntos que a continuación se exponen, deberán realizarse en cada uno de los ventiladores, e implementar las mediciones en el formato correspondiente. Ello es aplicable tanto a la ventilación del túnel como en las galerías de evacuación y cuartos técnicos.

10.5.1. Verificación de la implantación y sistema de anclaje de los ventiladores10.5.1.1. *Implantación de ventiladores*

Revisar situación de la implantación de acuerdo al proyecto, de cada uno de los ventiladores.

10.5.1.2. *Anclaje de ventiladores*

En general, se realizará una inspección visual de los pernos de anclaje de los ventiladores, tamaño, sujeción, etc.

En el caso de los ventiladores de la ventilación de túnel, se realizará la prueba de carga de cada uno de los pernos de anclaje de sujeción y seguridad, para una fuerza de al menos 10 veces el peso a soportar, como coeficiente de seguridad.

10.5.2. Inspección y verificación de ventiladores

Esta inspección se realizará una vez hayan sido debidamente montados los ventiladores.

10.5.2.1. *Inspección visual del equipo*

- Revisar el sistema de anclaje, sellado, conexión eléctrica, ausencia de golpes, etc.
- Verificación de la placa de características. Comprobar que dicha placa se encuentra perfectamente colocada y legible, y que se corresponde con los datos de proyecto.

10.5.2.2. *Verificación del sistema eléctrico*

Revisar apartamento de cuadro s/especificación, conexiones, marcado de cableado, limpieza, señalización correcta de lámparas, intensidad de cortocircuito del interruptor principal, etc.

Verificación del tarado de los correspondientes componentes como magnetotérmico, correspondencia entre la señalización en cuadro y funcionamiento real del equipo, giro correcto del ventilador, etc.

10.5.2.3. *Verificación de los parámetros eléctricos del motor del ventilador*

Efectuar mediciones correspondientes a intensidad de arranque y nominal, tensión etc.

10.5.2.4. *Verificación del caudal y r.p.m. de los ventiladores*

Se deberá disponer de las curvas del ventilador a probar. Con los datos de intensidades, y caudal y r.p.m. medidos, se comparará con el solicitado en el proyecto, en cuanto a empuje, etc., en el caso de los ventiladores de túnel, o presiones en el resto.

10.5.2.5. *Verificación del resto de los parámetros del ventilador (vibraciones, ruido)*

Se medirán las vibraciones en la carcasa del ventilador.

Se procederá a la medición del ruido del ventilador mediante un sonómetro colocado a la distancia que existe desde la calzada a la boca de salida del mismo y con un ángulo de 45° respecto al eje longitudinal de simetría del ventilador.

10.5.2.6. Funtzionaltasunaren gaineko proba

Haizagailu guztien funtzionaltasuna egiaztatuko da;

- Tokian arrankatzea edota gelditzea tokiko seinaleztapenarekin eta kontrolako zentroan, norabide zuzenean.
- Kontrolako zentrotik arrankatzea edota gelditzea tokiko seinaleztapenarekin, eta kontrolako zentroan kontrako norabidean.
- Egiaztapen berak baina alderantziz tuneleko haizagailuekin.
- Tuneleko airearen batez besteko abiadura egiaztatzea Ustiapenaren Eskuliburuan ezarritakoarekin bat etorritz. Anemometro finkoak dauden sekzio berean hartu beharko dira balio horiek, halako moldez non kontrolako zentroan lorturiko neurketarekin neurtuko baitira, bi neurketen arteko korrelazioa ezagutu ahal izateko.
- Zarata egiaztatzea. Tuneleko toki eta une ezberdinetan neurtuko da zarata, hala nola funtzionatzen ari den haizagailukopurua, eta megafoniakoak egoera horietan eraginkorrak direla egiaztatuko da.

10.5.3. Lotuta tresnak ikuskatzea eta egiaztatzea**10.5.3.1. Ekipoaren begizko ikuskapena**

- Elementu guztiak proiektuarekin bat etorritz jartzen ari direla berrikustea.
- Ainguraketa-sistema berrikustea, kolperik ez dagoela egiaztatzea, etab., haizagailuekin lotutako tresna guztietan.
- Ezaugarrien plakak egiaztatzea. Plakak behar bezala jarrita eta erraz irakurtzeko modukoak direla egiaztatzea, baita proiektuko datuekin bat datozela egiaztatzea ere.

SISTEMA ELEKTRIKOA EGIAZTATZEA

Konexioak, kableen markaketa, garbiketa, etab. proiektuaren zehaztapenen arabera berrikustea.

Osagaien tara, koadroko seinaleztapenak eta ekipoaren benetako funtzionamendua bat datozela egiaztatzea, etab.

FUNTZIONALTASUNAREN GAINEKO PROBA

Tresna guzti-guztien funtzionaltasuna egiaztatuko da;

- Kontrolako zentroaren softwarearen seinaleztapena.
- Tresna horien irakurketen fidagarritasun-txantiloien bidezko egiaztapena.

10.5.4. Tuneleko haizagailu guztien funtzionaltasunaren gaineko proba

Tuneleko haizagailu guztiak eta tresna guztiak probatu eta abian jarrita, sistemaren funtzionaltasunaren proba egingo da, Ustiapenaren Eskuliburuan ezarritakoekin bat etorritz betiere.

Ondoren azalduko denetik, proba egitean benetakoa izan ezin daitekeena simulatu egin beharko da. Honako finkapen hauek egiaztatuko dira:

- Sua antzemateko sistemarekiko finkapena.
 - Ustiapenaren Eskuliburuan ezarritakoarekin bat etorritz behar diren haizagailuak arrankatzea edota gelditzea, lotura duten tresnekiko katigamenduen arabera, hurrengo atalean agertzen denez.
- Lotura duten tresnen katigamendua.
 - Aurreikusitako haizagailuak automatikoki arrankatzea edota gelditzea, CO detektagailuek eta opazimetroek emandako balioen arabera.
 - Haizagailuak arrankatzea, barruko anemometroek edo hornituriko balioen, eta sua dagoenean, kanpoko anemometroek edo haize-hargailuek hornitutako balioen arabera.

10.5.2.6. Prueba de funcionalidad

Se comprobará la funcionalidad de cada uno de los ventiladores;

- Arranque / parada de forma local con su señalización local y en Centro de Control, en sentido directo
- Arranque / parada desde el Centro de Control con su señalización local y en Centro de Control, en sentido directo.
- Las mismas verificaciones pero en sentido inverso, en el caso de los ventiladores de túnel.
- Verificación de la velocidad media del aire en el túnel en las distintas asunciones del Manual de Explotación. Estos valores deberán de tomados en la misma sección donde se encuentran los anemómetros fijos, de forma que puedan ser comparados con la medición obtenida en el Centro de Control a fin conocer la correspondiente correlación entre ambas medidas.
- Verificación del ruido. Se realizarán mediciones de ruido en distintos puntos del túnel y en distintas asunciones, tales como número de ventiladores en funcionamiento, y se comprobará la efectividad de la megafonía en esas condiciones.

10.5.3. Inspección y verificación de instrumentos asociados**10.5.3.1. Inspección visual del equipo**

- Revisar situación de la implantación de acuerdo al proyecto, de cada uno de los elementos.
- Revisar el sistema de anclaje, ausencia de golpes, etc, de cada uno de los instrumentos asociados a los ventiladores.
- Verificación de las placas de características. Comprobar que dichas placas se encuentran perfectamente colocadas y legibles, y que se corresponden con los datos de proyecto.

VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Revisar conexiones, marcado de cableado, limpieza, etc. de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Verificación del tarado de los correspondientes componentes, correspondencia entre la señalización en cuadro y funcionamiento real del equipo, etc.

PRUEBA DE FUNCIONALIDAD

Se comprobará la funcionalidad de cada uno de los instrumentos;

- Señalización en software del Centro de Control.
- Verificación mediante patrón de la fiabilidad de las lecturas de dichos instrumentos.

10.5.4. Prueba de funcionalidad del conjunto de los ventiladores del túnel

Una vez probados y puesto en operación cada uno de los ventiladores del túnel, y sus correspondientes instrumentos, se procederá a la prueba de funcionalidad del Sistema de acuerdo a las asunciones previstas en el Manual de Explotación.

De lo expuesto a continuación, aquello que no pueda ser real en el momento de la prueba, deberá simularse. Se verificarán los siguientes enclavamientos:

- Enclavamiento con el Sistema de Detección de Incendios.
 - Arranque/parada de los ventiladores necesarios de acuerdo a las distintas asunciones del Manual de Explotación en función de los enclavamientos con los instrumentos asociados, tal como se indica en el siguiente apartado.
- Enclavamiento con los instrumentos asociados.
 - Arranque/parada de forma automática de los ventiladores previstos, de acuerdo a los valores suministrados por los detectores de CO y opacímetros.
 - Arranque de los ventiladores correspondientes en función de los valores suministrados por los anemómetros interiores y de los anemómetros exteriores y el cata-

Sua dagoen tunel-zuloko haizagailuak behar den moduan funtzionatzen dutela egiaztatzea, ebakuazio denboran aurreikusten den abiadura baxua lor dadin hasierako minutuetan, hain zuzen turbulentziarik gerta ez dadin.

- Bi tuneletako haizagailuekin finkapena, sua dagoenean.
 - Ukitu ez den tuneleko haizagailuetako batzuk automatikoki arrankatzea trafikoaren kontrako noranzkoan, kea berriz ibil ez dadin.
- Tresna elkartuen softwarea egiaztatzea.
 - Tunelaren abiaduratzat hartu beharreko balioak honako hau kontuan hartzen duela egiaztatzea: suak ukituriko anemometroaren irakurketa ez dela kontuan hartzen anemometroen batez bestekoan. Baldin eta anemometroren baten tunelaren sekzio berezi batean badago, horren balioa zuzendu behar dela ere hartuko da aintzat.

10.5.5. *Ebakuazio-galerien edo gela teknikoaren aireztapenaren funtzionaltasunaren gaineko proba*

Osagai guzi-guztiak eta horien tresnak probatuta eta abian jarrita, funtzionaltasunaren gaineko proba egingo da.

Ondoren azalduko denetik, proba egitean benetakoa izan ezin daitekeena simulatu egin beharko da. Honako finkapen hauek egiaztatuko dira:

- Sua antzemateko sistemarekiko finkapena.

EBAKUAZIO-GALERIAK

- Aurreikusitako haizagailuak automatikoki arrankatzea, suaren egoeraren eta ustiapenaren eskuliburuaren bestelako egoeren arabera.
- Suebakiaren konporta irekitzea, ustiapenaren eskuliburuan aurreikusitako egoeraren arabera.

GELA TEKNIKOAK

- Aurreikusitako haizagailuak automatikoki gelditzea, ustiapenaren eskuliburuan aurreikusitako egoeraren arabera.

11. AIREZTAPEN INSTALAZIOAK MANTENTZEA

Tunelaren kudeatzailea izango da ezarritako instalazioak mantentzeko arduraduna.

Ustiapenaren eskuliburuan espresuki aipatu beharko da puntu hau, eta behar bezala garatu behar da, fabrikatzailearen gomendioen eta arautegi aplikagarriaren arabera.

V. ERANSKINA

SUAREN KONTRAKO BABESA

1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea da Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen zerbitzuan, plangintzan, proiektuan, zerbitzuan jartzean eta eraikuntzan, Suaren Kontrako Babes Sistemako xedapen eta kalkuluak definitzea da.

Dokumentu honen helburua da Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburu hauek erdiestea:

- Tunelen plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eskuragarri jarri nahi da, nork bere etapan diseinuaren, eraikuntzaren, zerbitzuan jartzearen eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezan segurtasunaren eskakizunei buruz; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.

vientos, en caso de incendio. Verificar que el conjunto de ventiladores en el tubo correspondiente al incendio pasan a funcionar en el sentido necesario para que en los primeros minutos se consiga la velocidad baja prevista durante el tiempo de evacuación que evite las turbulencias.

- Enclavamiento con los ventiladores de ambos túneles en caso de incendio
 - Arranque de forma automática de algunos de los ventiladores del túnel no afectado en sentido contrario al tráfico, para evitar recirculación del humo.
- Verificación del software de los instrumentos asociados.
 - Verificar que el valor a considerar como velocidad del túnel tiene en cuenta que la lectura del anemómetro afectado por incendio no se tiene en cuenta en la media de los valores de los anemómetros. También se tendrá en cuenta que si algún anemómetro se encuentra en alguna sección especial del túnel, su valor deberá de ser corregido.

10.5.5. *Prueba de funcionalidad de la ventilación de galerías de evacuación o cuartos técnicos*

Una vez probados y puesto en operación cada uno de los componentes, y sus correspondientes instrumentos, se procederá a la prueba de funcionalidad.

De lo expuesto a continuación, aquello que no pueda ser real en el momento de la prueba, deberá simularse. Se verificarán los siguientes enclavamientos:

- Enclavamiento con el Sistema de Detección de Incendios.

GALERÍAS DE EVACUACIÓN

- Arranque de forma automática de los ventiladores previstos, de acuerdo a la situación del fuego y otras asunciones del Manual de Explotación.
- Apertura de la compuerta cortafuego correspondiente de acuerdo a la situación prevista en el Manual de Explotación.

CUARTOS TÉCNICOS

- Parada de forma automática de los ventiladores previstos, de acuerdo a la situación prevista en el Manual de Explotación.

11. MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE VENTILACIÓN

El gestor del túnel será responsable del mantenimiento de las instalaciones implantadas.

El Manual de Explotación deberá hacer mención expresa a este punto, debiendo ser debidamente desarrollado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y la normativa aplicable.

ANEXO V

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

1. OBJETO

La presente instrucción técnica tiene por objeto definir las disposiciones y cálculos del Sistema de Protección Contra Incendios en los túneles en servicio, planeamiento, proyecto, puesta en servicio y construcción, pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia, a saber:

- Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción, puesta en servicio y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.

- Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea; hala, eskatzekoa den legezko eremu gisa balioko du.
- Zerbitzu-maila altuari eustea errepideetako tunelen ustiapenean, tunelen barruko aldeetan pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetzeko, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobea izan dadin lagungarria izateko ere.

- Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.
- Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

2. DOKUMENTUAREN IRISMENA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiari ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitze fasean, proiektu fasean edo planeamenduko fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepideei buruzko martxoaren 24ko 2/2011 Foru Arauan ezarritakoaren arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaz bete beharreko segurtasun-balidintzak zehaztu ditu.

Praktikan betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurritz kanpokoak izanez gero, Administrazio Agintaritzak arriskua murrizteko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurriok segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak ikuskatuko du; Segurtasun Irizpenean bidaliko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balorazioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Arau eta zuzentarau hauek suaren kontrako babes sistema-rekin lotutako alderdiren bati buruzkoak dira.

- A.I.P.C.R.-en gomendioak.
- UNE arauak.
- NFPA 502: Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways
- Europako Parlamentuak eta Kontseiluak 2004ko apirilaren 29an emandako 2004/54/CE Zuzentaraua, errepideen Europaz gaindiko sarearen tuneletarako segurtasunari buruzko gutxieneko eskakizunen gainekoa. 500 m-tik gorako tunelei aplikatu beharrekoa.
- 2004/54/CE Zuzentzarauko akats-zuzenketa.
- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa; Bizkaiko Foru Aldundiko Gobernu Kontseiluak onetsi du, 2006ko abuztuaren 23an egindako bileran.
- CEPREVEN erregela teknikoak.
- NFPA 24: Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances.
- UNE 25-500-2012 arauak.: Su-itzaltzeko ura hornitzeko sistemak.
- UNE 23007 araua «Suteak automatikoki detektatzeko sistemen osagaiak».
- Según la UNE 12845:2005 «Sistemas fijos de lucha contra incendios».
- NFPA 750: (2010) Standard on Water Mist Fire Protection Systems.
- Azaroaren 5eko 1942/1993 Errege Dekretua, suaren kontrako babeseko instalazioen araudiari buruzkoa.
- Azaroaren 5eko 1942/1993 Errege Dekretuko akats-zuzenketa; horren bidez, Suen kontrako Babes Instalazioen Araudia onetsi da. 1994ko maiatzaren 7ko 109. zenbakiko «B.O.E.».

2. ALCANCE DEL DOCUMENTO

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/2011, del 24 de marzo de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

En el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

Las siguientes Normas, y Directivas hacen referencia a algún aspecto relacionado con el Sistema de Protección Contra Incendios.

- Recomendaciones de la A.I.P.C.R.
- Normas UNE.
- NFPA 502 Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways.
- Directiva 2004/54/CE del parlamento Europeo y del consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras. Aplicable a túneles de más de 500 m.
- Corrección de errores de la Directiva 2004/54/CE.
- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras, aprobado por el Consejo de Gobierno de la Diputación Foral de Bizkaia, en reunión de 23 de agosto de 2006.
- Reglas Técnicas de CEPREVEN.
- NFPA 24: Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances
- Norma UNE 23500-2012: Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.
- Norma UNE 23007 «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios».
- Según la UNE 12845:2005 «Sistemas fijos de lucha contra incendios».
- NFPA 750: (2010) Standard on Water Mist Fire Protection Systems.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.
- Corrección de errores del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. «B.O.E.» número 109 del 7 de mayo de 1994.

- 1998ko apirilaren 16ko Agindua: 1942/1993 Errege Dekretuko 5., 7. nahiz 9. atalak, 1. gehigarriko eranskina eta 2. gehigarriko I. zein II. taulak aldatzea
- Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tunelen segurtasunerako gutxieneko baldintzei buruzkoa
- 2006ko uztailaren 31ko 635/2006 Errege Dekretuko akatsen zuzenketa
- Martxoaren 17ko 314/2006 Errege Dekretua, Eraikuntzaren Kode Teknikoa onartzen duena (DB-SI).

- Orden de 16 de abril de 1998: modificación de los apartados 5, 7 y 9 y el anexo del apéndice 1 y las tablas I y II del apéndice 2 del Real Decreto 1942/1993.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 635/2006, de 31 de julio 2006.
- Real Decreto 314/2006 del 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (DB-SI).

4. SUAREN KONTRAKO BABESA TUNELETAN

4.1. Sarrera

Tuneletako suaren kontrako babes sistemaren oinarritzko funtzioak beste edozein alorren antzekoak dira, baina berezitasun batzuk daude. Honako hauek hartu behar dira aintzat: suaren kontrako prebentzioa, halogenorik gabeko kable libreen bidez, esaterako; sektorizazioa, aplikatu egingo da ebakuazio galerien kasuan; detektatzea eta aurkitzea, tunel osoan zehar eta zenbait tokitan izango da detekzioa, transformatzaileen geletan adibidez; alarmak, batez ere megafonia sistemaren bidez; sua itzaltzea: tunelaren kasuan kanpoko laguntzaren bidez egiten da; kea ebakutzeta, aireztapen sistemaren bidez, eta azkenik ebakuazio ibilbideak eta babes elementuen seinaleztapena.

4.2. Suaren kontrako babes sistemaren helburuak

Suaren kontrako babes sistema tunelaren segurtasuna hobetzeko lagungarri diren sistemetakoa bat da honako arlo hauetan:

Prebentzioa eta babes pasiboa: Sua agertzea modu pasiboa galaraziz lortzen da; horretarako, ahal dela material ez erregaiak jarriko dira, hala nola, suaren kontrako erresistentzia duten kableak eta sua dagoenean ahalik eta gutxien kaltetzen diren egitura elementuak, sua izan ondoren tunela lehenbailehen zerbitzuan jar dadin berriz ere.

Sektorizazioa: Sektorizazioari esker, sua zenbait aldetan zabaltzea ekiditen da; halaxe gertatzen da gela teknikoetan eta ebakuazio galerietan.

Detekzioa: Erabilitako detekzio-sistemei esker, tunelean dagoen ala ez jakin daiteke, betiere gutxieneko akats-marjina izanik puntu kilometrikoari dagokionez. Tunelean detektagailu linealak erabiliz gero, suaren sorburua detektatu eta koka daiteke. Giroa kontrolatzeko sistemekin osatzen dira detektagailu linealak (opazimetroak, CO₂ neurgailuak, etab.), eta zaintzako baliabide optikoak tunelean aplikatu behar badira; halaxe baieztatzen da tunelean sua dagoela. Horretaz gain, detektagailuak daude lokal teknikoetako zenbait tokitan.

Alarma: Sistema honen helburua SUSen kontroleko sistemaren alarma eskuz ematea da, edo bestela automatikoki, adibidez itzalgailu bat SOS postutik desmuntatzean. Sistema horren barruan dago megafonia sistemaren osagarri gisa.

Itzaltzea: Tunelean sua itzaltzeko sistemen bidez (hala nola, itzalgailuak) sua itzaltzea da helburua, SUS eta ur-paldoak, gela teknikoetan dauden sistema finkoek gain. Bestalde, suhiltzaileen kanpoko itzaltze-ekipoa dago.

Seinaleztapena: Seinaleztapen sistemak bi funtzio ditu funtsean: bata itzaltze-elementuak, alarma, etab. erraz aurkitzea; bestea ihes edo ebakuaziorako bideen seinaleztapena izango litzateke.

Ebakuazioa: Sua dagoenean erabiltzaileek tuneletik modu seguruan alde egitea du helburu.

4.3. Suaren kontrako babes sistemaren deskribapena

Ondorengo eskeman, zehatzago deskribatu da sistema:

4. LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN TÚNELES

4.1. Introducción

Las funciones básicas del Sistema de Protección Contra Incendios en túneles son similares a las de cualquier otro campo, con ciertas peculiaridades. Podemos considerar las siguientes: Prevención de incendios, a base de situar cables libres de halógenos por ejemplo; Sectorización, con aplicación en el caso de las galerías de evacuación; Detección y Localización, con la detección a lo largo del túnel y áreas puntuales, tales como salas de transformadores; Alarmas, fundamentalmente a base del sistema de megafonía; Extinción del incendio, que en el caso del túnel se realiza mediante ayuda exterior; Evacuación de humos, a base del Sistema de Ventilación, y por último; Señalización de rutas de evacuación y elementos de protección.

4.2. Objetivos del sistema de protección contra incendios

El Sistema de Protección Contra Incendios es uno de los sistemas que contribuyen a la seguridad del túnel en las siguientes facetas:

Prevención y protección pasiva: Ello lo consigue evitando de forma pasiva la aparición de un incendio, para ello se dispone en lo posible de materiales no combustibles, tales como cables resistentes al fuego y elementos estructurales que en caso de fuego se deterioren lo mínimo posible a fin de que el túnel pueda ponerse en servicio en el mínimo tiempo posible después del incendio.

Sectorización: La sectorización permite la no extensión del fuego de determinadas zonas, como es el caso de las salas técnicas y las galerías de evacuación.

Detección: Los sistemas de detección utilizados permiten conocer de la existencia de un incendio en el túnel con un margen mínimo de error en cuanto al punto kilométrico. La utilización de detectores lineales a lo largo del túnel permite detectar y situar el foco del incendio. Los detectores lineales son complementados por los sistemas de control ambiental, (opacímetros, medidores de CO, etc.), y medios ópticos de vigilancia, si son de aplicación en el túnel, que confirma la existencia del fuego. Además de ello, también existen detectores puntuales en los locales técnicos.

Alarma: El objetivo de este sistema es dar alarma en el Centro de Control bien de forma manual, al pulsar un pulsador, o de forma automática, por ejemplo, al desmontar un extintor de un puesto SOS. Dentro de este sistema se encuentra como complemento el Sistema de Megafonía.

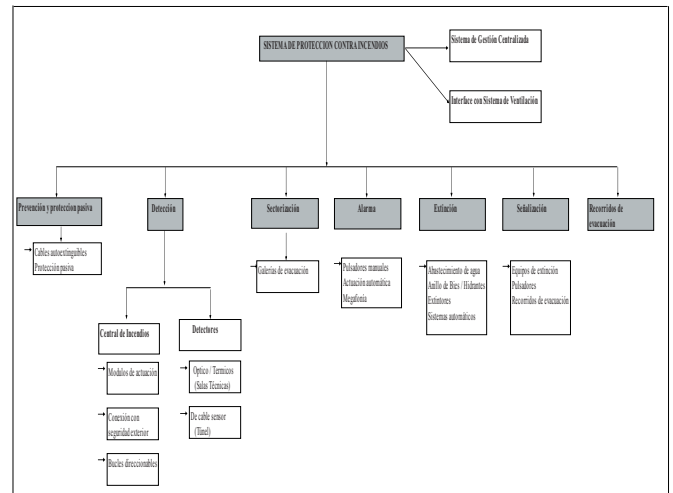
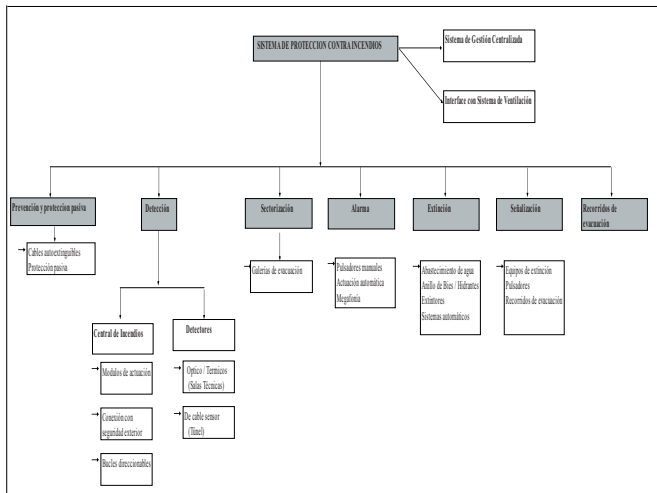
Extinción: Su objetivo es la extinción de un incendio en el túnel mediante los sistemas de extinción propios, como son los extintores, Bies e hidrantes, además de los sistemas fijos en las salas técnicas. Por otra parte existe el equipo de extinción exterior de bomberos.

Señalización: El Sistema de Señalización permitirá fundamentalmente dos funciones, una será la fácil localización de los elementos de extinción, alarma, etc. y una segunda la señalización de las vías de escape o evacuación.

Evacuación: Su misión es conseguir que, en caso de incendio, los usuarios puedan abandonar el túnel de forma segura.

4.3. Descripción del sistema de protección contra incendios

En el siguiente esquema se describe el sistema con más detalle:



Detekzio optiko edo termovelozimetrikoko elementuak dituen detekzio zentralizatu batek osatzen du sistema gela tekniko guztietan, eta lineala izan daiteke tunelean kable sentore baten bitartez.

Sua SUSen eta ur-paldeen bidez itzaliko da tunelean, sistemen bidez gela teknikoetan eta eskuzko itzalgailuekin kasu guztietan. Kasu batzuetan, presio altuaren bidezko ur-sistemak instalatu ahalko dira tunelaren barruan.

Jarraian, zehatzago azalduko da.

4.3.1. Detekzio- eta alarma-sistema

Sua detektatzeko sistema espezifikoekin hornitu behar dira I eta II. motako tunel guztiak (200 metrotik gorakoak).

Sua detektatzeko, datuak prozesatzen dira eta alarmak eta zenbait sentore oro har tratatzen ditu kontroleko softwareak suaren sorburua detektatzeko eta aurkitzeko. Sentore horiek espezifikoak izan daitezke suak detektatzeko (tenperatuaren etenik gabeko sentorea, ke sentorea), edo hainbat eginkizun izan ditzake; horien artean, suak detektatzea dago (gorabeheren detektagailu automatikoa, CO sentoreak, NO sentoreak eta ikuspena, SOS zutoinak, etab.).

Tunela kontrolatzeko sistemak algoritmo bat izan behar du ezarrita eta integratuta, eta bertan haztatuko dira seinale eta alarma guztiak tunelaren barruan surik dagoen ala ez jakiteko eta alarma piztu dezaten kontroleko zentroan; gainera, sua non izan daitekeen adierazi behar dute. Edozelan ere, beharrezkoa izanez gero, kontroleko zentroko operadoreak suari erantzuna emateko jarduketako protokoloak abiaraz ditzake.

4.3.1.1. Arkitektura

Kontroleko softwareak automatikoki detektatu behar du sua, eta sua eragin duen gorabehera eta kokapena proposatuko dizkio kontrolako operadoreari. Operadoreak gorabehera berretsi ondoren, autobabeserako planean eta ustiapenaren eskuliburuan zehazturiko jarduketak egongo dira. Baldin eta suaren alarma piztu ondoren konfigura daitekeen denbora igarota kontrolako operadoreak ez badu alarma berresten edo ukatzen, automatikoki abiaraziko dira jarduketako egokiak.

Tunelak hainbat sentore eta alarma ditu suak detektatzeko eta kokatzeko. Gutxienez honako hauek izan behar ditu:

- Suaren detektagailu jarraitua tunelean zehar, sua detektatzeko eta kokatzeko gai dena. Komenigarria da sentorea mota jarraitukoa izatea.
- Suaren detektagailua lokal teknikoetan.
- Sua itzaltzeko baliabideak aktibatuzko alarmak (itzalgailuak kentzea, SUSeko kristala haustea, etab.).

Azken alarma horrek, suaren sorburua detektatzen eta kokatzen laguntzeko betetzen duen eginkizun nagusiaz gain, kanpokoak ez sartzeko zaintza-sistema gisa ere erabiltzen da.

Tunelean barrera kokaturik dauden detektagailu jarraituak eta lokal teknikoetan suaren detektagailuak kontrolatzaileekin eta suaren kontrako sistema zentralekin kudeatzen dira. Erabilitako sis-

El Sistema está formado por una detección centralizada con elementos de detección de tipo óptico o termovelocimétrico, en todas salas técnicas, y de tipo lineal en el túnel mediante cable sensor.

La extinción será, mediante BIEs e hidrantes en el túnel, sistemas automáticos en las salas técnicas, y extintores manuales en todos los casos. En algunos casos se podrán instalar sistemas de agua a alta presión dentro del túnel.

A continuación se describe con más detalle.

4.3.1. Sistema de detección y alarma

Se debe dotar a todos túneles de Tipo I y II (longitud superior a 200 metros) con sistemas específicos de detección de incendios.

Para la detección de incendios se procesan los datos y alarmas una serie de sensores que son tratadas de forma global por el software de control para detectar y localizar el foco del incendio. Estos sensores pueden ser específicos para la detección de incendios (sensor continuo de temperatura, sensor de humos) o tener distintas finalidades entre las que figura la detección de incendios (detector automático de incidentes, sensores de CO, de NO y visibilidad, poste SOS, etc.).

El sistema de control del túnel deberá tener implantado e integrado un algoritmo donde se ponderarán todas estas señales y alarmas para determinar si se ha producido un fuego en el interior del túnel y generen una alarma en el centro de control, sugiriendo una posible localización del fuego. De todas formas, en caso necesario los protocolos de actuación en respuesta al fuego podrán ser desencadenados por el operador del centro de control.

4.3.1.1. Arquitectura

El software de control debe detectar automáticamente incendios, proponiendo al operador de consola el incidente fuego y su posible ubicación. Una vez confirmado por el operador el incidente se realizarán las actuaciones pertinentes que estarán definidas en el Plan de Autoprotección y el Manual de Explotación. Si después de un tiempo configurable desde la alarma de incendio el operador de consola no ha confirmado, ni rechazado la alarma se activarán las actuaciones pertinentes de forma automática.

El túnel debe disponer de una serie de sensores y alarmas para la detección y ubicación de incendios. Al menos debe disponer de:

- Detector de incendios a lo largo del túnel que sea capaz de detectar y ubicar el incendio. Se recomienda que el sensor sea de tipo continuo.
- Detector de incendios en los locales técnicos.
- Alarmas de activación de medios de extinción de incendios (retirada de extintor, rotura de cristal de una BIE, etc.).

Esta última alarma además de su labor principal de ayuda en la detección y ubicación del foco del incendio también es empleada como sistemas de vigilancia contra intrusos.

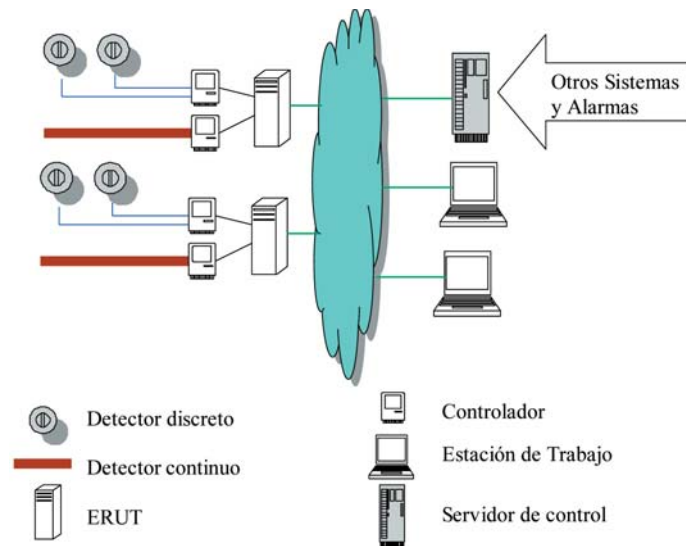
Típicamente los detectores continuos ubicados a lo largo del túnel y los detectores de incendios de los locales técnicos son gestionados por controladores y centrales de sistemas de incendios.

tema edozein delarik ere, ERUen bidez zentralizaturiko kontroleko sistemaren alarmetara eta neurrietara iristea komeni da.

Sua detektatzeko algoritmo bat du ezarrita kontroleko sistema, sua izan den ala ez eta zein tokitan gertatu den detektatzen duena. Lehenago aipaturiko sentsoreak eta alarmak erabiltzeaz gain, honako hauek ere hartu dira algoritmo horietan:

- GAD: suak dakarren keak alarma bat pizten du GADean, gorabeheraren berri berehala ematen duena. Sistema horren ezaugarriak Seguritasun, Zaintza eta Kontroleko JTko Telebistako zirkuitu itxiei buruzko atalean zehazten dira.
- Aireztapena kontrolatzeko sentsoreak: CO gehiegi biltzea edo ikuskapen falta izatea suaren ondorioa izan daitezke. Tunelen Diseinu Segururako Jarraibide Teknikoak. IV. Aireztapena deritzon atalean agertzen dira zehaztuta ekipo horien ezaugarriak.
- SOS zutoinetako deia aktibatzea. SOS zutoinak Seguritasun, Zaintza eta Kontroleko JTko ahozko komunikazioari buruzko atalean landuko dira.

Jarraian, suak identifikatzeko sistemaren arkitekturaren eske-ma tipoa agertzen da:



4.3.1.2. Alarma sistema

Eskuzko pulsadoreen bidez egongo da osatuta alarma sistema, erabiltzaileek Kontroleko Zentroko alarma beren beregi pizteko aukera izan dezaten, baita erabiltzaileen jarduna dela-eta Kontroleko Zentroan zeharka alarma eragingo duten elementuak ere, hala nola eskuzko itzalgailu bat edo SUS bat bere ohiko tokietatik kentzea.

Pulsadoreak SOS zutoinetan eta ebakuazio galerien sarre-retain egongo dira gutxienez. Gela teknikoetan, pulsadoreek erraz ikusteko modukoak izan behar dute, eta gela tekniko edozein toki-tatik egongo den distantzia 25 metrokoa baino txikiagoa izango da, UNE 23008 arauak adierazten duen bezala.

Pulsadore horiek nahi gabe ez aktibatzeke, babes dispositiboak izango dituzte.

4.3.1.3. Sistema beste sistema edo osagaiekin katigatzea

4.3.1.3. Taula

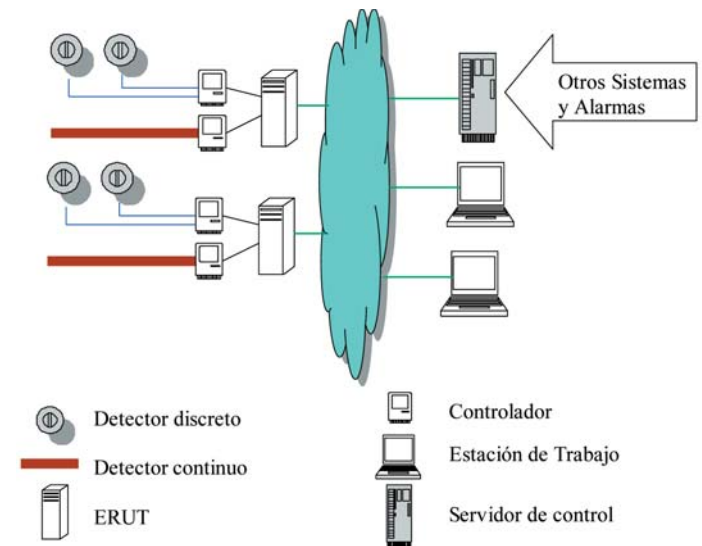
Elementua	Jarduera
Tunelako haizagailuak	Gelditzea/jardutea, ustiapenaren eskuliburua
Itzaltzeko sistema automatikoak	Funtzionamendua
Ur-paldoen sarearen presioa (SUS)	Seinaleztapena eta alarma
TBko kameren sistema	Sutik hurbil daudenak jardunean jartzea

Independiente del sistema empleado se recomienda proceder al envío de las medidas y alarmas al sistema de control centralizado a través de las ERU.

El sistema de control lleva implementado un algoritmo de detección de incendios que detecta si se ha producido un incendio y su ubicación. Este algoritmo además de emplear los sensores y alarmas antes descritos también considerará:

- DAI: el humo generado en el incendio provoca una alarma en el DAI que avisa con prontitud del incidente. Las características de este sistema se detallan en el capítulo de Circuito Cerrado de Televisión de la IT de Seguridad, Vigilancia y Control.
- Sensores del control de ventilación: una concentración excesiva de CO/NOx o una falta de visibilidad puede ser provocada por un incendio. Las características de estos equipos se detallan en la Instrucciones Técnicas para el Diseño Seguro de Túneles IV. Ventilación.
- Activación de llamada en postes SOS. Los postes SOS se tratan en el capítulo correspondiente de comunicaciones de voz de la IT de Seguridad, Vigilancia y Control.

A continuación se muestra un esquema tipo de la arquitectura del sistema de detección de incendios:



4.3.1.2. Sistema de alarma

El Sistema de Alarma estará formado por pulsadores manuales a fin de que los usuarios puedan de forma expresa dar la correspondiente alarma al Centro de Control y, los elementos que de forma indirecta producirán una alarma en el Centro de Control por la actuación de los usuarios, tales como la retirada de un extintor manual o una BIE, de su posición habitual.

Los pulsadores estarán situados como mínimo en los postes SOS y en las entradas de las galerías de evacuación. En los cuartos técnicos los pulsadores deben ser fácilmente visibles y la distancia a recorrer desde cualquier punto de un cuarto técnico debe ser inferior a 25 metros, tal y como indica la UNE 23008.

A fin de impedir la activación involuntaria de dichos pulsadores, estos dispondrán de dispositivos de protección.

4.3.1.3. Enclavamiento del Sistema con otros sistemas o componentes

Tabla 4.3.1.3

Elemento	Actuación
Ventiladores de túnel	Parada/actuación, s/Manual de Explotación
Sistemas automáticos de extinción	Funcionamiento
Presión en la red hidrantes (BIEs)	Señalización y alarma
Sistema de cámaras de TV	Poner en actuación las próximas al incendio

Elementua	Jarduera
SOS postuko armairua SUSen atera irekitzea	Alarma
Ebakuazio ateak irekitzea	Alarma
Ponpaketa-multzoa eta ur-tanga	Funtzionamendua, seinaleztapena eta alarma

4.3.1.4. Kableatua

Tunelen eta galerien barruan instalaturiko sistema guztietako kableen estalkia, gutxienez, LSZH-AS+ motakoa izango da; hau da, ke-botatze urrikoa eta halogenorik gabea, eta ez du surik hedatuko.

4.3.2. Itzalgailu eramangarrien sistema

Halaber, diseinu irizpideen arabera jarritako itzalgailuak dau-de eta baldintza hauek betetzen dituzte:

- Tunelaren barruan; 50 metroko tartea utziz kokatuko dira.
- Ebakuazio-galeriak: Tunelak ebakuazio-galeriak baldin baditu, gutxienez bi itzalgailu jarriko dira SOS zutoinean. Gale-riaren luzera dela-eta beharrezkoa balitz, itzalgailu gehi-ago jarriko dira, babesturik egon dadin.
- Gela teknikoak: DB-SIaren edo/eta derrigorrez bete behar diren arauen arabera, arrisku altuko gela teknikokotzat joko dira elektrizitate-kontadoreak dituzten gelak eta transformazio-zentroak, eta, ondorioz, sarrerako atetik hurbil itzalgailu bat izan behar dute. Gainera, barruan horietakoren baterako benetako tartea 10 metrotik beherakoa izatea lortzeko moduan kokatuko dira.

Hala eta guztiz ere, kasu bakoitzeko araudi berezia errespetatu beharko da (GTA, BTA, etab.).

Itzalgailuak 1,7 metroko altuerara egongo dira, gehienez ere, erraz eskuratzeko moduan, karga-egoera onean, egokitasun-mar-ka izan beharko dute eta berrikuspenak ere egunean izan behar-ko dituzte.

4.3.3. Suaren kontrako ur-harguneen sistema hornitua (SUS)

Azkena zutabe umelekoa izango da, eta osagai nagusi hauek izango ditu:

SUSak Ur-paldeen sarearen bidez hornituko dira Ø 50 mili-metroko hodi baten bidez (2»), 45 milimetroko hargune gehigarri bat izango dute, eta hargune hori sua itzaltzeko zerbitzuek erabi-li ahal izateko modukoa izango da. Lurzorutik horien erdigunera 1,5 m egongo dira gehienez ere, eta uraren hornikuntzaren sarrera barrualdean izango dute, 75 l/min gutxienerako emariarekin.

Horman sartuta egongo dira, eta horietako biren arteko distantzia 50 m-koa izango da.

Honako elementu hauek osatzen dute SUS: altzairuzko zaflaz-ko armairu batek, harilkai erako letoi kromatuzko tutu malguaren euskarriak, bola-balbulak 1»-ko ebaketarako, ERDIZURRUNA erako tutu malguak edo antzekoak, gutxienez, 25 mm-ko diame-trokoa eta, gutxienez, 20 m-ko luzerakoa, ahal dela 30 m-koa, eta 3 posizioko letoizko lantzak (ebaketa, txorrota eta lainoa), 25 mm-ko errakorea duena, eta 0 – 16 kg/cm² bitarteko esferako mano-metroak.

4.3.4. Ur-paldeen sarearen sistema

4.3.4.1. Hoditeria

Galdaketa-sare lurperatu bat egongo da, eta horren diametroa proiektuaren exigentzien kalkuluaren arabera lortuko da (ikus 6.4.3. puntua).

Hodia tunelaren albo batean jarriko da, eta, bertan, ur-paldeo-ak eta SUSak konektatuta egongo dira. Tuneleko bi zuloak lotzen dituzten ebakuazio galerien bidez konektatuko da horietako bakoit-zaren sarea, elikaduran segurtasun handiagoa lortzeko; eratzuna itxura du sareak.

Elemento	Actuación
Apertura de un armario del puesto SOS, puerta de BIEs	Alarma
Apertura de puertas de evacuación	Alarma
Grupo de bombeo y aljibe	Funcionamiento, señalización y alarma

4.3.1.4. Cableado

El cableado de todos los sistemas instalados en el interior de túneles y galerías deberá disponer de una cubierta que como mínimo sea del tipo LSZH-AS+, es decir, de baja emisión de humos y libre de halógenos y no propagador del incendio.

4.3.2. Sistema de extintores portátiles

Se dispone asimismo de extintores situados de acuerdo a los criterios de diseño y cumpliendo los siguientes requisitos:

- En el interior del túnel; se colocarán cada 50 m.
- En galerías de evacuación: En el caso de que el túnel dis-ponga de galerías de evacuación se colocarán como míni-mo dos extintores en el poste SOS. En el caso que debi-do a la longitud de la galería fuese necesario, se adecuará la colocación de más extintores, de manera que quede pro-tegido.
- En cuartos técnicos: Según el DB-SI y/o normas de obli-gado cumplimiento, se considerarán cuartos técnicos de ries-go especial alto, los locales de contadores de electricidad y los centros de transformación, por lo cual tienen que con-tar con un extintor próximo a la puerta de acceso. Además se instalarán en el interior los extintores necesarios para que el recorrido real hasta alguno de ellos sea inferior a 10 metros.

No obstante de lo anteriormente citado, se deberá respetar la normativa específica de cada caso (RAT, RBT, etc.)

Los extintores estarán a una altura máxima de 1,7 metros, con fácil accesibilidad, estado de carga correcto, marcado de confor-midad y sus revisiones en vigor.

4.3.3. Sistema de bocas de incendio equipadas (BIE)

El sistema será de columna húmeda y sus principales com-ponentes son:

Las BIEs se alimentarán de la red de hidrantes, mediante tube-ría de Ø 50 mm (2»), dispondrán de una toma adicional de 45 mm que podrá ser usada por los servicios de extinción. Estarán situa-das a una altura máxima desde el suelo al centro de ellas de 1.5 m, y tendrán la entrada del suministro de agua por su parte infe-rior con un caudal mínimo de 75 l/min.

Estarán empotradas, y la distancia entre dos de ellas será de 50 m.

El conjunto de una BIE consta de un armario de chapa de ace-ro, soporte de manguera de latón cromado tipo devanadera, vál-vula de bola para corte de 1», manguera de tipo SEMIRÍGIDA o similar, de 25 mm de diámetro y 20 m de longitud como mínimo y preferentemente 30 m, lanza de 3 posiciones (corte, chorro y nie-bla) de latón, racor de 25 mm. y manómetro de esfera de 0 a 16 kg/cm².

4.3.4. Sistema de red de hidrantes

4.3.4.1. Tubería

Se dispone una red de fundición enterrada cuyo diámetro se obtendrá por cálculo según exigencias del proyecto (Véase punto 6.4.3).

La tubería se situará en un costado del túnel en la que están conectados tanto los hidrantes como las BIEs. A través de las ga-le-rías de evacuación que comunican ambos tubos se conectará la red de cada uno de ellos a fin de conseguir una mayor seguridad en la alimentación, asemejándose a un anillo.

4.3.4.2. *Jakiak*

Ur-paldoak hornitzen dituen sare hidraulikoak aukera eman behar du elkarren segidako bi ur-paldok ordubetez aldi berean funtzionatzeko, eta horietariko bakoitzak 1.000 l/min.ko emaria eta 7 bar-eko presioa izan behar du, gutxienez.

Zerbitzuan dauden tuneletan, justifikaturiko arrazoen ondorioz ur-paldoen instalazioa ura hornitzeko sare orokorrera konektatu ezin bada, edo ezin badu bermatu adierazi diren emariak eskuragarri egongo direla, depositu bat eduki beharko da, eta depositu horrek sua dagoenean soilik erabiliko den erreserba bat izango du, ahal dela.

Tunel berrietan, ura hornitzeko depositu bat egotea exijitzen da.

UNE 23500 arauan zehazten denaren arabera, depositua ez baldin bada suaren kontrako instalazioarena soilik, beste erabileterako hargunak suaren kontrako instalaziorako soilik den erreserbarako kalkulaturako ahalmenaren gehienezko balioetik gora kokatu beharko dira, eta ur-maila etengabe kontrolatuko da.

Ahal bada, tuneleko iragazpeneko uren drainaketa baliatuko da erreserbako depositua elikatzeke zati lez. Depositua eta sarearen artean kokatuko da presio taldea, sarea presurizatuta mantenduko duena.

Hala ere, ahal bada, beste elikatze-sistema bat jarriko da sare nagusitik edo beste sare independente batetik, eta suaren kontrako sistemak erabiltzeko soilik izango den konexio bat izango du. Konexio horretan bi ebaketa-balbula eta lapurreten kontrako bi sistema jarriko dira, zertarako-eta ura elikatze-sistemaren sarerantz ez itzultzeko.

4.3.4.3. *Drainatzea eta haizatzea*

Sareak, halaber, drainaketa-balbulen sarea izango du drainaketa-sistemara bideratuta sarea husteko beharrezkoa denean. Beheko tokietan kokatuko dira konexioak. Era berean, haizatze-sistema izango du goiko aldean behar bezala bideratuta.

4.3.4.4. *Ebakidura-balbulak*

Kutxetetan kokaturiko ebakidura-balbulak edukiko ditu sareak zatikako konponketak egiteko zirkuituaren gaineko zatien funtzionaltasuna galdu barik.

Zatiketa-balbula motordunek beren egoeraren (irekita/itxita) informazioari buruzko seinale bat bidaliko diote Kontrol Zentroari, horrelakorik egonez gero.

4.3.4.5. *Presioaren kontrola*

Presostato bat egongo da sarean nahikoa presioa dagoela unero jakiteko. Huts egiten duenean, suaren kontrako zentrolean agertuko da seinalea, eta berriz azalduko eta ikusiko da kontroleko zentroan.

4.3.4.6. *Suhiltzaileen konexioa eta zutabe lehorreko sistema*

Elikatze-sistema bikoitzaz gain, sistemak Ø 80 mm-ko (3») konexioak izango ditu IPF-41 de 2 x 70 mm hargune batekin konektatzeko, eta horren bidez, suhiltzaileek ura ponpa dezakete konexioaren bidez hornitutako babes sistemetara, hornidurako sistema nagusiak huts egiten badu. Konexioak sarearekin ur-paldoen hornikuntzaganetik hurbil dagoen itzuleraren kontrako balbula bat du.

Aho bakoitzerako konexio bat egongo da, bazterguneetan eta beharrezko leku guztietan.

Ebakuzio-galeriak dituzten tunelen kasuan, gomendagarria da suhiltzaileek soilik erabiliko duten zutabe lehor bat instalatzea.

4.3.4.7. *Ur-paldoak eta ekipo osagarria*

Ur-paldoak jarriko dira tunelaren ahoetan, galerietako sarretatik hurbil eta tunelean zehar; eta beren arteko gehienezko distantzia 250 metrokoa izango da. Ur-paldoak tunelaren ahoetatik hurbil egongo dira, galerietako sarretatik gertu, eta beren artean 250 metrotik beherako tartea egon ahal da.

4.3.4.2. *Alimentación*

La red hidráulica que abastece a los hidrantes debe permitir el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante una hora, cada uno de ellos con un caudal de 1.000 l/min y una presión mínima de 7 bar.

En túneles en servicio, si por motivos justificados la instalación de hidrantes no pudiera conectarse a una red general de abastecimiento de agua o ésta no pudiera garantizar la disponibilidad permanente de los caudales indicados, se deberá disponer de un depósito, el cual dispondrá de la correspondiente reserva que será preferentemente exclusiva para incendios.

En túneles nuevos se exige la existencia de un depósito de abastecimiento de agua.

En la norma UNE 23500 se detalla que si el depósito no fuese exclusivo de la instalación contra incendios, las tomas para otros usos deberán situarse por encima del valor máximo correspondiente a la capacidad de reserva calculada como exclusiva para la instalación contra incendio y siendo el nivel de agua controlado de manera permanente.

Si es posible se aprovechará el drenaje de aguas de filtraciones del túnel como parte de la alimentación al depósito de reserva. Entre dicho depósito y la red se situará un grupo de presión, que mantendrá la red presurizada.

No obstante, si fuese posible, se dispondrá de otra alimentación desde la misma red general, o desde otra independiente, con una conexión de uso exclusivo para el Sistema Contra incendios. En esta conexión se situarán dos válvulas de corte y dos antirretorno, a fin de evitar en todo momento un posible retorno de agua hacia el sistema del agua de la red alimentación general.

4.3.4.3. *Drenaje y venteo*

La red dispondrá asimismo de válvulas de drenaje canalizadas hacia el sistema de drenaje, para vaciar la red en caso necesario. Las conexiones estarán situadas en sus puntos bajos. Asimismo, dispondrá de venteos en la parte superior debidamente canalizados.

4.3.4.4. *Válvulas de seccionamiento*

Dicha red dispondrá de válvulas de seccionamiento situadas en arquetas para poder hacer reparaciones por tramos sin perder la funcionalidad del resto del circuito.

Las válvulas de seccionamiento motorizadas darán una señal de información de su estado (abierto/cerrado) al Centro de Control, si es que existe.

4.3.4.5. *Control de la presión*

Con el fin de conocer en todo momento la existencia de presión suficiente en la red, se dispondrá un presostato. Su señalización en caso de fallo aparecerá en la Central de Incendios con réplica y visualización en el Centro de Control.

4.3.4.6. *Conexión de bomberos y sistema de columna seca*

Además de la doble alimentación, la red dispondrá de conexiones de Ø 80 mm (3») para conectar una toma IPF-41 de 2 x 70 mm a través de la cual los bomberos podrían bombear agua a los diferentes sistemas de protección alimentados por ella en caso de fallo del sistema principal de suministro. Esta conexión dispone de una válvula antirretorno situada próxima al punto de suministro de hidrantes.

Se dispondrá de una conexión en cada boca, en los apartaderos y donde se considere necesario.

Para los túneles que cuenten con galerías de evacuación, se recomienda la instalación de columna seca para el uso exclusivo del cuerpo de bomberos

4.3.4.7. *Hidrantes y equipo auxiliar*

Se colocarán hidrantes en las bocas del túnel, en las zonas próximas a los accesos a las galerías y a lo largo del túnel y separadas una distancia no superior a 250 m. La situación de los hidrantes será cerca de las bocas del túnel y próximas a las puertas de acceso a las galerías, a intervalos no superiores a 250 m.

Gomendagarria da tunelaren barrualdeko ur-paldoak kutxatila gisakoak edo horma pikoan sartutakoak izatea. Beste ur-paldo batzuk jarriz gero, justifikatu egin beharko da.

Kutxatila ur-paldoak sarera konektaturik egongo dira mozketabulbula baten bidez. Harguneak 100 milimetroko diametro nominala izango du, eta ur-paldoak 70 milimetroko bi irteera izango ditu.

Gomendagarria da ekipo osagarriak jartzea protokoloak zehazten badu lehenengo ekintza barneko ekipo kualifikatu batek gauzatu behar duela. Edipo horiek 70 mm eta 20 metroko luzerako bi mahuka eta 45 mm eta 20 metroko luzerako beste bi mahuka izango dituzte, baita 70-45 mm-ko banatze 1, 70 mm-ko 2 lan-tza eta 45 mm-ko beste bi ere.

Komenigarria da kutxeten barruko gutxieneko dimentsioak 0,65 m-koak (tunelaren luzetarako norabidean) eta 0,35 m-koak (zeharretarako norabidean) izatea, eta burdina galdatzeko ertza duen estalkiarekin.

Ebakuazio-galerien ahoetako ur-paldoak sarreran jarriko dira, tunelaren aldean, baina ez dira sekula jarriko horien barruan. Zirkulazioaren noranzkoaren arabera babestuen dagoen eta pasabidetik kanpo dagoen ateburuaren zatian jarriko da, hau da, ez dira sekula jarriko oinezkoen ebakuazio-galerien ateen aurrean. Zuta-be edo kutxatila ur-paldoak jarri ahaliko dira, baina babestuta egon beharko dute trafikoari dagokionez.

4.3.5. Presio taldea

4.3.5.1. Osagaiak

Ponpaketa automatikoko estazio baten bidez lortzen da beharrezko presioa; horretarako, ponpa elektriko nagusi bat duen by-pass-a, elikatze bona duen diesel taldea, Jockey ponpa elektriko, kontroleko aginte-tokiak eta hainbat osagarri eta material daude (hodiak, balbulak, automatismorako presostatoak, manometroak, etab.).

Aho sekundarioa elektriko izan liteke, baldin eta elektrizitate-hornidurak huts eginez gero hornikuntza jasoko duela ziurtatzen bada, dela instalazioak hornikuntza elektrikorako linea bikoitza eta transferentzia automatikoduna duelako, dela talde elektrogeno batera konektaturik dagoelako.

4.3.5.2. Funtzionamendua

«Jockey» ponpak automatikoki mantentzen du presurizatuta sarean, instalazioaren galerak edo ihesak konpentsatzen ditu, ponpa nagusia martxan jartzea saihestuz. Jockey ponpak presostatoaren seinale baten bidez egiten du martxan hasteko eta gelditzeko manio-brak, eta presostato hori gutxieneko eta gehieneko presioko bi balioen artean erregulatuta dago sarean.

Jockey ponparen abioa kontrol-zentroan adierazi beharko da; hain zuzen ere, hoditeriako lekuren batean galtzerik egonez gero, hori ihes arrunten edo galtze iraunkorren eraginezkoa den jakingo da; jockey ponparen abioak zer maiztasun duen ere jakin daiteke.

Presioak jaisten jarraitzen badu, arrankatzeko seinalea emango dio beheko presostatoak ponpa nagusi elektrikoari.

Presioak behera egiteari eusten badio (emari eskari handiagoa dela eta), beste presostato batek arrankatzeko seinalea emango dio ponpa dieselari.

Ponpen etena eskuz egingo da ponpen gelatik, eta eten baino lehen ziurtatu beharko da larrialdia bukatu egin dela, eta eki-poa egon litezkeen larrialdiarako prest utzi beharko da.

Xurgapen deposituan maila txikia izanda babesten dira ponpak. Depositu horretako maila txikiaren seinaleen bidez pizten da kontroleko gelako alarma, eta oso maila txikiari dagokion seinalearen bidez geldiaraziko dira funtzionatzen ari diren ponpak.

4.3.5.3. Ponpaketa getetarako konpartimentua

UNE 12845:2005 arauaren arabera, ponpaketa-multzoek 60 minututik gorako su-erresistentzia duen konpartimentu batean egon behar dute, eta konpartimentua helburu horretarako soilik erabili behar da.

Se recomienda que los hidrantes del interior del túnel sean de arqueta, o empotradas en el hastial. La colocación de otro tipo de hidrantes debe ser justificada.

Los hidrantes de arqueta estarán conectados a la red, a través de una válvula de corte. La toma será de 100mm de diámetro nominal y el hidrante estará provisto de dos salidas de 70 mm.

Se recomienda la colocación de equipos auxiliares si el protocolo define que la primera actuación sea realizada por un equipo interno cualificado. Estos equipos dispondrán de dos mangueras de 70 mm y 20 m de longitud y dos de 45 mm también de 20 m, 1 bifurcación de 70-45 mm, 2 lanzas de 70 y 2 de 45 mm.

Se recomienda que las dimensiones mínimas interiores de las arquetas sean de 0,65 m en la dirección longitudinal del túnel y 0,35m en la transversal, con tapa de cerco de hierro fundido.

Los hidrantes de las bocas de las galerías de evacuación se colocarán en la entrada en el lado del túnel nunca en el interior de éstas. Así como, en la parte del dintel que quede más protegido según el sentido de la circulación y fuera del paso, es decir nunca delante de las puertas de las galerías peatonales de evacuación. Se podrán instalar hidrantes de columna o de arqueta, los cuales deben quedar protegidos al tráfico.

4.3.5. Grupo de presión

4.3.5.1. Componentes

La presión necesaria se consigue mediante una estación de bombeo automático con su correspondiente by-pass con una bomba eléctrica principal, un grupo diesel con bomba de alimentación, bomba Jockey eléctrica, cuadros de control y accesorios y material diverso (tubería, valvulería, presostatos para automatismo, manómetros, etc.).

La bomba secundaria podría ser de tipo eléctrico, siempre y cuando se asegure su alimentación en caso de fallo de suministro eléctrico, bien porque la instalación cuenta con una doble línea de suministro eléctrico con transferencia automática o porque está conectada a un grupo electrógeno.

4.3.5.2. Funcionamiento

La bomba «jockey», mantiene presurizada la red de forma automática, compensando las pérdidas o fugas de la instalación evitando la puesta en marcha de la bomba principal. La bomba jockey realiza la maniobra de arranque y paro mediante una señal de presostato regulado entre dos valores de presión mínima y máxima en la red.

El arranque de la bomba jockey debe señalizarse en el centro de control de tal forma que si hay una pérdida en algún lugar de la tubería se sepa si es por fugas normales o son pérdidas continuas, pudiendo saber con que frecuencia arranca la bomba jockey.

Si la presión continúa bajando, el presostato de baja dará señal de arranque a la bomba principal eléctrica.

Si aún continúa bajando la presión (por una mayor demanda de caudal), un segundo presostato dará señal de arranque a la bomba diesel.

La parada de las bombas se realizará manualmente desde la sala de bombas, asegurándose antes de pararla que la emergencia ha finalizado y dejando el equipo listo para nuevas posibles emergencias.

Las bombas están protegidas por bajo nivel en el depósito de aspiración. Por señal de bajo nivel en dicho depósito se activa la alarma en sala de control y por señal de muy bajo nivel pararán las bombas que estén en funcionamiento.

4.3.5.3. Compartimento para salas de bombeo

Según la UNE 12845:2005, los grupos de bombeo deben estar colocados en un compartimento con una resistencia al fuego mayor o igual a 60 minutos, y que sólo sea usada para este fin.

Ponpaketa-multzoetarako konpartimentuek ihinztagailuen bidez babesturik egon behar dute. Ponparen erretentzio-balbularen fluxuan behera irisgarri dagoen lehenengo gunean elikatuko dira, irekita mantendutako itxeko balbula subsidiario baten bidez, EN12259-5 arauaren arabera fluxu-detektagailu batekin, ihinztagailuen jarduera bisualki nahiz soinu bidez adierazteko.

4.3.6. Gasak automatikoki itzaltzeko sistema finkoak

Kontrolako Zentroko gela teknikoetan eta horien ekipamendu elektrikoan itzaltze sistema finkoa jarriko da tokiko pizte sistema baten bidez, hurrengo ataletan agertzen denez.

Gasen sistemak oso egokiak dira, beste itzalgailu batzuk erabiliz gero kaltea jasan dezaketen balio handiko ekipoak edo gauzak dituzten eremuatarako. Erabilitako gasa pertsonentzat nahiz ingurumenerako kaltegarria izan baliteke, gelak estankoa izan behar du, gasa kanpora irtetea galarazteko.

Honako hauek osatzen dute sistema:

- Itzalgailuetako botila-sorta.
- Detekzio-sistema.
- Desarra-sistema automatikoa.
- Hodi-sarea.
- Deskarga-difusoreak.
- Hautapen- eta segurtasun-balbulak.
- Blokeo- edota desarra-pultsadoreak.
- Alarma akustikoak.
- «Desarra-gasaren sistema» seinaleztapena.
- Kableak.

4.3.6.1. Eskuzko funtzionamendua

Sua hasten bada, eskuz sakatu behar da babes sistemako desarra-pultsadorea; seinale elektrikoak potoak irekitzeko mekanismoa jarriko du martxan detonadorearen bidez; hala, aerosolaren inpulstioa gerta daiteke.

Desarra-pultsadoreak eta inhibizio-pultsadoreak erraz iristeko eta ikusteko moduko tokian kokatu behar dira, instalazioak babes-tuko gunetik hurbil eta instalazioaren kanpoko aldean. Pultsadore horien ondoan, seinale akustikoa eta argizko seinalea kokatuko dira, eta detektagailua martxan jarrita abiaraziko dira.

4.3.6.2. Funtzionamendu automatikoa

Detekzio-sistemak seinale bat bidaliko du suaren kontrako zentralera, eta zentralak botilak irekitzeko seinale bat igorriko du; aurreko kasuan bezalako jarraipena izango da ondoren.

Aitzitik, botilak irekitzeko seinalea ez da izango harik eta aurretik behin betiko itxaron denbora igaro arte. Hala, itxaron denbora horretan norbait badago lokalean, eskuzko pultsadorea sakatzen duen ala ez erabaki lezake, gasa berehala deskarga dadin aurretik finkaturiko itxaron denbora bete barik, edo inhibitzailea saka dezake baldin eta itzalgailu eramangarriekin sua itzaltzeko modua izan bada. Horrela, ez da gasa behar izan gabe deskargatuko.

Gelan dagoen pertsona suaz ohar dadin, sua detektatzen den unean alarma akustikoa piztuko da.

4.3.7. Aerosolen bidezko itzaltze sistema automatikoa armairu elektrikoetan eta elektronikoetan

Sistema honek ere tokiko aplikazioa du, zuzenean armairu elektrikoetan edota elektronikoetan. Aerosolen bidezko sistema finkoa da, armairuaren barrunbe guztia urez gainezka jartzen duena. Honako hauek osatzen dute sistema:

- Aerosol ontzi bat barruko aldean kokatua.
- Detekzio-sistema.
- Desarra-dispositibo automatikoa.

Los compartimentos para grupos de bombeo deben estar protegidos mediante rociadores. Estos se alimentarán desde el primer punto accesible aguas abajo de la válvula de retención de la bomba, mediante una válvula de cierre subsidiaria mantenida en posición abierta, con un detector de flujo de acuerdo a la norma EN12259-5, para indicar visual y audiblemente la operación de los rociadores.

4.3.6. Sistemas fijos de extinción automática de gases

En los cuartos técnicos del Centro de Control y en su equipamiento eléctrico, se dispondrá de un sistema fijo de extinción mediante un sistema de accionamiento local, tal como se indica en los siguientes apartados.

Los sistemas de gases son especialmente adecuados para áreas que contengan equipos u objetos de alto valor que puedan ser dañados si se utilizan otros agentes extintores. Si el gas utilizado pudiera ser perjudicial para el ser humano o para el medio ambiente, la sala deberá ser estanca, para evitar la propagación del mismo al exterior.

El sistema está formado por:

- Una batería de botellas de elemento extintor.
- Sistema de Detección.
- Dispositivo automático de disparo.
- Una red de tuberías.
- Difusores de descarga.
- Válvulas selectoras y de seguridad.
- Pulsadores de bloqueo/disparo.
- Alarmas acústicas.
- Señalización de «Sistema de gas disparado».
- Cableado correspondiente.

4.3.6.1. Funcionamiento manual

En caso de iniciarse un incendio, se accionará el pulsador de disparo correspondiente al sistema de protección; la señal eléctrica accionará el mecanismo de apertura de las botellas y éste abrirá la válvula neumática de aislamiento situada en el colector de acceso al elemento incendiado.

Los pulsadores de disparo e inhibición de actuación, deberán estar situados en un lugar claramente visible y accesible, próximos a la zona protegida por la instalación y exterior a ella. Junto a dichos pulsadores estarán situadas las señales acústica y luminosa, las cuales se activarán con la actuación del detector.

4.3.6.2. Funcionamiento automático

El correspondiente sistema de detección enviará una señal a la Central de Incendios, la cual, enviará una señal de apertura a las botellas continuándose como en el caso anterior.

No obstante, la señal de apertura de las botellas no se hará efectiva hasta que no haya pasado un tiempo de espera definido previamente. De esta forma, durante ese tiempo de espera, si estuviese presente alguna persona en el local, éste podría decidir si acciona el pulsador manual para que se inicie inmediatamente la descarga del gas prescindiendo del tiempo de espera prefijado, o accionar el pulsador inhibitor, en caso de que hubiera podido extinguir el fuego de forma manual con los extintores portátiles, evitando de esta forma la descarga inútil del gas.

Con el fin de asegurar que la persona que pueda estar en la sala advierta la situación de fuego, en el momento en que éste se detecta, se activará la alarma acústica.

4.3.7. Sistema fijo de extinción automática por aerosol en armarios eléctricos y electrónicos

Este sistema también de aplicación local, directamente en los armarios eléctrico/electrónicos. Es un sistema fijo de extinción por aerosol con inundación total del cubículo del armario. El sistema está formado por:

- Un bote de aerosol situado en el interior.
- Sistema de Detección.
- Dispositivo automático de disparo.

- Bloqueo- edota desarra-pultsadoreak.
- Alarma akustikoak.
- «Desarra-aerosolaren sistema»ren seinaleztapena.

4.3.7.1. *Eskuzko funtzionamendua*

Sua hasten bada, eskuz sakatu behar da babes-sistemako desarra-pultsadorea. Seinale elektrikoak potoak irekitzeko mekanismoa jarriko du martxan detonadorearen bidez; hala, aerosolaren inpulstioa gerta daiteke.

Desarra-pultsadoreak eta inhibizio-pultsadoreak erraz iristeko eta ikusteko moduko tokian kokatu behar dira, instalazioak babes-tutako gunetik hurbil eta instalazioaren kanpoko aldean. Pultsadore horien ondoan, seinale akustikoa eta argizko seinalea kokatuko dira, eta detektagailua martxan jarrita abiaraziko dira.

4.3.7.2. *Funtzionamendu automatikoa*

Suen zentralak sua detektatu eta seinale bat emango du, seinale elektrikoak detonatzailea piztu dezan; azken horri esker, potoak ireki eta aerosola bultza egin zaio.

Kasu honetan, ordea, detonatzailea pizten duen seinale elektriko ez da piztuko aurretik zehazturiko itxaron denbora igaro arte, eta beraz, potoak ez dira irekiko kasu horretan. Hala, itxaroteko denbora horretan norbait badago lokalean, eskuzko pultsadorea sakatzaren duen ala ez erabakiko du aerosola deskargatzen has dadin berehala, betiere aurrez finkaturiko itxaron denbora igaro baino lehen. Edo bestela pultsadore inhibitzailea saka dezake baldin eta sua itzalgailu eramangarriekin itzaltzeko modua izan bada. Horrela, ez da aerosolik alferrik deskargatuko.

4.3.8. *Ura presio altuan botaz sua itzaltzeko sistema finkoak*

Sistemak sute batean sortutako beroa kontrolatzea ahalbidetuko du, ura presio altuan jaurtiz, eta, horrela, temperatura jaitsiko da eta erradiazioa ahuldu egingo da. Sistemak NFPA 750ean (2010 ed.) ezarritako baldintzak bete beharko ditu.

Instalazioa sekzioka gauzatu beharko da, eta kontuan hartu beharko da horietako bakoitzak ur-tantak lurruntzeko adinako luzera izan behar duela, suaren kokapen zehatza zein den ziur jakin gabe. Sekzioaren neurria, era berean, zuzenean egongo da lotuta aireztapen-motarekin.

Zerbitzua bi modu hauetakoren baten bitartez aktibatuko da:

- Eskuzko aktibazioa.
- Sua detektatzeko sistema baten bidez.

Sistemak honako baldintza hauek bete beharko ditu:

Ahokoak klabeen instalatuko dira, 6 metroko altueran, gehieze ere.

Ura altzairu herdoilgaitzezko hodi nagusi baten bidez jaurtiko da, 90-250 milimetroko diametroa izango du, ura 150-200 bar inguruko presioaz botako da, eta presio hori honela hornituko da:

- Presio handiko ponpaketa-ekipoa
- Ura zuzenean gas baten bidez presurizatuz (normalean nitrogenoa izaten da)

Uraren biltegi-deposituak sistemak 30 minutuz funtzionatuko duela bermatuko du.

5. SUAREN KONTRAKO BABES SISTEMA DISEINATZEKO FILOSOFIA ETA IRIZPIDEAK

5.1. Sarrera

5.1.1. *Suaren balizko eragileak*

Suaren eragileak jakinez gero, jarduketa bideratzeko helburuak finka daitezke eta, beraz, instalaziorik egokienak ere bai. Eragile nagusiak honako hauek dira:

- «Ekipo elektrikoak dira», zeren eta instalazio eta ekipo elektrikoek, funtzionamendu eta zerbitzu egokia izateko bidea eman arren, ez baitute bermatzen zirkuitu laburrik ez izatea.
- Tunelean dauden ibilgailuen arteko «istripuak».

- Pulsadores de bloqueo/disparo.
- Alarmas acústicas.
- Señalización de «Sistema de aerosol disparado».

4.3.7.1. *Funcionamiento manual*

En caso de iniciarse un incendio, se accionará de forma manual el pulsador de disparo correspondiente al sistema de protección; la señal eléctrica accionará el mecanismo de apertura de los botes a través del detonador, que permite la impulsión del aerosol.

Los pulsadores de disparo e inhibición de actuación, deberán estar situados en un lugar claramente visible y accesible, próximos a la zona protegida por la instalación y exterior a ella. Junto a dichos pulsadores estarán situadas las señales acústica y luminosa, las cuales se activarán con la actuación del detector.

4.3.7.2. *Funcionamiento automático*

La Central de Incendios detectará el fuego y enviará una señal que permita que la señal eléctrica accione el detonador, el cual permite la apertura de los botes y la impulsión del aerosol.

No obstante, en este caso, la señal eléctrica que acciona el detonador y por tanto la apertura de los botes no se hará efectiva hasta que no haya pasado un tiempo de espera definido previamente. De esta forma, durante ese tiempo de espera, si estuviese presente alguna persona en el local, ésta podría decidir si acciona el pulsador manual para que se inicie inmediatamente la descarga del aerosol prescindiendo del tiempo de espera prefijado, o por el contrario, accionar el pulsador inhibidor, en caso de que hubiera podido extinguir el fuego de forma manual con los extintores portátiles, evitando de esta forma la descarga inútil del aerosol.

4.3.8. *Sistemas fijos de extinción mediante impulsión de agua a alta presión*

Este sistema permitirá controlar el calor generado en un incendio, mediante impulsión de agua a alta presión, de esta manera reducirá la temperatura y atenuará la radiación. El sistema tendrá que cumplir los requisitos marcados en la NFPA 750 (ed.2010).

La instalación deberá ser operada por secciones, teniendo que cada una de ellas deberá tener la suficiente longitud como para vaporizar gotas de agua con la incertidumbre de la situación exacta de la localización del fuego. El tamaño de la sección también estará directamente relacionado con el tipo de ventilación.

La activación del sistema se realizará mediante una de las dos formas:

- Activación manual.
- Mediante un sistema de detección de incendios.

El sistema tiene que cumplir los siguientes requisitos:

Las boquillas se instalarán en la clave a una altura máxima de 6 metros.

El agua será impulsada a través de una tubería principal de acero inoxidable de diámetro 90-250 mm, con una presión aproximada de 150-200 bar, la presión ira suministrada mediante:

- Equipo de bombeo a alta presión.
- Presurizando el agua directamente mediante un gas, habitualmente nitrógeno.

El depósito de almacenamiento del agua garantizará el funcionamiento del sistema durante 30 minutos.

5. FILOSOFÍA Y CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

5.1. Introducción

5.1.1. *Causas posibles de incendio*

El conocimiento de las causas motivadoras de incendios, permite fijar los objetivos sobre los que se debe actuar y por tanto el diseño de las instalaciones más adecuadas. Las principales causas son por:

- «Equipos eléctricos», puesto que las instalaciones y equipos eléctricos, aunque permiten su correcto funcionamiento y servicio, no garantizan la ausencia de corto-circuitos.
- «Accidentes», entre vehículos dentro del túnel.

— «Ibilgailuak sua hartzea», zeren eta berez hartu bailezake su edo tunelean sutan sar daiteke gidaria horretaz ohartu barik.

Edozelan ere, elementu elektrikoez gain, elementu solidoak, likidoak, (erregaiak) edo gasak izango dira.

Horren arabera, beraz, A, B, C, eta E motako suak egon daitezke, Europako suen sailkapenaren arabera.

5.1.2. Sektorizazio-irizpideak

Suaren kontrako babes sistemaren jarduketak hobea eta eraginkorragoa izan dadin, guneetako jarduera-motari, itzaltze lanetako jarduketaren posibilitateei eta sua izateko arriskuari buruzko azterlana egin beharko da.

Horren arabera, sektoretzat jo behar dira tunel guztiak eta, beraz, ebakuazioko galeriak, tuneleko bi zuloen artean zein kanpoalde-arekiko zuzeneko ebakuazioaren kasuan. Gainera, horiekiko banaketa-itxierak jarri beharko dira, betiere suaren kontrako erresistentzia eta egonkortasun egokia izanik.

Horretaz gain, tunelarekiko komunikazioa duen gela elektrikorik badago, halakotzat hartuko da gela hori.

5.1.3. Detekzio-sistemaren irizpideak

Suak detektatzeko sistemek «Suak automatikoki detektatzeko sistemako osagaiak» izeneko UNE 23007 arauan ezarritakoa bete behar dute. Hauexek dira detekzio-sistemaren ezaugarri nagusiak:

DETEKZIO-DENBORA

Galtzadaren mailan 1 m²-ko heptanoko eremu bateko sua detektatzeko gauza izan behar du galtzadaren edozein tokietan; tune-laren barruko airearen abiadurak 2 metro segundokoa izan behar du minutu bat baino denbora laburragoan.

ZONIFIKAZIOA

Suaren kontrako alarma eman eta su sortu deneko lokal teknikoa edo tuneleko zein zatitan sortu den kokatzeko gauza izan behar du detekzio sistemak. Tunelaren barruko kokapenaren doitasunak 50 metrotik beherakoa izan behar du, gutxi gorabehera.

SEINALE AKUSTIKOAK

Suaren abisua emateko seinaleak tunelaren barruko megafonia sistemarekin egin behar dira, baita sirenekin ere lokal teknikoan barruan.

ALARMA FALTSUAK

Ekipoa benetakoak ez diren alarmak ekiditeko moduan konfiguratu behar da, eta, halere, su-alarma detektatzen denetik jarduera automatikoak martxan jartzen diren arte igarotzen den denbora sisteman konfiguratu ahal izango da.

Kontsolako operadoreak alarma onartu edo ez onartu ahalko du telebista-zirkuitu itxiaren bitartez benetan surik dagoen ala ez egiaztatu ondoren. Baldin eta denbora igarota ez bada alarma berretsi edo ukatu, automatikoki abiaraziko dira suaren gaineko gora-beherarako aurreikusitako jarduketak.

ALARMA TEKNIKOAK

Detekzio-sistema sendoa lortzeko behar diren alarma tekniko guztiak izan behar ditu sistemak, betiere printzipio honen arabera: detekzio-sistemako kable bakar bateko matxura batek ezin galaraz dezake detektatutako eraginarekin lotutako alarma teknikoa aktibatzea.

5.1.3.1. Suaren kontrako sentsore jarraitua

Tunelean zehar suaren kontrako detektagailu automatiko bat jarri behar da. Sentsore termiko jarraituak gomendatzen dira. Horiek alarma joko dute tenperaturak muga bat (termikoa) gainditzen duenean edota denbora bateko tenperatuaren aldaketak muga bat gainditzen duenean (termovelozimetrikoa, gero eta gutxiago erabiltzen dira). Alarmaren atalaseek konfiguratzeko modukoak izan behar dute, sentsoreak tunelak ingurumenaren aldetik dituen ezaugarrietara egokitzeko.

— «Incendio de un vehículo», puesto que puede incendiarse por razones propias dentro del túnel o llegar incendiado al interior del túnel sin que el conductor lo haya advertido.

En cualquier caso, en el incendio intervendrán elementos sólidos, líquidos, (combustibles), o gases, además de los elementos eléctricos.

Bajo esta premisa, por tanto, consideraremos que pueden existir incendios del tipo A, B, C, y E, según la clasificación de incendios europea.

5.1.2. Criterios de sectorización

Para una mejor y más eficaz actuación del Sistema de Protección Contra Incendios, ha de realizarse un estudio tanto del tipo de actividad de las distintas zonas, como del riesgo de fuego y posibilidades de actuación durante la extinción.

Bajo esta premisa, deberá considerarse como sectores cada uno de los túneles, y por tanto, las galerías de evacuación, tanto entre ambos tubos como en el caso de una evacuación directa con el exterior, y se deberán disponer cerramientos de separación con ellos, con la correspondiente estabilidad y resistencia al fuego.

Además de ello, si existiese alguna sala eléctrica en comunicación directa con el túnel, deberá considerarse de igual modo.

5.1.3. Criterios del sistema de detección

Los sistemas de detección de incendios deben cumplir lo indicado en la Norma UNE 23007 «Componentes de los sistemas de detección automática de incendios». Las principales características del sistema de detección son:

TIEMPO DE DETECCIÓN

Debe ser capaz de detectar un incendio de una superficie de 1 m² de heptano a nivel de calzada, en cualquier punto de la calzada, con una velocidad de aire en el interior del túnel de 2 m/s en menos de 1 minuto.

ZONIFICACIÓN

El sistema de detección debe ser capaz de dar la alarma de incendio y ubicar el foco en el local técnico que se produzca o en la parte del túnel que se produzca. La precisión en la ubicación dentro del túnel debe ser de 50 metros aproximadamente.

SEÑALES ACÚSTICAS

Las señales para alertar en caso de incendio se realizar con el sistema de megafonía en el interior del túnel y con sirenas en el interior de los locales técnicos.

FALSAS ALARMAS

Se debe configurar el equipo para evitar las falsas alarmas, aun así desde que se detecta la alarma de incendio hasta que arrancan las actuaciones automáticas debe pasar un tiempo configurable en el sistema.

El operador de consola podrá confirmar o rechazar la alarma tras la verificación de la existencia de fuego a través del circuito cerrado de televisión. Si pasado ese tiempo no se ha producido ni confirmación ni rechazo se arrancará las actuaciones previstas para el incidente de fuego de forma automática.

ALARMAS TÉCNICAS

El sistema debe contar con las alarmas técnicas suficientes para obtener un sistema de detección robusto siguiendo el siguiente principio: que una avería en un solo cable del sistema de detección, no impida la activación de la alarma técnica relativa al efecto detectado

5.1.3.1. Sensor continuo de incendios

Se ha de instalar un detector de incendios automático a lo largo del túnel. Se recomienda sensores térmicos continuos. Estos darán una alarma cuando la temperatura supere un umbral (térmica) y/o cuando la variación de temperatura en un espacio de tiempo supere un umbral (termovelocimétrica, están quedando en desuso). Los umbrales de alarma deben ser configurable para la optimización del sensor a las características ambientales del túnel.

Kable sentsorea tunelaren gakoan kokatu behar da. Ezin egon daiteke punturik zeinen sentsoreak oinplanoan duen proiektzioarekiko distantzia 6,5 metrotik gorakoa den. Baldin eta tunelak 13 metrotik gorako galtzada badu, gutxienez 2 kable paralelo jarri behar dira detekzioa egokia izan dadin.

Detektagailu termiko jarraituen hainbat teknologia dago: kable urgaria (ez da komenigarria instalatzea); detektagailu termikoa, zuntz optikoaren kristal-sarearen tenperaturak sortutako oszilazioetatik abiatuta; edo kable berean kokaturiko sentsore diskretuetan oinarrituriko detektagailu lineala. 3 teknologia hauetatik lehenengo biak gomendatzen dira. Izan ere, alarma termikoak zein termovelozimetroak eragin ditzakete eta atalaseak konfiguratu egin daitezke.

Sentsore jarraituak sua norantz zabaltzen ari den eta horren tamainaren gaineko informazioa ematea gomendatzen da.

Ezaugarri nagusiak:

- Zehaztapen termikoa: < Gradu 1.
- Erantzuna emateko denbora: <10 segundo.
- Kokapenaren zehaztapena: < 5 metro.
- Alarma akatsen bat antzemaneraz gero: Bai.

5.1.3.2. Lokal teknikoetako suaren kontrako sentsorea

Suaren kontrako sentsore automatikoak jarri behar dira lokal teknikoetan. Sentsore horiek zonifikatu egin daitezke, kontroleko zentrokoek jakin dezaten sua zein lokaletan dagoen.

Ke-detektagailuak jartzea gomendatzen da. Lokal tekniko osorari estaldura emateko beharrezkoak diren detektagailu guztiak jarri behar dira; horretarako, hauxe bete behar da (UNE 23007-14:1996 arauan zehazten denez): detektagailuak zaindutako eremuak ondoko taulan agertzen diren S_v balioak ez gainditzea eta gainaldeko sabaiko puntu bat ere ez S_{max} egotea balioetatik baino detektagailu baten distantzia horizontal handiagoa duten detektagailuen distantzia horizontal batera:

5.1.3.2-1. Taula – Zaintzako gehieneko azalera eta detektagailuen arteko gehieneko distantzia

Lokalaren azalera (S)	Lokalaren altuera (h)	Zaintzako gehieneko azalera (S_v) eta sumagaien arteko gehieneko distantzia (S_{max})					
		SABAIAREN MAKURDURA					
		$i < 15^\circ$		$15^\circ < i < 30^\circ$		$i > 30^\circ$	
m^2	m	$S_v (m^2)$	$S_{max} (m)$	$S_v (m^2)$	$S_{max} (m)$	$S_v (m^2)$	$S_{max} (m)$
S<80	h<12	80	11,40	80	13	80	15,10
S>80	h<6	60	9,90	80	13	100	17,00
	6<h<12	80	11,40	100	14,40	120	18,00

Detektagailua halako moldez kokatuko da non sabaitik distantzia jakin batera egongo baita, ondorengo taulan agertzen diren tarteetan:

5.1.3.2-2. Taula – Sentsoretik sabairainoko distantzia

Lokalaren altuera (h)	Sentsoretik sabairainoko distantzia					
	SABAIAREN MAKURDURA					
	$i < 15^\circ$		$15^\circ < i < 30^\circ$		$i > 30^\circ$	
M	cm	cm	cm	cm	cm	cm
h<6	3	20	20	30	30	50
6 < h < 8	7	25	25	40	40	60
8 < h < 10	10	30	30	50	50	70
10 < h < 12	15	35	35	60	60	80

El cable sensor se debe ubicar en la clave del túnel. No debe haber ningún punto de la calzada cuya distancia con la proyección en planta del sensor sea superior a 6,5 metros. Si el túnel tuviese una calzada superior a 13 metros se deben instalar al menos 2 cables paralelos para que la detección sea la adecuada.

Existen diversas tecnologías de detectores térmicos continuos: cable fundente (se desaconseja su instalación); detector térmico a partir de las oscilaciones generadas por la temperatura en la red cristalina de la fibra óptica, o detector lineal basado en sensores discretos ubicados en el mismo cable. De estas 3 tecnologías se recomiendan las dos últimas que pueden generar alarmas tanto térmicas como termovelocimétricas y los umbrales son configurables.

Se recomienda que el sensor continuo proporcione información sobre la dirección de la propagación y sobre el tamaño del incendio.

Características principales:

- Precisión térmica: < 1°C.
- Tiempo de respuesta: <10 segundos.
- Precisión de localización: < 5 metros.
- Alarma ante fallo detectado: Sí.

5.1.3.2. Sensor de incendios en locales técnicos

Los locales técnicos deben tener instalados sensores automáticos de incendio. Estos sensores deben estar zonificados para que desde el centro de control sepan en que local se está produciendo un incendio.

Se recomienda la instalación de detectores de humo. Se deben instalar tantos detectores de incendios como sea necesario para dar cobertura a todo el local técnico, para ello debe cumplir (según se indica en la UNE 23007-14:1996) que la superficie vigilada por un detector no rebase los valores S_v que se indican en la tabla siguiente y que ningún punto del techo de la cubierta quede situado a una distancia horizontal de un detector superior a los valores S_{max} :

Tabla 5.1.3.2-1 – Superficie máxima de vigilancia y Distancia máxima entre detectores

Superficie del local (S)	Altura del local (h)	Superficie máxima de vigilancia S_v y Distancia máxima entre detectores S_{max}					
		INCLINACIÓN DEL TECHO					
		$i < 15^\circ$		$15^\circ < i < 30^\circ$		$i > 30^\circ$	
m^2	m	$S_v (m^2)$	$S_{max} (m)$	$S_v (m^2)$	$S_{max} (m)$	$S_v (m^2)$	$S_{max} (m)$
S<80	h<12	80	11,40	80	13	80	15,10
S>80	h<6	60	9,90	80	13	100	17,00
	6<h<12	80	11,40	100	14,40	120	18,00

El detector se debe ubicar de tal forma que el sensor se encuentre a una distancia del techo entre unos márgenes que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 5.1.3.2-2 – Distancia del sensor al techo

Altura del local (h)	Distancia del sensor al techo					
	INCLINACIÓN DEL TECHO					
	$i < 15^\circ$		$15^\circ < i < 30^\circ$		$i > 30^\circ$	
M	cm	cm	cm	cm	cm	cm
h<6	3	20	20	30	30	50
6 < h < 8	7	25	25	40	40	60
8 < h < 10	10	30	30	50	50	70
10 < h < 12	15	35	35	60	60	80

Sentsoreek EN 54-7 arauan zehazturiko ezaugarriak bete behar dituzte.

5.1.4. *Kableen gaineko irizpideak*

Energia Elektrikoaren II. Jarraibidearen dokumentuan agertzen diren ezaugarriez gain, oro har, tunelen eta galerien barruan instalaturiko sistema guztien kableek LSZH motako estalkia ere edukiko beharko dute gutxienez; hau da, ke gutxi botatzen duen, halogenorik ez daukan eta sua hedatzen ez duen estalkia. Sistema kritikotzat hartzen denean, gainera, AS edo AS+ ezaugarriak edukiko ditu, horien bidez kableak hobeto eusten baitu sua.

5.1.5. *Alarma sistemaren gaineko irizpideak*

Alarmako eskuzko pulsadoreak jarriko dira, SOS zutoinen ondoren, ebakuazio galerietan eta gela teknikoetan.

Horrez gain, kontrolako zentroko softwarean honako hauek ere alarमतzat hartuko dira:

- SOS armairuen atek irekitzea.
- Ebakuazio galeren atek irekitzea.
- Gela elektrikoaren atek irekitzea.
- Gelak ureztatzea.
- Presio partzialaren akatsak.
- ...

5.1.6. *Sua itzaltzeko sistemaren gaineko irizpideak*

I. motako tuneletan honako hauek izango dira:

- 25 mm-ko SUS 50 metroan.
- Ebakuazio galerietan sartzeko zonako kutxeten ur-paldokak, tunelaren ondoan, 70 mm-ko bi ahorekin eta 150 mm-ko elikatze-hodiarekin, eta beti egongo dira babesturik zirkulazioaren noranzkoaren arabera istripuak egoteko aukerei dagokienez.
- Eskuzko itzalgailuak 50 metroko tarteetan, eta gela teknikoetan.
- Tunel berrietan ura hornitzeko sistema bat egongo da, erre-serba deposituduna, presio taldeduna eta presostatoaren bidez sarearen presioa kontrolatzeko aukera ematen duena. Zerbitzu-tuneletan, ura hornikuntza-sare publiko-ara konektatuz horni badaiteke, eta baldin eta hornikuntza horrek exijitzen diren presio- eta emari-balioak bermatzen baditu, deskribatutako auto-hornikuntza sistema saihestu ahalko da.
- 350 metro baino gehiago dituzten eta C zerbitzu maila edo handiagoa duten eraikuntza berriko tunel aizunen kasuan, edo I. motako tunel gisa sailkatuta eta hiri-inguruetan edo hirietatik hurbil daudenetan, ura presio handian jaurtiz sua automatikoki itzaltzeko sistema finko bat ezartzea beharrezkoa den ala ez ebaluatuko duen analisi bat eskatuko da. Sistema honen helburua arrisku-egoerak prebenitzea eta sute baten ondorioak arintzea izango da, azpiegiturak kolapsatzea eta horren eragin sozial eta ekonomiko handia ekiditeko, pertsonen bizitza nahiz ingurumena babesteko eta suak itzaltzeko zerbitzuen esku-hartzea errazteko.

II. motako tuneletan honako hauek izango dira:

- Itzalgailuak SOS zutoinetan eta gela teknikoetan, horrelakorik baldin badago.

Gela teknikoak dituzten tunel eta kontrol-zentro guztietarako, barruan sua itzaltzeko sistema automatikoak jarriko dira.

5.1.7. *Seinaleztapenaren gaineko irizpideak*

Edozein gorabehera-motatan hartzen diren prebentzioko neurrietako bat erabiltzaile guztiak tuneletik ebakuatzea da, azken batean pertsonengan kalte fisikorik gerta ez dadin (edo ahalik eta kalterik txikiak egon daitezzen). Neurri hori errazteko, erabiltzaileen ebakuaziorako lagungarria izango den seinaleztapena aurreikutsi da.

Los sensores deben cumplir las características especificadas en la EN 54-7.

5.1.4. *Criterios del cableado*

Además de las características que se indican en el documento de Instrucción II Energía Eléctrica, de forma general el cableado de todos los sistemas instalados en el interior de túneles y galerías deberá disponer de una cubierta que como mínimo sea del tipo LSZH, es decir, de baja emisión de humos y libre de halógenos y no propagador del incendio. En los casos de que el sistema se considere crítico se deberá disponer además de características AS o AS+ que añaden resistencia al fuego del cable.

5.1.5. *Criterios del sistema de alarma*

Se dispondrán pulsadores manuales de alarma junto a los postes SOS, en las galerías de evacuación y en los cuartos técnicos.

En el software de centro de control, también se tratará como una alarma los siguientes eventos

- Apertura de las puertas de los armarios SOS.
- Apertura de puertas de las galerías de evacuación.
- Apertura de puertas de Salas Eléctricas.
- Inundaciones de salas.
- Fallos de presión parcial.
- ...

5.1.6. *Criterios del sistema de extinción*

Para túneles tipo I, se dispondrá en el túnel lo siguiente:

- BIEs de 25 mm cada 50 m.
- Hidrantes de arqueta o de columna en la zona de acceso a las galerías de evacuación en el lado del túnel, con dos bocas de 70 mm, y tubería de alimentación de 150 mm y siempre resguardadas ante cualquier posibilidad de colisión según el sentido de circulación.
- Extintores manuales cada 50 m y en los cuartos técnicos.
- En túneles nuevos se dispondrá de un sistema de abastecimiento de agua, con depósito de reserva, grupo de presión y control de presión en la red mediante presostato. En los túneles en servicio, en el caso de que sea factible el abastecimiento de agua por conexión a la red pública de abastecimiento y siempre y cuando ésta garantice los valores de presión y caudal requeridos, se podrá admitir la elusión del sistema de autoabastecimiento descrito.
- Para falsos túneles de nueva construcción de más de 350 metros con nivel de servicio C o superior, o sea clasificados como Tipo I, y situados en entornos urbanos o periurbanos, se solicitará un análisis que evalúe la necesidad de implantar un sistema fijo de extinción automática mediante impulsión de agua a alta presión. El objetivo de este sistema será prevenir situaciones de riesgo y mitigar las consecuencias de un incendio, evitando el colapso de las infraestructuras y su gran impacto social y económico, reguardando la vida de las personas, el medio ambiente, así como facilitar la intervención de los servicios de extinción.

Para túneles tipo II, se dispondrá en el túnel lo siguiente:

- Extintores en postes SOS y en cuartos técnicos, si se dispone de los mismos.

Para todos los túneles y centros de control que dispongan de cuartos técnicos se dispondrán en el interior de los mismos sistemas automáticos de extinción.

5.1.7. *Criterios de señalización*

Una de las distintas medidas preventivas que se llevan a cabo en caso de cualquier tipo de incidente es la evacuación de todos los usuarios del túnel para que, en último caso, no se produzca daños físicos sobre las personas (o estos sean mínimos). Para facilitar esta medida se ha previsto una señalización de emergencia que ayude a la evacuación de los usuarios

300 metrotik gorako tuneletan seinaleztapen egokia izan behar da erabiltzaileak hurbilen dagoen irteeraraino gidatzeko.

Ateak eta galerietarako sarrerak RAL-6029 berde kolorez egongo dira margoturik

Honako hauek landu behar dira larrialdietako seinaleztapenaren sisteman:

- Ebakuazioko ibilbidearen seinaleak, noranzko bakoitzean hurbilen dagoen irteerarainoko distantzia adierazten dutenak. Sistema horren bidez, hurbilen dagoen larrialdiko irteera edo ahorraino gida daitezke erabiltzaileak.
- Ebakuaziorako galeriako atez ohartarazteko larrialdiko irteerako seinaleak, erabiltzaileak argi izan dezan zein den irteera. Bi zulo dituen tunel baten kasu tipikoan, komunikazio galeriak edo ahoak dira ebakuazioko irteerak; hori dela eta, tuneleko komunikazio galerietara sartzeko atean kokatuko dira.
- Tuneleko zuloen arteko komunikazio galerien barruko seinaleztapena. Erabiltzailea komunikazio-galeriara iritsitakoan, nahikoa informazioa izango du ebakuazioa modu seguruan egiteko tunelaren kanporaino.
- Suaren kontrako sistema guztien seinaleak jarri behar dira (SUS, itzalgailuak) bi aldeetan ikusten diren seinaleen bidez (noranzkoaren perpendikularrean). Itzalgailuen seinalea SOS zutoinekin osa daiteke kokagune berean badaude.
- Ebakuazioaren argiztapena. Tunelaren ebakuazioa errazteko, larrialdiko argiztapena edukiko du tunelak, eta horren azterketa zehaztua Argiztapenaren III. Jarraibide Teknikoan dago.

Definituriko ebakuazio eta larrialdiko seinale guztiek fotoluminiszenteak izan behar dute, material autoitzalgarrikoak izango dira eta honako hauek zehazturiko ezaugarri teknikoak bete behar dituzte: UNE 23034, 23035-1, 23035-2, 23035-3 eta 23035-4.

5.1.8. Ebakuazio irizpideak

Gorabehera larria gertatzen bada (sute tipikoa) eta erabiltzaileak tuneletik ebakuatu behar badira, arrisku gunetik alde egin eta toki segurura joan behar dute lehenbailehen. Baina erabiltzaileak hurbilen duten irteeratik ebakuatu behar dira tuneletik, salbu eta suaren sorburutik hurbil badaude eta tuneletik alde egin behar badute segurtasuna dela eta.

Erabiltzaileak ebakuatzea eskatzen duen edozein gorabeherak tunela ixtea dakar, hots, tunela osatzen duten zulo guztiak ixtea.

Tuneleko irteera naturalak tuneleko ahoari datzekionak dira. Luzera jakin batean arriskua areagotu egiten da, eta orduan ebakuazio irteerak izango dira «Azpiegituren I. Jarraibide Teknikoak» adierazten duen bezala. Bi zulo paraleloz osaturiko tunel baten kasu tipikoan, zuloen arteko komunikazio galeriak izango dira ebakuazio bideak. Ebakuazioaren arloan, gorabeherak ukitu gabeko zuloa toki segurutzat hartzen da, baina ebakuazioa ez da erabat beteko erabiltzaile guztiak tuneletik irten arte.

5.1.8.1. Ebakuazio biderako seinaleztapena

Ebakuazioaren seinaleen helburu nagusia erabiltzaileak hurbilen dagoen larrialdi irteeraraino eramatea da, tunelaren ahoan zein ebakuazio-galerian. Horretarako, ebakuazioaren ibilbidearen seinale fotoluminiszenteen multzoa jarri behar da. Seinale horiek norabidearen eskuineko horma pikoan kokatu behar dira, eta bi seinaleen arteko distantzia gehienez 25 metrokoa izango da. Seinaleen atzealdeko kolorea Pantone 349 zenbakikoa izango da, RAL 6029an atetarako eta horien ingururako zehaztutakoaren parekoa edo antzekoa.

Ebakuazio ibilbidearen seinaleak noranzko bakoitzean hurbilen dagoen irteeraraino dagoen distantzia adierazi behar du, irudi honetan agertzen denez:

Todo túnel cuya longitud supere los 300 metros debe disponer de la señalización adecuada para guiar a los usuarios hasta la salida más cercana.

Las puertas y zona de acceso a las galerías estarán pintadas de un color verde RAL-6029.

El sistema de señalización de emergencia debe abordar:

- Señales de recorrido de evacuación que indiquen la distancia a la salida más próxima en cada uno de los sentidos posibles. Con este sistema se guía a los usuarios hasta la boca o salida de emergencia más cercana.
- Señales de indicación de salida de emergencia que adviertan de la puerta a la galería de evacuación, para que el usuario no tenga dudas de cual es la salida. En el caso típico de túnel con 2 tubos las salidas de evacuación son las bocas o las galerías de comunicación entre tubos por lo que se ubicarán en las puertas de acceso a las galerías de comunicación entre tubos.
- Señalización dentro de las galerías de comunicación entre tubos. Una vez que el usuario llega a la galería de comunicación debe disponer de la suficiente información para realizar la evacuación hasta el exterior del túnel de forma segura.
- Deben estar señalizados todos los sistemas contraincendios (BIEs, extintores) mediante señales visibles a dos caras (perpendicular al sentido de la marcha). La señal de los extintores podrá estar integrada con la señal de los postes SOS cuando coincida su ubicación.
- Iluminación de evacuación. Para facilitar la evacuación el túnel contará con una iluminación de evacuación para la evacuación cuyo estudio detallado se encuentra en la «Instrucción Técnica III- Alumbrado».

Todas las señales de evacuación y emergencia que se definen deben ser fotoluminiscente con material autoextinguible y deben cumplir las características técnicas especificadas en: UNE 23034, 23035-1, 23035-2, 23035-3 y 23035-4.

5.1.8. Criterios de evacuación

Cuando se produce un incidente grave, típicamente un incendio, que requiere que los usuarios evacuen el túnel, éstos deben abandonar la zona de riesgo y llegar a una zona segura lo más rápidamente posible. Por eso los usuarios deben evacuar el túnel por la salida más cercana que dispongan, a no ser que se encuentre próximo al foco del incendio que deben evacuar alejándose del incendio por motivos de seguridad.

Cualquier incidente que requiera una evacuación de los usuarios implicara el cierre del túnel, o lo que es lo mismo el cierre de todos los tubos que forman el túnel.

Las salidas naturales en un túnel son las propias bocas del túnel. A partir de cierta longitud donde se incrementa el riesgo los túneles dispondrán de salidas de evacuación tal como se indica en la «Instrucción Técnica I- Infraestructura». En el caso típico de un túnel formado por 2 tubos paralelos, las salidas de evacuación serán las galerías de comunicación entre los tubos. En cuestión de evacuación se considera que el tubo que no está afectado por el incidente es un lugar seguro, aunque no se completará la evacuación hasta que todos los usuarios abandonen el interior del túnel.

5.1.8.1. Señalización del recorrido de evacuación

El primer objetivo de la señalización de evacuación es llevar a los usuarios hasta la salida de emergencia más cercana, ya sea boca de túnel o galería de evacuación. Para ello se debe instalar conjunto de señales fotoluminiscentes de recorrido de evacuación. Estas señales se deben ubicar en el hastial derecho en el sentido de la marcha y la separación entre dos señales no debe superar los 25 metros. El color de fondo de las señales se corresponderá con un Pantone número 349, similar o equivalente al RAL 6029 especificado para las puertas y su entorno.

La señal de recorrido de evacuación debe indicar la distancia a la salida más cercana en cada uno de los sentidos, tal como se muestra en la figura siguiente:

5.1.8.1-1 irudia – Ebakuazio bidea adierazten duen seinalea



Ebakuazio bidea adierazten duen seinalea 1,5 metro inguruko altueran egotea gomendatzen da.

5.1.8.2. Irteera adierazteko seinaleak

Ebakuazio ateetan behar bezalako seinaleak jarriko dira, erabiltzaileek zalantzarik izan ez dezaten ebakuaziorako irteera egokia zein den.

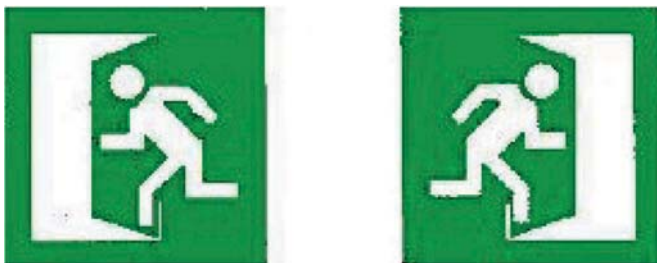
Argizko seinaleak ebakuazioko bideen gainean jarri behar dira, eta bi aldeetan ikusteko modukoak izango dira (ebakuazioreen noranzkoarekiko perpendikularrak). Argindarrak huts egiten duenean ere seinalea ikusiko dela ziurtatzeko, panel fotoluminiscente transluzidoa eta bateria autonomia jarri behar dira seinale bakoitzean. Seinaleak 50 cm-ko aldeia izan behar du, gutxienez, eta irudi hau erakutsi behar du:

Gida-luminariak egongo dira, eta atearen atzeraeramangunea libratuz, pertsonak gidatzea errazteko bide bat jarraituko dute.

Ateen gainean balasto ez autonomoak jarriko dira bi aldeetan, EESTik esekita.

Ateen gainean kartel bat jarriko da, eta bertan adieraziko da ebakuazio-galeria bat dagoela, eta galeria horren identifikazio-zenbakia ere adieraziko da bertan.

5.1.8.1-1 irudia – Irteera adierazteko argizko seinalea



Ebakuazioko atearen gainean dagoen argizko seinaleaz gain, seinale fotoluminiscente gehiago jarri behar dira atearen alde banatan, irudi berarekin eta gutxienez 1,5 x 1,5 metroko tamainarekin.

Izuaren kontrako barra duen irekitze sistema izan behar dute ebakuaziorako ateeak; horrekin ireki daitezke ateeak barraren gainean presioa eginaz. Ateen bertan, barraren gainean kokatu behar da seinale egokia, UNE 23033-81 arauaren arabera.

Baldin eta tunelaren barruan ebakuazio-irteerakoa ez den ateen bat badago (lokal teknikoak...) behar bezalako seinale fotoluminiscente jarri beharko da atearen gainean irudi egokia ipinita, UNE 23033-81 arauaren arabera.

5.1.8.3. Zuloen arteko komunikazio galeriaren barruko seinalez tapena

Suaren kontrako erresistentzia duten bi ate izango dituzte galeriek, bitarteko barrunbeak eta zulo bakoitza banatzen dituztenak, «Azpiegitura I. Jarraibide Teknikoa» deritzonaren arabera. Nahiz eta suaren ikuspuntutik barrunbea toki segurutzat har daitezkeen, tunelaren kanpoko aldera egin behar da ebakuazioa. Horretarako, honako hauek izan behar dituzte galeriek, gutxienez:

— Gelaren barrualdeko ate bakoitzaren gainean, zuloetarako sarbide bakoitza izendatzeko kartela jarriko da, erabiltzaile-

Figura 5.1.8.1-1 – Señal de recorrido de evacuación



Se recomienda que la señal de recorrido de evacuación esté a una altura aproximada de 1,5 metros.

5.1.8.2. Señalización de indicación de salida

Las puertas de evacuación deben estar suficientemente señalizadas para que los usuarios no tengan ninguna duda de que es la salida correcta para evacuar.

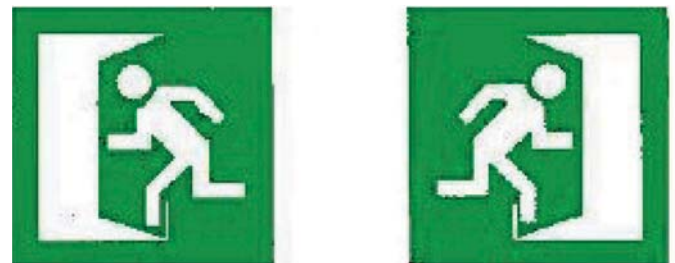
Se debe instalar señales luminosas, ubicadas encima de las puertas de evacuación y visible a dos caras (perpendicular a la dirección de evacuación). Para asegurar que en caso de fallo de la alimentación siga siendo efectiva la señal debe contar con un panel fotoluminiscente translucido y una batería autónoma para cada señal. La señal no debe tener un tamaño inferior a los 50 cm de lado y debe mostrar la figura siguiente:

Se dispondrá de luminarias de guiado que salvando el retranqueo de la puerta sigan una trayectoria que facilite el guiado de las personas.

Se dispondrá encima de las puertas, balastos no autónomos a ambos lados descolgados desde el SAI.

Se dispondrá de un cartel colocado encima de las puertas que defina la existencia de una galería de evacuación e indique el número de identificación de la misma

Figura 5.1.8.1-1 – Señal luminosa de indicación de salida



Además de esta señal luminosa ubicada encima de la puerta de evacuación se debe reforzar la señalización con señales fotoluminiscente a ambos lados de la puerta con la misma figura y un tamaño mínimo de 1,5 x 1,5 metros.

Las puertas de evacuación deben tener un sistema de apertura con barra antipánico con el cual se abren las puertas al ejercer presión sobre la barra. En la propia puerta sobre la barra se debe ubicar la señal correspondiente según la UNE 23033-81.

Si dentro del túnel existiera alguna puerta que no fuese salida de evacuación (locales técnicos...) deberá señalizarse de forma adecuada con una señal fotoluminiscente encima de la puerta con la figura correspondiente según UNE 23033-81.

5.1.8.3. Señalización dentro de la galería de comunicación entre tubos

Las galerías dispondrán de dos puertas resistentes al fuego que las separe el habitáculo intermedio de cada uno de los tubos tal como se especifica en la «Instrucción Técnica I - Infraestructura». Aunque desde el punto de vista de un incendio ya se puede considerar lugar seguro el habitáculo se debe completar la evacuación hasta el exterior del túnel. Para ello las galerías de evacuación deben disponer, al menos de:

— Encima de cada una de las puertas en el interior del habitáculo un cartel que denomine a cada uno de los tubos a

leei jarraibideak ematean okerreko interpretaziorik egon ez dadin, adibidez, «Ibilgailu Batek Harrapatzeko Arriskua».

- SOS zutoinaren gainean edo hurbil kokapen-plano bat jarri behar da («hementxe zaude»), non tunela agertuko baita bere ebakuazio-galeriekin, eta zutabearen identifikatzaile bat ere agertuko da. SOS zutoin guztiak izan beharko dituzte erabilera-jarraibideak hizkuntza batean baino gehiagotan; euskaraz, gaztelaniaz, ingelesez eta frantsesez. Era berean, SOS zutoinaren identifikazioa erabiltzaileek ikusteko moduan jarri beharko da; hartara, operadorearekin hitz egitean, okerrik gabe eta argi eta garbi identifikatu ahalko da deia egiteko erabiltzen ari den SOS zutoina.
- SOS zutoinen inguruetan ere galeria adierazten duen kartela jarri behar da («1. galeria edo «A galeria»).
- Barrunbearen ateetan bertan ebakuazio bidearen antzeko seinaleak jarri behar dira, galeriatik tunel-ahoetara dagoen distantzia adierazten dutenak.
- Ebakuazio-ateen gainean eta gelaren kanpoko aldean kartel batean adieraziko da aldameneko atea ebakuazio-irteerako ate bat dela, eta zein galeriatara ematen duen adieraziko da.

6. AZTERLANAK ETA NEURRIAK

6.1. Detekzio-sistema

Detektagailuaren kopurua, banaketa eta motak azaldutako diseinu irizpideen arabera izango dira.

6.2. Itzalgailu eramangarrien sistema

Detektagailuaren kopurua, banaketa eta motak azaldutako diseinu irizpideen arabera izango dira.

6.3. Surako ur-harguneen sistema (SUS)

Detektagailuaren kopurua, banaketa eta motak azaldutako diseinu irizpideen arabera izango dira.

6.4. Ur-paldeen sarearen sistema

6.4.1. Beharrezko emaria

Arrisku-maila «altua» izan daitekeela ezarri da; hortaz, eskaturiko emaria 2.000 l/minutukoa izango da, eta 1 orduko autonomia-denbora.

6.4.2. Erreserbako depositua

Zerbitzu-tuneletan ur-paldeen sarea hornidura-sare orokorrera konektatu ezin denean, eta I. motako tunel berrietan, erreserbako deposituak, gutxienez, honakoa izan behar du: $2.000 \times 60/1000 = 120 \text{ m}^3/\text{h} \times 1 \text{ h} = 120 \text{ m}^3$. Deposituak UNE 23500 arauan ezarritako baldintzak bete beharko ditu, eta honako elementu osagarri hauek izaniko ditu:

- Pertsonak sartzeko ahoa.
- Sarrera-eskailerak.
- Gainezkabidea.
- Husteko ahoa.

Depositua bi konpartimentu izango ditu, eta, horrela, larrialdiren bat badago edo mantentze-zerbitzuak direla-eta horietakoren bat hustu behar bada, beste erreserba gisa geratuko da.

Depositua hori suteen kontrako instalaziorako soilik erabiltzeko izango da; bestela, beste erabileretarako irteerako harguneko suaren kontrako babeserako soilik den erreserbarako kalkulaturako ahalmenaren gehienezko balioetik gora kokatu beharko dira.

6.4.3. Eratzunaren diametroa

Kalkulia egiteko, beharrezko emaria eta gomendaturiko abiadura hartzen dira abiapuntutzat. Adierazitakoa izango da emaria, $120 \text{ m}^3/\text{ordukoa}$, eta abiadurarako 2 m/s -koa balioa hartuko da.

los que se accede por dicha puerta, para que al dar instrucciones a los usuarios, estas no den lugar a equívocos, como por ejemplo «Riesgo de Atropello».

- Encima o cercano al poste SOS se debe instalar un plano de situación («usted se encuentra aquí») donde se represente todo el túnel con sus distintas galerías de evacuación, así como un identificador del poste. Todos los postes SOS deberán llevar las instrucciones de uso en varios idiomas; Euskera, Castellano, Inglés y Francés. También deberán llevar una identificación del poste SOS de forma visible para el usuario, de tal forma que en el transcurso de la conversación con el operador pueda indicar de forma unívoca y clara la identificación del poste SOS desde el que está haciendo la llamada.
- También en las proximidades de los postes SOS se debe ubicar un cartel que identifique la galería («galería 1» o «galería A»).
- En las propias puertas por el lado interior del habitáculo se deben instalar señales similares a las de recorrido de evacuación que indiquen la distancia desde la galería a las bocas del túnel.
- Encima de las puertas de evacuación y en el exterior del habitáculo se dispondrá un cartel que indique que la puerta contigua es una puerta de salida de evacuación, así como la identificación de la galería a la que se accede.

6. ESTUDIOS Y DIMENSIONAMIENTO

6.1. Sistema de detección

La cantidad, distribución y tipo de detector estará de acuerdo a los criterios de diseño expuestos.

6.2. Sistema de extintores portátiles

La cantidad, distribución y tipo de detector estará de acuerdo a los criterios de diseño expuestos.

6.3. Sistema de bocas de incendios (BIE's)

La cantidad, distribución y tipo de detector estará de acuerdo a los criterios de diseño expuestos.

6.4. Sistema de red de hidrantes

6.4.1. Caudal necesario

Se considerará que el tipo de riesgo será «Alto», y por tanto el caudal solicitado será de 2.000 l/min , y un tiempo de autonomía de 1 hora.

6.4.2. Depósito de reserva

En los túneles en servicio, en el caso de que la red de hidrantes no pueda conectarse a la red general de abastecimiento, y en los túneles nuevos tipo I, se deberá disponer de un depósito como mínimo, de $2.000 \times 60/1.000 = 120 \text{ m}^3/\text{h} \times 1 \text{ h} = 120 \text{ m}^3$. El depósito cumplirá los requisitos establecidos en la UNE 23500, disponiendo de los siguientes elementos auxiliares:

- Boca de hombre.
- Escaleras de acceso.
- Rebosadero.
- Boca de vaciado.

El depósito será de doble compartimento, de tal forma que ante cualquier emergencia que haya que actuar o vaciar uno de ellos por mantenimiento, el otro quede de reserva.

Este depósito será de uso exclusivo para la instalación contra incendios, y en caso contrario, las tomas de salida para otros usos deberán situarse por encima del máximo correspondiente a la capacidad de reserva calculada como exclusiva para la protección contra incendios.

6.4.3. Diámetro del anillo

Para el cálculo se parte del caudal necesario y de la velocidad aconsejada. El caudal será el indicado, de $120 \text{ m}^3/\text{h}$ y, para la velocidad se tomará el valor de 2 m/s .

Hodiaren sekzioa:

$$\text{— Sekz} = Q/V = (120 / 3600)/2 = 0,033/2 = 0.0166 \text{ m}^2.$$

Hodiaren diametroa:

$$\text{— Diam} = \sqrt{(4 * \text{Sekz} / \pi)} = 0.145 \text{ m}; \text{ hortaz, sarearen kolektore orokorraren diametrozat hartzen da, 150 mm-koa.}$$

Balio hori aldatuz gero, proiektuan justifikatu beharko da existutako emariaren kalkuluen bitartez.

Sección de la tubería:

$$\text{— Secc} = Q/V = (120 / 3600)/2 = 0,033/2 = 0.0166 \text{ m}^2.$$

Diámetro de la tubería:

$$\text{— Diam} = \sqrt{(4 * \text{Secc} / \pi)} = 0.145 \text{ m, por tanto, se toma como diámetro del colector general de la red, 150 mm.}$$

La variación de este valor debe ser justificada mediante los cálculos de caudal requeridos en el proyecto.

6.4.4. Presio taldearen presioen gaineko azterlana

Presio taldea zirkuituaren kargaren galera jasateko gai izango da multzotik urrunetik dagoen ur-paldaoan eta altuera geometrikoan, eta 7 bar utzi behar dira lantzan.

Presioa gehiegizkoa den elementuetan presioa murrizteko gai-luak instalatzea aurreikusiko da.

6.4.4. Estudio de las presiones del grupo de presión

El grupo de presión será capaz de soportar la pérdida de carga del circuito para el hidrante más alejado del grupo, la altura geométrica y dejar disponible en la lanza 7 bar.

Se preverán la instalación de reductores de presión en los elementos donde la presión resulte excesiva.

6.5. Gasen bidezko itzaltze sistema automatikoa

Erabilitako gasa CO₂ bada, NFPA 502 arauarekin bat etorri egin behar da azterlana; bestela, araudiaren edo fabrikatzailearen arabera egin beharko da.

6.5. Sistema automático de extinción por gases

Si el gas utilizado es CO₂ el estudio estará de acuerdo con la NFPA 502, en otros casos se efectuará de acuerdo a la normativa correspondiente o a las normas del fabricante.

7. INSTALAZIOAK ABIARAZTEA

7.1. Ohar orokorrak

Atal honen xedea suaren kontrako babes sistema osoan egin beharreko probak definitzea da.

Instalazioek proiektuan ezarritako diseinu baldintzak eta irizpideak betetzen direla egiaztatzea da xedea.

7. PUESTA EN MARCHA DE LAS INSTALACIONES

7.1. Generalidades

El presente apartado tiene por objeto definir las pruebas que deberán realizarse en el conjunto del Sistema de Protección Contra Incendios.

El objetivo de las pruebas es comprobar que las instalaciones cumplen con los Requisitos y Criterios de Diseño establecidos en el proyecto.

7.2. Probarako prozedurak

Kontratatistak probetarako prozedurak sortuko ditu; Obrako Zuzendaritzak onetsi behar ditu aurretik prozedura horiek.

7.2. Procedimientos de prueba

El contratista generará los procedimientos de pruebas, los cuales deberán haber sido aprobados por la D.O.

7.3. Probak gauzatzeko tresnak

Kontratatistaren aparatuekin egingo dira neurketa guztiak; izan ere, aparatu horiek aurretik erkatu behar dira eta horien ziurtagiria Obrako Zuzendaritzari eman behar zaio horiek erabiltzeko onespena eman dezan. Ez dira inola ere erabiliko instalazioko aparatu finkoak, eta neurketak erabil daitezke erkaketa egiteko.

7.3. Instrumentación de pruebas

Todas las mediciones se realizarán con aparatos pertenecientes al contratista, los cuales deberán haber sido previamente contrastados y su certificación deberá ser entregada a la D.O. para la aprobación de su utilización. En ningún caso podrán utilizarse para la prueba los aparatos fijos pertenecientes a la instalación, sirviendo asimismo las mediciones para el contraste de éstos.

7.4. Egin beharreko probak

Bi proba-mota egongo dira, bata landako osagaiei dagokiena eta bestea sistema osoaren funtzionaltasunari dagokiona.

7.4. Pruebas a realizar

Existirán dos tipos de pruebas, de componentes en campo y de funcionalidad del conjunto del sistema.

7.4.1. Osagaien probak eta helburuak landa-lanean

Behar bezala jarritako osagaia egiaztatuko da proba horietan, baina horiek gainerako osagaiekin muntatzeak izan ditzakeen ondorioak kontuan izan barik, adibidez hodiaren proba hidrostatiakoak, presio taldeak, detektagailu guztien funtzionamendua, SUS, etab.

7.4.1. Pruebas de componentes y objetivos, en campo

En ellas, se probará el componente como tal debidamente instalado, pero sin tener en cuenta las implicaciones que su montaje con el resto de componentes pueda tener, por ejemplo, pruebas hidrostáticas de las tuberías, grupo de presión, funcionamiento de todos los detectores, BIEs, etc...

Honako hauek izango dituzte landako probek:

- 1) Muntaturiko elementuen begizko ikuskapena.
- 2) Osagai mekanikoen eta elektrikoen probak.

Las pruebas en campo constarán de:

- 1) Inspección inicial visual de los elementos montados.
- 2) Pruebas de componentes mecánicos y eléctricos.

7.4.1.1. Muntaturiko elementuen begizko ikuskapena

Elementu mekanikoak, elektrikoak edo tresnak behar bezala muntatzen direla egiaztatzea, planoen kokapenaren eta abarren arabera.

7.4.1.1. Inspección inicial visual de los elementos montados

Verificar el correcto montaje de los distintos elementos mecánicos, eléctricos o instrumentos, de acuerdo a situación en planos, etc.

7.4.1.2. Osagai mekanikoen eta elektrikoen probak

7.4.1.2. Pruebas de componentes mecánicos y eléctricos

PRESIO TALDEA

Parametro elektrikoak:

— Ponpetako motor elektrikoen parametro elektrikoak egiaztatzea neurketak eginez eta fabrikatzailearen eta diseinuaren datuekin alderatzea, baita gainerako osagaiekin ere.

GRUPO DE PRESIÓN

Parámetros eléctricos:

— Verificación de los parámetros eléctricos de los motores eléctricos de las bombas mediante mediciones, y comparación con los datos de fabricante y diseño, así como del resto de componentes.

Ponpen kurba tipikoak:

- Horien guztien emaria-presioa kurba egiaztatzea neurketak eginez eta fabrikatzailearen eta diseinuaren datuekin alderatzea.
 - Emaria eta presioa neurtzea.
 - Lorturiko funtzionamendu-puntua eta ponpen balio teorikoa alderatzea.
 - Minutuko birak neurtzea.

Diesel ponparen probak:

- Fabrikatzaileak adierazitako parametroak egiaztatzea.

Dardarak:

- Dardarak egiaztatzea.

HODITERIA**Garbiketa:**

- Barruko aldea eta kanpoko aldea garbituko dira muntaketa amaitutakoan. Barruko garbiketa presioko urarekin edo airearekin egin daiteke nagusiki. Beharrezkoa bada, substantzia kaltegarriak kentzeko edo disolbatzeko metodo kimikoa erabiliko da.

Proba hidrostáticoak:

- Presiora lan egiten duten hodi, ekipo eta material guztiei proba hidrostáticoak egin behar zaizkie UNE 100151 arauaren arabera.
- Ikusten diren ihes guztiak kendu egingo dira presioan dauden bitartean, ahal dela.
- Kontratatistak akatsak dituen hodi guztiak edo osagarri guztiak kendu eta aldatu beharko ditu eta probak errepikatu beharko ditu emaitza onak izan arte.

Pintura-probak aireko tarteetan:

- Geruza-lodieraren eta itsaspenaren probak egingo dira DIN 53 151 eta INTA 16 02 99 araudien arabera, eta gutxienez «2» sailkapena lortu behar da, hots, burdinsare-itxieraren bidezko ebaketa-aparatuarekin proba egin ondoren, pelikula-galera txikiak ikusiko dira elkarguneen artean eta ebaketetan. Ukituriko eremua %5 eta %15 bitartekoa izango da.

Balbulak

- Balbulak jatorrizko ziurtagiriarekin iristen direla eta horien ezaugarriek proiektuan zehazturiko baldintzak betetzen dituztela egiaztatuko da. Balbulak muntatu ondoren, irisgarritasuna eta jarduteko erraztasuna egiaztatuko dira.

ESKUKO ITZALGAILUAK

Horiek guztiek kokapena, muntaketaren altuera eta proiektuan eskatzen diren baldintzak betetzen direla egiaztatuko da.

7.4.2. Sistema osoaren funtzionaltasunaren probak eta helburuak

Sistema osoaren funtzionaltasuna egiaztatu beharko da. Instalazioaren funtzionamendu normalera ahalik eta gehien hurbiltzeko simulazioa egingo da puntu honetan.

Detektatzeko eta itzaltzeko sistemen probak egingo dira, ustiapenaren eskuliburuan ezarritako moduetan.

7.5. Probaren jarraibideak**7.5.1. Presio taldea**

Ondoren azalduko diren puntuak egin ondoren, harturiko neurriekin abiarazi beharko dira formatu egokian.

7.5.1.1. Ezarpena

- Proiektuaren araberrako ezarpenaren egoera berrikustea.

7.5.1.2. Ekipoaren begizko ikuskapena

- Ainguraketa sistema, zigitatze sistema, konexio elektrikoak, kolperik eza, etab. egiaztatzea.

Curvas características de las bombas:

- Verificación de la curva caudal-presión de cada una de ellas mediante mediciones, y comparación con los datos de fabricante y diseño.
 - Medición del caudal y presión.
 - Comparación del punto de funcionamiento obtenido, con el valor teórico de las bombas.
 - Medición de las r.p.m.

Pruebas de la bomba Diesel:

- Verificación de los parámetros indicados por el fabricante.

Vibraciones:

- Verificación de vibraciones.

RED DE TUBERÍAS**Limpieza:**

- Se procederá a realizar la limpieza exterior e interior una vez terminado en montaje. La limpieza interior podrá realizarse bien con aire o agua a presión principalmente. Si fuese necesario se empleará un método químico para eliminar o disolver sustancias extrañas.

Pruebas Hidrostáticas:

- Todas las tuberías, equipos y materiales que trabajen a presión deberán ser sometidos a pruebas hidrostáticas de acuerdo a UNE 100151.
- Todas las fugas visibles serán eliminadas mientras se esté a presión si ello es posible.
- Cualquier tubería o accesorio con defectos, deberá ser eliminado y sustituido por el contratista y repetir las pruebas hasta que éstas sean satisfactorias.

Pruebas de pintura en los tramos aéreos:

- Se realizarán pruebas de espesor de capa y su adherencia de acuerdo a la normativa DIN 53 151 e INTA 16 02 99, debiendo conseguirse como mínimo una clasificación «2», es decir, que tras la prueba con el aparato de corte por enrejado, se observarán ligeras pérdidas de película localizadas en las intersecciones y a lo largo de los cortes. El área afectada estará comprendida entre el 5 y el 15%.

Válvulas:

- Se comprobará que las válvulas llegan a obra con el correspondiente certificado de origen y que sus características cumplen los requisitos especificados en proyecto. Una vez montada se comprobará la facilidad de acceso y actuación.

EXTINTORES PORTÁTILES

Se comprobará su situación, altura de montaje y cumplimiento de condiciones exigidas en el proyecto.

7.4.2. Pruebas de funcionalidad y objetivos, del conjunto del sistema

En ellas, se observarán la funcionalidad del conjunto del Sistema. Tratará de simularse en este punto, dentro de lo que se pueda, las condiciones más próximas al funcionamiento normal de la instalación.

Se realizarán pruebas del Sistema de Detección y del de Extinción en las distintas formas previstas en el Manual de Explotación

7.5. Instrucciones de prueba**7.5.1. Grupo de presión**

Los puntos que a continuación se exponen deberán, una vez realizados, implementarse con las mediciones tomadas, en el formato correspondiente.

7.5.1.1. Implantación

- Revisar situación de la implantación de acuerdo al proyecto.

7.5.1.2. Inspección visual del equipo

- Revisar el sistema de anclaje, sellado, conexión eléctrica, ausencia de golpes, etc.

- Ezaugarrien plaka egiaztatzea. Plaka hori behar bezala jarrita dagoela eta irakurtzeko modukoa dela egiaztatzea, baita proiektuko datuekin bat datorrela ere.

7.5.1.3. Sistema elektrikoa egiaztatzea

Zehaztapenik gabeko aginte-tokia, konexioak, kableen markak, garbiketa, lanperen seinale egokiak, etengailu nagusiaren zirkuitu laburraren intentsitatea, etab. egiaztatzea.

Osagaien tara egiaztatzea hala nola osagai magnetotermikoa, aginte-tokiko seinale eta ekipoaren funtzionamendua bat etortzea, bonben biraketa egokia, etab.

Instalazio elektriko osoa neurketa eta eragiketa hauen bidez frogatu beharko da:

- Motorrak eta gainerako ekipo elektrikoak eta elektronikoak konektatu ondoren, lurrerako isolamenduaren erresistentzia eta eroaleen arteko erresistentzia neurtuko da, zirkuitu bakoitzean zein elikatzaile bakoitzean; gutxienez 750.000 ohmioko balioa lortu behar da.
- Motorrak eta gainerako ekipoak konektatu ondoren, berriz ere neurtuko da modu berean isolamenduaren erresistentzia, eta gutxienez 250.000 ohmioko balioa eman behar zaie.
- Osagai guztien identifikazioa egiaztatu beharko da eta zirkuituen seinaleak egiaztatu beharko dira.
- Elikadura tentsio orokorrak eta partzialak, intentsitate nominalean edo maximoan.
- Aginte-toki orokorreko maiztasuna.
- Aginte-tokiko lur orokorra eta makinetako partzialak.
- Diferentzialen proba.
- Magnetotermikoen proba.
- Motor-gordelekuen proba eta kalibraketa.
- Termikoen proba eta kalibraketa.
- Arrankatzeko gailuen proba eta kalibraketa.
- Katigamenduak egiaztatzea.

7.5.1.4. Ponpetako motorren parametro elektrikoak egiaztatzea

Arrankearen intentsitatea, nominala, tentsioa, etab. neurtzea.

7.5.1.5. Emaria eta ponpen minutuko birak egiaztatzea

Probatu beharreko hiru ponpen kurbak izan beharko dira. Intentsitateen datuak izanda eta emaria eta minutuko birak neurtuta, proiektuan eskaturikoarekin alderatuko da.

7.5.1.6. Ponpen dardarak egiaztatzea

Ponpa bakoitzerako karkasako dardarak neurtuko dira.

7.5.1.7. Taldearen funtzionaltasunaren proba

Presio talde osoaren funtzionaltasuna egiaztatuko da:

- Tokian tokiko arrankea edota gelditzea tokiko seinalezta-penarekin eta ponpa guztien kontroleko zentroan.
- Jockey ponpa arrankatzea edota gelditzea eraztunaren presioaren arabera.
- Gainerako ponpak arrankatzea presioaren galeraren arabera.
- Kontroleko zentroko alarma egiaztatzea, eraztunaren presiorik ez dagoela-eta.

7.5.2. Detekzio-sistema

Kontuan izan beharreko zenbait puntu nabarmentzen dira:

- Espainiako UNE 23007 arauan adierazitako entsegu metodoak eta eskakizunak bete behar ditu kontrol eta seinalezta-pen sistemak.

- Verificación de la placa de características. Comprobar que dicha placa se encuentra perfectamente colocada y legible, y que se corresponde con los datos de proyecto.

7.5.1.3. Verificación del sistema eléctrico

Revisar apartada de cuadro s/especificación, conexiones, marcado de cableado, limpieza, señalización correcta de lámparas, intensidad de cortocircuito del interruptor principal, etc.

Verificación del tarado de los correspondientes componentes como magnetotérmico, correspondencia entre la señalización en cuadro y funcionamiento real del equipo, giro correcto de las bombas, etc.

Toda la instalación eléctrica será probada mediante las siguientes medidas y operaciones:

- Antes de conectar los motores y demás equipos eléctricos y electrónicos se medirá la resistencia del aislamiento a tierra y entre conductores, haciéndose tanto de cada circuito como para cada alimentador, y debiéndose obtener un valor no inferior a 750.000 ohmios.
- Una vez conectados los motores y demás equipos se volverá a medir la resistencia del aislamiento en la misma forma, debiendo dar un valor no inferior a 250.000 ohmios.
- Deberá comprobarse la identificación de todos los componentes y comprobar la señalización de los circuitos.
- Tensiones de alimentación generales y parciales, a intensidad nominal o máxima.
- Frecuencia en cuadro general.
- Tierras generales de cuadro y parciales de máquinas.
- Prueba de diferenciales.
- Prueba de magnetotérmicos.
- Calibrado y prueba de guardamotores.
- Calibrado y prueba de térmicos.
- Calibrado y prueba de arrancadores.
- Verificación de enclavamientos.

7.5.1.4. Verificación de los parámetros eléctricos de los motores de las bombas

Efectuar mediciones correspondientes a intensidad de arranque y nominal, tensión etc.

7.5.1.5. Verificación del caudal y r.p.m. de las bombas

Se deberá disponer de las curvas de las tres bombas a probar. Con los datos de intensidades, y caudal y r.p.m. medidos, se comparará con el solicitado en el proyecto.

7.5.1.6. Verificación de vibraciones de las bombas

Se medirán las vibraciones en la carcasa de cada una de las bombas.

7.5.1.7. Prueba de funcionalidad del grupo

Se comprobará la funcionalidad del conjunto del grupo de presión:

- Arranque/parada de forma local con su señalización local y en el Centro de Control de cada una de las bombas.
- Arranque / parada de la bomba jockey función de la presión del anillo.
- Arranque del resto de bombas en función de la caída de presión.
- Verificación de la alarma en Centro de Control por falta de presión en el anillo.

7.5.2. Sistema de detección

Se destacan algunos de los puntos que deberán ser tenidos en cuenta:

- El sistema de control y señalización debe cumplir con los requisitos y métodos de ensayo indicados en la norma española UNE 23007.

7.5.2.1. Hasierako egiaztapenak

- Detekzio-begizta, pulsadore eta alarma guztiak konektaturik eta pausagunean daudela egiaztatzea.
- Instalazioak pausagunean eta alarman duen kontsumoa neuritzea, fabrikatzaileak adierazitako denboretan funtziona dezatan instalazioak.
- Matxura-simulazioak seinaleen irteera-sarreretan eta gain-begiraturiko zirkuituetan.

7.5.2.2. Egiaztapenak

- Begizta bakoitzeko detektagailuen %100 aktibatzea, eta alarmetan detektagailuaren egoera behar bezala erregistratzen eta adierazten dela egiaztatzea, baita alarma akustikoen funtzionamendua ere.
- Suen kontrako alarmen pulsadoreak aktibatzea eta modu bereko egiaztapena.
- Detektagailuen kopuru handi baten matxura-proba. Detektagailu-mota aldatzen bada, matxura izateko baldintza badagoela ulertzen da.
- Katigamenduak aireztapen sistemarekin egiaztatzea sua dagoenean.
- Sua itzaltzeko sistema automatikoen jarduera egiaztatzea.
- Detektaturiko suaren inguruko bideo-kamerak abiarazi izana egiaztatzea.
- SOS postuko armairu bat irekitzearen alarma egiaztatzea.
- Ebakuazio galeria bateko atea irekitzearen alarma egiaztatzea.

7.5.3. SUS eta ur-paldoak

Kontuan izan beharreko zenbait puntu nabarmentzen dira:

- Tutu malgua erraz hedatzea.
- Lantzaren hiru ondorioak egiaztatzea.
- Lorturiko zorrotaren gutxieneko luzera egiaztatzea.

8. INSTALAZIOAK JASOTZEA

Lehenago, edo behin-behineko jasotzeko ekitaldiak irauten bitartean, honako agiri hauek emango dizkio kontratistak Bizkaiko Foru Aldundiari:

- Proben emaitzak.

Eginiko proben emaitzak «Behin-behingo jasotako proben protokoloa» izeneko dokumentuan bilduko dira.

- Eragiketen eta mantentzearen eskuliburuak.

Behar bezala koadernaturiko eskuliburu horietan zehazki adieraziko dira instalazioa mantentzeko eta eragiketarako burutzeko prozedurak.

Agiri horiez gain, fabrikatzaile nagusiengandik lorturiko informazio inprimatua ere gehituko da, ekipoen zerrendekin eta beste datu garrantzitsu batzuekin batera; hala, ziurtatu egingo da informazio osoa emango dela.

- Burutzapen-proiektua.

Instalazioaren deskribapenarekin batera, erabilitako unitate eta ekipo guztiak zerrendatuko dira burutzapen-proiektuan; marka, ezaugarriak eta fabrikatzailea adieraziko dira, baita buruturiko lanen behin betiko «as built» planoak eta gutxienez printzipio-eskema bat, kontrol eta segurtasuneko eskema eta eskema elektrikoak ere bai.

- «As built» planoak.

Muntaketaren amaieran, plano osagarriak egin beharko ditu Kontratistak, jarritakoari buruzko planoak ikusteko beharrezkoak direnak Obrazko Zuzendaritzaren iritziz («as built»), eta bilduma osoa aurkeztu beharko du euskarri informatikoan.

7.5.2.1. Verificaciones iniciales

- Comprobación de que todos los bucles de detección, pulsadores, alarmas, están conectadas y en reposo.
- Medida del consumo de la instalación en reposo y en alarma para que la instalación funcione con sus baterías los tiempos indicados por el fabricante.
- Simulaciones de avería en entradas y salidas de las señales y en circuitos supervisados.

7.5.2.2. Comprobaciones

- Activación del 100% de los detectores de cada bucle, comprobando que las alarmas registran e indican adecuadamente la situación del detector, así como el funcionamiento de las alarmas acústicas.
- Activación de los pulsadores de alarma de incendio y comprobación de igual forma.
- Prueba de avería de un número representativo de detectores. Se considera que si se cambia el tipo de detectores, hay condición de avería.
- Verificación de los enclavamientos con el Sistema de Ventilación en caso de incendio.
- Verificación de la actuación automática de los sistemas automáticos de extinción.
- Verificación de la puesta en actuación de las cámaras de video próximas al incendio detectado.
- Verificación de la alarma por apertura de un armario de puesto SOS y extracción de un extintor.
- Verificación de la alarma por apertura de una puerta de una galería de evacuación.

7.5.3. BIES e hidrantes

Se destacan algunos de los puntos que deberán ser tenidos en cuenta:

- Fácil desenrollamiento de la manguera.
- Comprobación de los tres efectos de la lanza.
- Comprobación de la longitud mínima del chorro alcanzado.

8. RECEPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Con anterioridad, o durante el acto de recepción provisional, el Contratista entregará a DFB, los siguientes documentos:

- Resultados de las pruebas.

El resultado de las diferentes pruebas realizadas se reunirá en un documento denominado «Protocolo de pruebas en recepción provisional».

- Manuales de Operaciones y Mantenimiento.

Estos manuales perfectamente encuadrados, serán documentos que indiquen detalladamente los procedimientos para la operación y mantenimiento de la instalación.

Aparte de estos documentos, se incluirá también información impresa obtenida de los fabricantes principales, junto con listas de equipos y otros datos importantes, de forma que quede asegurada una información completa.

- Proyecto de ejecución.

En él, junto a una descripción de la instalación, se relacionarán todas las unidades y equipos empleados, indicando marca, modelos, características y fabricante, así como planos «as built» definitivos de lo ejecutado y como mínimo un esquema de principio, esquema de control y seguridad, y esquemas eléctricos.

- Planos «as built».

Al finalizar el montaje el contratista deberá realizar los planos adicionales, necesarios a juicio de la Dirección de Obra para completar los planos de lo instalado («as built») debiendo entregar una colección de conjunto en soporte informático.

— Bisak eta ziurtagiriak.

Industri Ordezkaritzaren aurrean aurkezturiko instalazioen bisen eta ziurtagirien kopia.

8.1. Behin-behineko jasotzea

Proba guztiak emaitza onekin burututa, martxan jarriko dira instalazioak.

Instalazioan gorabeherarik izan barik adostutako funtzionamendu-epealdia igaro ondoren, behin-behineko jasotze-ekitaldia egingo da.

8.2. Jasotze-akta

Aurkezturiko dokumentazioaren aurrean, Obrako Zuzendaritzak jasotze-akta egingo du, eta bertan agerraraziko dira Kontratatistak eta Jabeak adostasuna azaltzeko sinadurak. Obrako Zuzendaritzari dagokio aktarekin batera burutzeke dauden puntuen zerrenda ematea; izan ere, horien eragina txikia izanda, obra jasotzeko modua izango da. Argi gelditzen da, beraz, Kontratatistak zuzenketak egingo dituela lehenbailehen.

Obrako Zuzendaritzak laneko behin-behineko jasotzea onartzen duenetik aurrera kontabilizatuko dira ezarritako berme-aldiak, bai elementuenak, bai muntaketa egiteko lanenak. Epealdi horretan Kontratatistak nahitaez konpondu, birjarri edo aldatu behar ditu akats edo anomalia guztiak (erabilerak edo mantentze lanek eragindakoak izan ezik), eta horren gaineko jakinarazpenak burutuko dituzte, betiere Jabearentzat inolako kosturik eragin barik; gainera, jabeak egingo du programazioak tunelaren erabilera eta ustiapen uki ez ditzan.

8.3. Berme-aldia

Kontratatistak agiri idatzia bidaliko dio Obrako Zuzendaritzari, instalazioko osagaiak konpontzeko edo aldatzeko doako estalduraren epealdia adierazita instalazioa behar bezala ez dabilenerako. Berme-aldi hori ez da ekipoen fabrikatzaileena baino laburragoa izango, ezta urtebetekoa baino laburragoa ere instalazio osorako.

Banaka berrituko da bermea epealdi horretan aldatutako ekipotan eta osagaietan.

8.4. Behin betiko onarpena

Bermearen kontratuko epea igaro ondoren, horren funtzionamenduan matxurarik edo akatsik egon ezean edo horiek behar bezala konpondu badira (akatsak berriz gertatu arren hutsunerik edo biziorik izan gabe) eta Obrako Zuzendaritzak ezarritako kontrako idazkirik ez badago, behin betikotzat hartuko da behin-behineko jasotzea.

9. MANTENTZEA

Tunelaren kudeatzailea izango da ezarritako instalazioak mantentzeko arduraduna.

Abiapuntu gisa, kontuan izango du Suaren Kontrako Babeseko Instalazioen Araudia. Horretarako, «2. ataleko» mantentzaileei eta «Suaren Kontrako Babeseko Instalazioen gutxieneko mantentzea»-ri buruzko 2. eranskina izango du kontuan 3 hilabeteko, 6 hilabeteko, urtebeteko eta 5 urteko epealdiak dagokienez.

Hala ere, ustiapenaren eskuliburuan espresuki aipatu behar da puntu hori, eta behar bezala garatu behar da, fabrikatzailearen gomendioen eta arautegi aplikagarriaren arabera.

VI. ERANSKINA

SEGURTASUN, ZAINZTA ETA KONTROLEKO SISTEMAK

1. XEDEA

Jarraibide Tekniko honen xedea Bizkaiko Foru Aldundiaren eremu geografikokoak diren tunelen ustiapenean, zerbitzuan jartzean, eraikuntzan, proiektuan eta plangintzan segurtasun, zaintza eta kontrolatzeko instalazioak betetzeko xedapen eta zehaztapen teknikoak betetzea da.

— Visados y certificados.

Copia de los visados y certificados de la instalación presentados ante la Delegación de Industria correspondiente.

8.1. Recepción provisional

Una vez realizadas, con resultados satisfactorios, todas las pruebas, se procederá a la Puesta en Marcha de la Instalación.

Tras un periodo de funcionamiento acordado de la instalación sin incidentes, se realizará el acto de la Recepción Provisional.

8.2. Acta de recepción

Ante la documentación presentada, la Dirección de Obra emitirá el acta de recepción correspondiente con las firmas de conformidad correspondientes del Contratista y de la Propiedad. Es facultad de la Dirección de Obra adjuntar con el acta, relación de puntos pendientes, cuya menor incidencia permitan la recepción de la obra, quedando claro el compromiso por parte del Contratista de su corrección, en el menor plazo.

Desde el momento en que la Dirección de Obra acepte la recepción provisional se contabilizarán los períodos de garantía establecidos, tanto de los elementos como de su montaje. Durante este período es obligación del Contratista, la reparación, reposición o modificación de cualquier defecto o anomalía, (salvo los originados por uso o mantenimiento) advertido, todo ello sin ningún coste a la Propiedad y programado según ésta para que no afecte al uso y explotación del túnel.

8.3. Período de garantía

El Contratista entregará a la Dirección de Obra un documento escrito indicando el período de cobertura gratuita para la reparación o sustitución de los diferentes componentes de la instalación, en caso de malfunción. Esta garantía no será inferior a la de los Fabricantes de los equipos ni a un año para toda la instalación.

La garantía será renovada de forma individualizada para los equipos y componentes sustituidos durante dicho período.

8.4. Aceptación definitiva

Transcurrido el plazo contractual de Garantía, en ausencia de averías o defectos de funcionamiento del mismo, o habiendo sido estos convenientemente subsanados (sin que su repetición indique defecto o vicio) y salvo escrito en contra interpuesto por la Dirección de Obra, la recepción provisional adquirirá carácter de aceptación definitiva.

9. MANTENIMIENTO

El gestor del túnel será responsable del mantenimiento de las instalaciones implantadas.

Como base de partida, tendrá en cuenta el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI). Para ello, tendrá en cuenta el apartado referente a los Mantenedores «Sección 2», y el Apéndice 2, referente al «Mantenimiento Mínimo de las Instalaciones de Protección Contra Incendios», en cuanto a los períodos de 3 meses, 6 meses, 1 año y 5 años.

No obstante, el Manual de Explotación deberá hacer mención expresa a este punto, debiendo ser debidamente desarrollado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y la normativa aplicable.

ANEXO VI

SISTEMAS DE SEGURIDAD, VIGILANCIA Y CONTROL

1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones de seguridad, vigilancia y control en los túneles en servicio, en puesta de servicio, construcción, proyecto y planeamiento pertenecientes al ámbito geográfico de la Diputación Foral de Bizkaia.

Dokumentu honen helburua da Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako helburu hauek erdiestea:

- Tuneletako plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eman nahi da, norik bere etapan segurtasunaren eskakizunei buruzko diseinuaren, eraikuntzaren eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezaten; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.
- Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea; hala, eskatzekoa den legezko eremu gisa balioko du.
- Zerbitzu-maila altuari eustea errepideetako tunelen ustiapenean, tunelen barruko aldeetan pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetzeko, baita tunelen kudeaketa ekonomikoa hobea izan dadin lagungarria izateko ere.

2. IRISMENA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiatu ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitzeko fasean, proiektuko fasean edo planeamenduko fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepideei buruzko martxoaren 24ko 2/2011 Foru Arauan ezarritakoaren arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaez bete beharreko segurtasun-baldintzak zehaztu ditu.

Praktikan betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurritz kanpokoa izanez gero, Administrazio Agintaritzak arriskua murrizteko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurriok segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak ikuskatuko du; Segurtasun Irizpena bidaliko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balorazioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratistaren edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen-organoren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-, gainbegiratze- eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: errieak ixtea, seinaleak jartzea).

3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Jarraian, dokumentu honetan aplikatu beharreko arauak eta araudiak aipatzen dira:

- Europako Parlamentuaren eta Kontseiluaren 2004/C 95 E/05 Zuzentaraua, errepideen Europaz gaindiko sareko tuneletarako gutxieneko segurtasun neurriei buruzkoa.
- 2004/54/CE Zuzentarauko akats-zuzenketa.
- Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tunelen gutxieneko segurtasun-baldintzei buruzkoa.
- Azaroaren 5eko 1942/1993 Errege Dekretuko akats-zuzenketa; horren bidez, Suen kontrako Babes Instalazioen Araudia onetsi da. 1994ko maiatzaren 7ko 109. zenbakiko «B.O.E.».
- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa; Bizkaiko Foru Aldundiko Gobernu Kontseiluak onetsi du, 2006ko abuztuaren 23an egindako bileran.
- Errepideen 8.1-IC jarraibidea. Seinaleztapen bertikala.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia, a saber:

- Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles en carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga una instrucción técnica clara de diseño, construcción y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.
- Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.
- Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejor gestión económica de los túneles.

2. ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, en fase de proyecto o en fase de planeamiento, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/2011, del 24 de marzo de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

En el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

A continuación se citan Normas y Reglamentos de referencia aplicables en este documento:

- Directiva 2004/C 95 E/05 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras.
- Corrección de errores de la Directiva 2004/54/CE.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. «B.O.E.» número 109 del 7 de mayo de 1994.
- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras, aprobado por el Consejo de Gobierno de la Diputación Foral de Bizkaia, en reunión de 23 de agosto de 2006.
- Instrucción de carreteras 8.1-IC. Señalización vertical.

- Errepideen 8.2-IC jarraibidea. Bideko markak, 1989ko martxo.
- 8.3-IC Jarraibidea, Obren seinaleztapena. Herritik kanpo-ko obren seinaleak eta balizamendua, defentsa, garbiketa eta bukatzea, herritik kanpo, 1989.
- DRIVE gomendioak.
- AIPCR gomendioa (kongresu guztiak).
- FIRETUN gomendioak.
- UNE 135314 Araua «Seinaleztapen bertikala. Altzairu galvanizatuzko profilak, seinaleak, kartelak eta panel direkzionalak eusteko zutoin gisa erabiliak. Euskarri mugikorak. Torlojuak. Entseguko metodoak eta ezaugarriak».
- EN 12966 Araua «Variable message signs».
- UNE 135411 araua «Bide seinaleztapenerako ekipamendua. Urrutiko estazioak».
- UNE 135421 araua «Bide seinaleztapenerako ekipamendua. Datuak hartzeko estazioak».
- UNE 135441 araua «Errepideetako bide ekipamendua. Errepideetako aldagai atmosferikoen sentsoreak».
- UNE 135701 arauak: «Bide seinaleztapenerako ekipamendua. Laguntzarako eta datuak transmititzeko sistemak S.O.S. zutoinen bidez».
- UNE-ENV 13563 «Trafikoa erregulatzeko ekipamendua. Ibilgailuen detektagailuk».
- UNE-EN 12352. «Trafikoa erregulatzeko ekipamendua. Arriskuaz ohartarazteko argizko dispositiboak eta balizatzea».
- UNE-EN 12368: «Trafikoa kontrolatzeko ekipoak. Semaforoko buruak».
- UNE-EN 50132 araua «Alarmarako sistemak. CCTV zain-tza sistemak segurtasun aplikazioetan erabiltzeko».
- UNE 20324 araua «Ingurutzailak emandako babes-maialak (IP kodea).»
- UNE 20501 araua «Ekipo elektronikoak eta horien osagaiak. Funtsezko entsegu klimatikoak eta gogortasun mekanikoko entseguak».
- UNE 20427 «Kable elektrikoetarako entsegu-metodo osagarriak. Sugarra zabaltzeko entseguak».
- UNE-EN 50200 arauak «Larrialdietako zirkuituetan erabili beharreko babesik gabeko kable txikien suaren kontrako erresistentziaren entsegu metodoa».
- UNE-EN 50362 arauak «Larrialdietako zirkuituetan erabili beharreko babesik gabeko eta diametro handiko kableen suaren kontrako erresistentziaren entsegu metodoa».
- UNE-En 50266 arauak «Suaren eraginpeko kableetarako ohiko entsegu-metodoak. Bertikalean jarritako geruzetako kableen sugarra hedatzearen gaineko entseguak.»
- UNE 21123 araua «Industrian erabili beharreko 0,6/1 kV esleituriko tentsio kable elektrikoak».
- UNE-EN 60228 arauak «Kable isolatuen eroaleak».
- UNE 20648 «Zuntz optikoen neurriak».
- UNE 20702 «Telekomunikazioetarako modu bakarrek zuntz optikoak».
- UNE 20703 «Telekomunikazioetarako zuntz anitzeko kable optikoak».
- UNE EN 187000 «Zuntz optikoko kableetarako zehaztapen orokorrak».
- UNE-EN 60849 «Larrialdi zerbitzuetarako sistema elektroakustikoak».
- UNE-EN 54-4:2010 Suteak detektatzeko eta alarma jotzeko sistemak. 4. parte: elikadura-sistemak.
- Instrucción de carreteras 8.2-IC. Marcas viales, marzo 1989.
- Instrucción 8.3-IC, Señalización de Obras. Señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado, 1989.
- Recomendaciones DRIVE.
- Recomendaciones AIPCR (todos los congresos).
- Recomendaciones FIRETUN.
- Norma UNE 135314 «Señalización vertical. Perfiles de acero galvanizado empleados como postes de sustentación de señales, carteles laterales y paneles direccionales. Elementos móviles de sustentación. Tornillería. Características y métodos de ensayo».
- Norma EN 12966 «Variable message signs».
- Normas UNE 135411 «Equipamiento para la señalización vial. Estaciones remotas».
- Normas UNE 135421 «Equipamiento para la señalización vial. Estaciones de toma de datos».
- Normas UNE 135441 «Equipamiento vial para carreteras. Sensores de variables atmosféricas en carreteras».
- Normas UNE 135701: «Equipamiento para la señalización vial. Sistemas de ayuda y transmisión de datos mediante postes S. O. S.».
- UNE-ENV 13563 «Equipo de regulación de tráfico. Detectores de vehículos».
- UNE-EN 12352. «Equipamiento de regulación del tráfico. Dispositivos luminosos de advertencia de peligro y balizamiento».
- UNE-EN 12368: «Equipos de control de tráfico. Cabezas de semáforo».
- Normas UNE-EN 50132 «Sistemas de alarma. Sistemas de vigilancia CCTV para uso en aplicaciones de seguridad».
- Normas UNE 20324 «Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).»
- Normas UNE 20501 «Equipos electrónicos y sus componentes. Ensayos fundamentales climáticos y de robustez mecánica».
- Normas UNE 20427 «Métodos de ensayo adicionales para cables eléctricos. Ensayo de propagación de la llama».
- Normas UNE-EN 50200 «Método de ensayo de la resistencia al fuego de los cables de pequeñas dimensiones sin protección, para uso en circuitos de emergencia».
- Normas UNE-EN 50362 «Método de ensayo de la resistencia al fuego de los cables de energía y transmisión de datos de gran diámetro, sin protección, para uso en circuitos de emergencia».
- Normas UNE-En 50266 «Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical.».
- Normas UNE, 21123 «Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV».
- Normas UNE-EN 60228 «Conductores de cables aislados».
- UNE 20648 «Dimensiones de las fibras ópticas».
- UNE 20702 «Fibras ópticas monomodo para telecomunicaciones».
- UNE 20703 «Cables ópticos multifibra para telecomunicaciones».
- UNE EN 187000 «Especificaciones generales para cables de fibra óptica».
- UNE-EN 60849 «Sistemas electroacústicos para servicios de emergencia».
- UNE-EN 54-4:2010 Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 4:sistema de alimentación.

- UNE-EN 54-16:2010 Suteak detektatzeko eta alarma jotzeko sistemak. 16. partea: Alarmaren ahozko kontrola eta adierazleak.
- UNE-EN 54-24:2010 Suteak detektatzeko eta alarma jotzeko sistemak. 24. partea. Ahots bidezko alarma-sistemen osagaiak. Bozgorailuak. Aplikatu beharrekoak diren eta tunelel esparruan gauza daitezkeen alderdi guztietan.

4. TRAFIKOAREN KUDEAKETA

4.1. Seinaleztapen dinamikoa

4.1.1. Sarrera

Seinaleztapen dinamikoari esker, kontroleko zentroko operadoreak bidearen egoerari eta gerta daitezkeen arriskuei edo larrialdiei buruzko informazioa eman diezaioke gidariari, baita kalterik ez eragiteko burutu beharreko ekintzen gaineko jarraibideak ere.

Hauexek dira seinaleztapen dinamikoarekin landu daitezkeen helburuak, seinaleztapen hori tuneletako segurtasuneko osagaia den aldetik:

- Beharrezkoa izanez gero, tunelean sartzea galaraztea, hots, tunela ixtea.
- Zirkulaziorako erreien erabilera kudeatzea.
- Bidearen egoerari eta arrisku egoerei buruzko informazioa ematea erabiltzaileei.

Larrialdiak kudeatzeko zein trafikoa kontrolatzeko, funtsezkoa da seinaleztapen dinamikoa, jarduketak urrutitik egiteko. Seinaleztapen dinamikoaren sistemaren funtzionaltasunaren arabera, honako hauek bereiz daitezke:

- Seinaleztapen dinamikoa tunelaren sarreretan (ahoetan eta inguruetan).

Tunelaren barruan edo inguruetan gertatzen diren gorabeheri eta arriskuei buruzko informazioa ematea du egin-kizun. Gainera, gorabehera larria denean edo tunelaren barruko edo sarbideetako mantentze eta ustiatze lanak direnean, tunela itxi egin daiteke.

- Tunelaren barruko seinaleztapen dinamikoa.

Tunelaren barruko seinaleztapen dinamikoa bereziki baliagarria izaten da tunelaren irteerako edo barruko gorabeheri buruzko informazioa emateko. Funtsezko baliabidea da arreta-neurriak hartzeko, hala nola abiadura mugatzeko eta beste neurri batzuetarako. Kasurik larrienen (sua), tunelaren barruko trafikoa eteteko modua ematen dute (ahoetako trafikoa etetearen neurri osagarria tunel luzeen kasuan).

Hauexek dira seinaleztapen-sistema dinamikoak tuneletan dituen elementu nagusiak:

- Mezu Aldakorreko Panelak (MAP).
- Erreirearen ukipen-seinaleak (gurutze-geziko seinaleak eta abiadura mugikorraren muga adierazteko seinaleak).
- Semaforoak.
- Tunela ixteko barrerak.

4.1.2. Tuneletako sarreretako seinaleztapena diseinatzeke irizpideak

Urrutitik kontrolatu eta jardun nahi den tunel orotan hainbat elementu izan behar da sarreretan, tunela itxi ahal izateko beharrezkoa denean eta erabiltzaileei tunela ixteko arrazoia edota iraupenari buruzko informazioa emateko. I. eta II. motako tunelek seinaleak izan behar dituzte sarreretan, Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan emandako definizioaren arabera.

Jarraian, proiektu-egileek tunelak ixteko seinaleak diseinatzeke kontuan hartu beharreko hainbat irizpide orokor bildu dira. Geroago, ohiko tunelel arkitekturarako irtenbide espezifikokoak deskribatuko dira.

- UNE-EN 54-16:2010 Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 16: Control de la alarma por voz y equipos indicadores.

- UNE-EN 54-24:2010 Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 24. Componentes de los sistemas de alarma por voz. Altavoces. en todos aquellos aspectos que son de aplicación y que puedan ser satisfechos en el ámbito de un túnel.

4. GESTIÓN DE TRÁFICO

4.1. Señalización dinámica

4.1.1. Introducción

La señalización dinámica permite al operador del centro de control informar a los conductores del estado de la vía y de situaciones de riesgo o emergencia que puedan producirse, así como dar instrucciones sobre las acciones que deben llevar a cabo para evitar que se ocasionen daños.

Los objetivos que pueden abordarse con la señalización dinámica como componente de seguridad de los túneles son:

- Prohibir el acceso al túnel en caso de necesidad, es decir, realizar un cierre del túnel.
- Gestionar el uso de los carriles de circulación.
- Informar a los usuarios del estado de la vía y de situaciones de peligro.

Tanto para la gestión de emergencias como para el control de tráfico, la señalización dinámica es vital para realizar actuaciones de forma remota. Según la funcionalidad del sistema de señalización dinámica, cabe distinguir entre:

- Señalización dinámica en los accesos del túnel, (en las bocas y su entorno).

Tiene como función informar de incidentes y riesgos existentes en el interior del túnel o su entorno. Además, en caso de incidente grave o cuando los trabajos de mantenimiento y explotación en el interior o en los accesos así lo requieran, permite cerrar el túnel.

- Señalización dinámica en el interior del túnel.

La señalización dinámica en el interior del túnel suele ser útil particularmente para informar sobre incidentes a la salida del túnel, o en el interior. Constituyen un instrumento esencial para adoptar medidas de precaución tales como limitación de la velocidad y otras. En los casos más graves (incendio) permiten interrumpir el tráfico en el interior del túnel (medida adicional al corte del tráfico en bocas, para túneles largos).

Los principales elementos de los que consta un sistema de señalización dinámica para túneles son:

- Paneles de Mensaje Variable (PMV).
- Señales de afección de carril (señales de aspa-flecha y de límite de velocidad variable).
- Semáforos.
- Barreras de cierre de túnel.

4.1.2. Criterios de diseño en la señalización de los accesos de los túneles

Todo túnel que se pretenda controlar y actuar de forma remota debe disponer de elementos en los accesos que permitan su cierre en caso que sea necesario y la emisión de información a los usuarios sobre la causa y/o duración del cierre. Los túneles de Tipo I y II, según definición realizada en el Decreto Foral de Seguridad en Túneles, deben disponer de señalización en sus accesos.

A continuación se recogen diversos criterios generales que deberán considerar los proyectistas en el diseño de la señalización de cierre de túneles. Más adelante, se ofrecen diversas soluciones particularizadas para las arquitecturas de túnel más típicas.

4.1.2.1. *Ikuspena*

Mezu bat irakurri ahal izateko gehieneko distantzia 800 aldiz letraren edo sinboloaren altuera da.

Ezarrirako gehieneko abiadura doan (sekzio edo elementu bakoitzean) gidari batek seinalea edo kartela ikusi, mezua interpretatu, egin beharreko maniobra erabaki eta, egokia denean, maniobra guztiz edo zati batez burutzeko behar duen gutxieneko distantziaren parekoa izango da, gutxienez. Bestela, letra edo sinbolo handiagoak jarriko dira.

Irizpide horrekin bat etorriz, errepidearen gainean neurturiko gutxieneko distantziak ezarri dira; horretarako, gidariak ikusteko eta irakurtzeko modukoak izan behar dute seinaleztapeneko elementuek betiere:

- 200 metro Mezu Aldakorreko Panaletarako.
- 200 metro semaforoetarako.

Irizpide orokor gisa, karakteretan zein piktogrametan, EN12966 arauan ezarrirako D edo E neurrietako lerrunak erabili beharko dira beti, bidearen diseinu-abiaduraren arabera.

4.1.2.2. *Galtzaden arteko pasabidea*

Bide bereko bi galtzaden arteko trafiko transferentzia ahalbidetzen duen obra zibileko azpiegitura da galtzaden arteko pasabidea.

Norabide bakarrekotuneletan, zirkulazioko noranzko bakoitzean galtzada badago eta tuneleko sarreretan galtzaden arteko pasabidea badago, tunela itxeko barrerak tunela baino lehen jarriko dira zirkulazioaren noranzkoan, betiere tunelaren ahotik 200 metrora baino distantzia handiagoa ez baldin badago.

4.1.2.3. *Tunela itxi izana jakinaraztea gidariei*

Tunela denbora luzean itxi behar bada, beharrezkoa da bidean doazen gidariei jakinaraztea tunela itxita dagoela eta desbideraketak eta ibilbide alternatiboak ere badirela; hala, ez da izango tunela itxteak dakarren auto-pilaketarik. Informazio hori, besteak beste, desbideraketak baino lehen jarritako mezu aldakorreko panelen bidez jakinaraziko zaie gidariei.

Tuneleko bidearekiko lotura duten bideetan beharrezkoa den seinaleztapena aztertu beharko da, eta beharrezkoa izango da inguruabar horren berri ematea itxirako tunelerako desbideraketa hartu baino lehen.

4.1.2.4. *Bide-adarrak eta bidegurutzak*

Azterlan berezia egin beharko da baldin eta tuneletako bide-adarrerako sarbideak edo bidegurutzak badaude sarrerako ahoan inguruetan.

Bide-adarreko sarbidea badago tuneleko sarrerako ahoan, bide-adarreko sarbidean mezu aldakorreko panela jarri beharko da ahoaren inguruetan. Panel hori sarrera baino aurrerago kokatu beharko da, erabiltzaileei informazioa emateko bide-adarrean sartu baino lehen.

Tunel bateko sarrera baino aurrerago kokaturiko bi bideen arteko bidegurutzak bada, bide bakoitzak tuneleko sarreraren seinaleztapeneko sekzio osoak izan behar ditu; hala, modu eraginkorrean geldiaraziko dira ibilgailuak tunelaren barruan sartu baino lehen. Seinaleztapen bikoitza ekidin behar da ahal dela.

4.1.2.5. *Ahoetako seinaleztapen proiektuko irtenbideen adibideak hainbat arkitekturatan*

Hauexek dira tuneleko sarreretako seinaleztapena osatzen duten elementuen konfigurazioan eta kokapenean eragina duten faktoreak:

- 1) Tunela dagoen errepidean baimendutako gehieneko abiadura.
- 2) Tunel-mota, norabide bakarrekotako edo bi norabidekoa.
- 3) Noranzko bakoitzeko dagoen erreie-kopurua.

4.1.2.1. *Visibilidad*

Se considera que la máxima distancia a la que se puede leer un mensaje es igual a 800 veces la altura de la letra o símbolo.

Esta distancia no será inferior a la mínima necesaria para que un conductor que circule a la velocidad máxima establecida (en cada sección o elemento) pueda percibir la señal o cartel, interpretar su mensaje, decidir la maniobra que debe ejecutar y, en su caso, ejecutarla total o parcialmente. En caso contrario, se aumentará la altura de la letra o símbolo.

Siguiendo este criterio se establecen las distancias mínimas medidas sobre la carretera para las cuales los elementos de señalización deben ser percibidos y legibles por el conductor:

- 200 metros para los Paneles de Mensaje Variable.
- 200 metros para los semáforos.

Como criterio general, tanto para caracteres como para pictogramas, deberán utilizarse siempre los rangos de dimensiones D o E previstos en la norma EN12966, en función de la velocidad de diseño de la vía.

4.1.2.2. *Paso entre calzadas*

El paso entre calzadas es la infraestructura de obra civil que permite la transferencia de tráfico entre dos calzadas de una misma vía.

En aquellos túneles unidireccionales con una calzada para cada sentido de circulación que presenten un paso entre calzadas en los accesos al túnel las barreras de cierre del túnel se ubicarán antes del mismo en el sentido de la circulación, siempre que éste no se encuentre a una distancia superior a 200 metros de la boca del túnel.

4.1.2.3. *Información a los conductores del cierre del túnel*

Ante un cierre de un túnel de larga duración es necesario informar a los conductores que circulan por la vía que el túnel se encuentra cerrado y de los desvíos y rutas alternativas existentes, evitando de este modo las retenciones provocadas por el cierre del túnel. Esta información se proporcionará a los conductores, entre otros medios, mediante Paneles de Mensaje Variable instalados antes de los desvíos.

Se debe estudiar la señalización necesaria en las vías que presentan un enlace a la vía en la que se encuentra cerrado el túnel, siendo preciso informar a los conductores de esta situación antes de que cojan el desvío hacia el túnel cerrado.

4.1.2.4. *Incorporaciones y confluencias*

Se debe realizar un estudio especial en aquellos túneles que presenten incorporación de ramal o confluencia en las proximidades de las bocas de acceso.

En el caso de una incorporación de un ramal en las cercanías de la boca de entrada de un túnel se debe instalar en la vía de acceso al ramal un Panel de Mensaje Variable. Este panel se debe ubicar con anterioridad al acceso para informar a los usuarios antes de que se incorporen al ramal.

Si se trata de una confluencia entre dos vías situada antes del acceso de un túnel, cada una de las vías debe tener las secciones completas de señalización de los accesos del túnel y de este modo detener de forma eficiente a los vehículos antes de que entren en su interior. Se debe evitar la duplicidad de señalización.

4.1.2.5. *Ejemplos de soluciones de proyecto de señalización en bocas para diversas arquitecturas*

Los factores que influyen en la configuración y disposición de los elementos que confeccionan la señalización en los accesos del túnel son:

- 1) Velocidad máxima permitida en la carretera donde está ubicado el túnel.
- 2) Tipo del túnel, unidireccional o bidireccional.
- 3) Número de carriles por sentido.

- 4) Trazaketaren ezaugarriak (tuneleko ahoaren ikuspena, desbideraketak edo bide-adarretako sarbideak dauden).
- 5) Bidearen ezaugarri geometrikoak (espaloien eta erreien zabalera, galtzaden eta kokapenen arteko pasabidea izatea...).

Jarraian, tuneletako sarbideetako seinaleztapenaren gaineko irtenbideak agertuko dira arkitekturarik ohikoenetan, arkitektura bakoitzean erabakitzeke irizpideekin batera.

Seinaleztapen dinamikoko elementuen eta tuneletako ahoen arteko distantziak biderapena emateko dira eta inguruaren eta bideko trazaketaren geometria bereziaren arabera erabaki beharko dira (seinaleztapenaren ikuspena inguruetan, gelditzeko tokitik tuneleko sarrerara dagoen ikuspena, azken desbideraketa hurbil izatea...).

Tuneleko trafikoa denbora luzez eteten bada, trafikoa bide alternatibotik desbideratu beharko da. Neurri hori modu eraginkorren aplikatzeko, oro har, beharrezkoa izango da seinaleztapen aldakorra izatea bide alternatiboen sarreretan. Neurriok hartzeko irtenbide espezifikoak aztertu beharko da proiektu bakoitzean.

Arkitektura 1

Norabide bakoitzean bi errei edo gehiago dituzten norabide bakarreko tuneletan; tunela dagoen bidean baimendutako gehieneko abiadura 100 km ordukoa edo handiago da.

Hauexek egon behar dute jarrita tuneletako sarreren seinaleetan:

- Gurutze-geziko seinaleen sekzioa sarrerako ateburuan. Tune-la bi norabidekoa izan daitekeela aurreikusten bada, beste tunel-zulo bat ixten deneko salbuespenezko kasua izanik ere, horrelako seinaleak jarri behar dira irteerako aho-buruan.
- Barrera bakoitzean semaforo bikoitz gorriak eta alarma akustikoa dituen barrera-multzoa. Bi galtzadako errepidea bada eta galtzaden arteko pasabidea badu (galtzaden arteko komunikazioa) sarrerako ahotik 200 metrora baino distantzia laburragoan, galtzaden arteko pasabidea baino aurrerago kokatu behar dira barrerak, larrialdietako ibilgailuak errazago igaro daitezten tunel-zulo bat ixten denean. Tunelak zulo bakarra badu, galtzaden arteko pasabiderik ez badu edo pasabidearen eta sarrerako ahoaren arteko tarte 200 metrotik gorakoa bada, ahoarekiko distantzia gutxienez 50 metrokoa izango da.
- Erreia gaineko kolore gorri-hori-berdeko semaforoen sekzioa, barreratik 200 metrora.
- Erreia gaineko kolore gorri-hori-berdeko semaforoen sekzioa, barreratik 400 metrora.
- Mezu aldakorreko panela duen sekzioa, 2 grafikoz eta 12 karaktereko 3 lerroz osatuta, hesitik 700 metrotara. Azken desbideraketa baino lehenago badago, noranzkoaren zentzuan, seinaleztapen hori nahikotzat jotzen da. Kontrako kasuan, gomendagarria da ezaugarri berak dituen panel bat jartzea azken desbideraketa baino aurrerago; hala, tuneleko trafikoa denbora luzez eteten bada, trafikoa bide alternatibotik desbideratu ahal izango da.
- Bigarren panel hori instalatzea erabakiz gero, azken desbideraketa 1,5 km-tik baino distantzia handiagora badago tuneleko ahotik, panel bat jarri beharko da barreratik 1.100 metrora eta beste bat desbideraketa baino aurrerago. Trafikoa detektatzeko funtzioak dituzten panelak eta desbideraketa adierazten duten panelak kokatzeko tokia aparte ztertu beharko da, eta trazaketaren baldintza horiek direla-eta funtzio horiek panel bakarrak jasan ahal dituen aztertuko da.
- I. irudian arkitektura honetarako tunelen sarreretako seinaleztapenaren arkitektura agertzen da.

- 4) Características del trazado (visibilidad de la boca, existencia de desvíos o incorporaciones).
- 5) Características geométricas de la vía (anchura de arce-nes y carriles, existencia de paso entre calzadas y ubicación...).

A continuación se presentan soluciones de señalización en los accesos del túnel para las arquitecturas más comunes, con los criterios a adoptar en cada una de ellas.

Las distancias de los elementos de señalización dinámica a la boca de los túneles son orientativas y se deberán adaptar en función de las características del entorno y a la geometría particular del trazado de la vía (visibilidad de la señalización en las inmediaciones, visibilidad de la entrada al túnel desde el sitio de parada, proximidad del último desvío...).

Quando el paso por el túnel sea interrumpido por un tiempo prolongado será necesario desviar el tráfico por un camino alternativo. Para poder adoptar esta medida de manera eficiente, será en general necesario disponer de señalización variable en los accesos a los itinerarios alternativos. Una solución específica para la adopción de estas medidas deberá estudiarse en cada proyecto.

Arquitectura 1

Túneles unidireccionales con dos o más carriles por cada sentido y velocidad máxima permitida de la vía donde se encuentra el túnel de 100 km/h o superior.

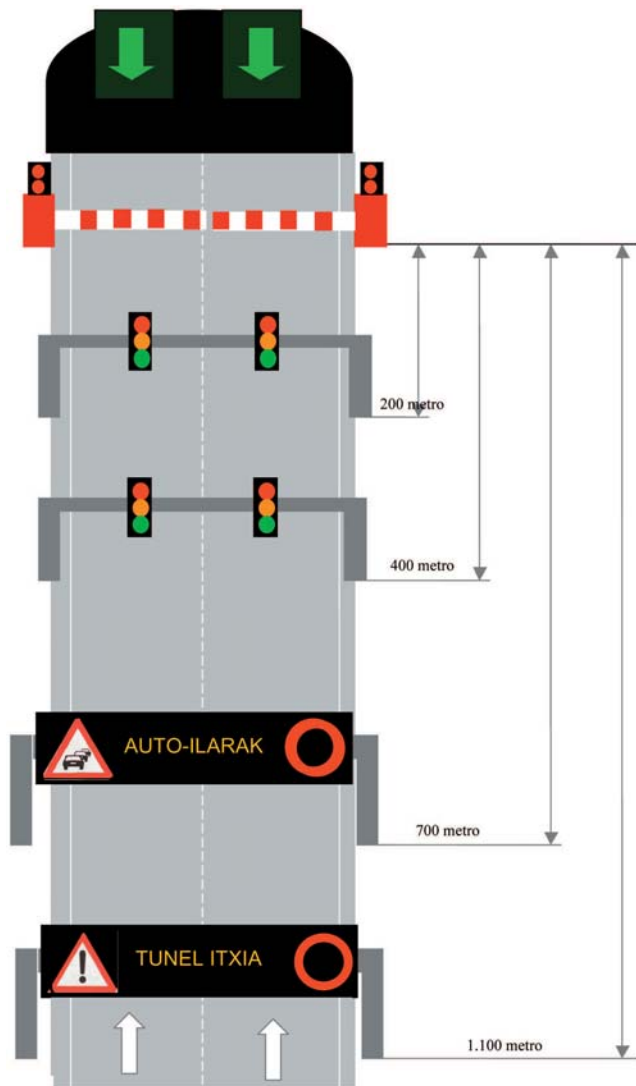
La señalización en los accesos del túnel debe tener instalada:

- Sección de señales de aspa – flecha en el dintel de la boca de entrada. Si se prevé que el túnel pueda funcionar de forma bidireccional, aunque sea en casos excepcionales por cierre del otro tubo, se debe dotar con este tipo de señales en el dintel de salida.
- Conjunto de barreras con semáforos doble rojo en cada una de ellas y alarma acústica. Si la carretera es de doble calzada y dispone de un paso entre calzadas (comunicación entre ambas calzadas) a una distancia inferior a 200 metros de la boca de entrada se han de situar las barreras antes del paso entre calzadas para facilitar el acceso de los vehículos de emergencia en caso de cierre de uno de los tubos del túnel. Si el túnel tiene un único tubo, no dispone de paso entre calzadas o la separación de éste con la boca de entrada es superior a los 200 metros la barrera se debe separar de la boca por una distancia no inferior a 50 metros.
- Sección de semáforos rojo-ámbar-verde sobre carril a 200 metros de la barrera.
- Sección de semáforos rojo-ámbar-verde sobre carril a 400 metros de la barrera.
- Sección con panel de mensaje variable formado por 2 gráficos y 3 líneas de 12 caracteres a 700 metros de la barrera. En caso de encontrarse antes del último desvío, en el sentido de la marcha) se estima suficiente con esta señalización. En caso contrario, se recomienda la instalación de un panel de las mismas características antes del último desvío, de forma que si se produce un corte de larga duración en el túnel se pueda desviar el tráfico por un camino alternativo.
- En caso de optarse por la instalación de este segundo panel, y el último desvío se encuentra a más de 1.5 km de la boca del túnel se debe instalar un panel a 1100 metros de la barrera y otro antes del desvío. Habrá que estudiar por separado la ubicación adecuada de los paneles con funciones de detención del tráfico y de indicación de desvío, analizando si por las condiciones del trazado estas funciones pueden o no ser soportadas por un único panel.

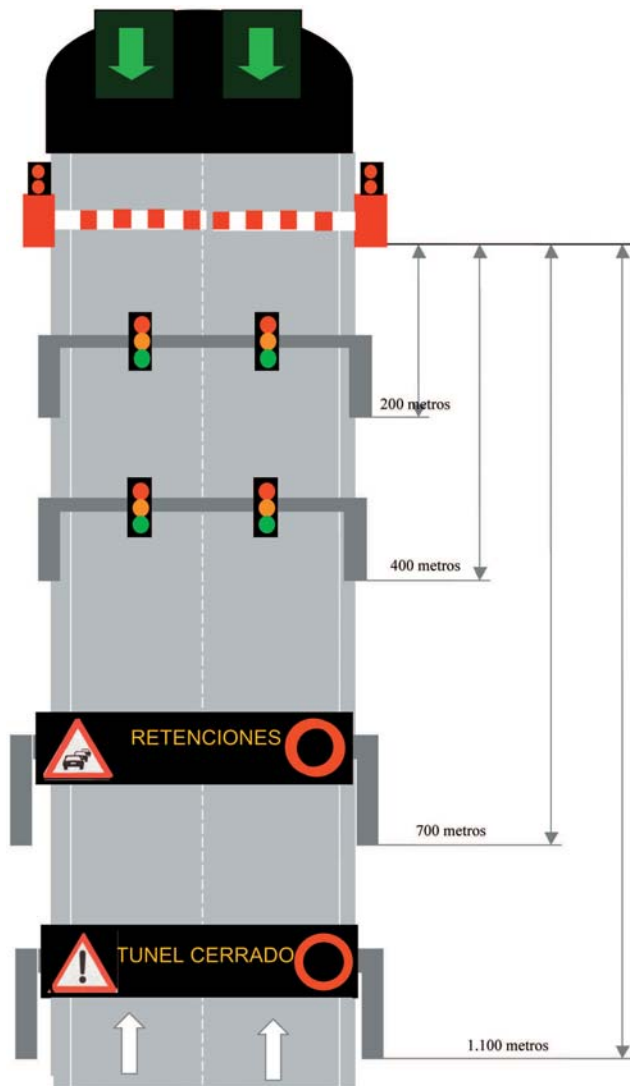
La figura 1 muestra la arquitectura de la señalización en los accesos del túnel para esta arquitectura.

1. irudia – Norabide bakarrekotuneletako sarreretakoseinaleztapena, gehienez 100 km orduko edo abiadura handiagoko bide batean kokatua

Figura 1 – Señalización en accesos túnel unidireccional ubicado en una vía con velocidad máxima permitida de 100 km/h o superior



Arquitectura 2



Arquitectura 2

Norabide bakarrekotuneletan aplikatzen da arkitektura hau, noranzko bakoitzean bi erretegi edo gehiago dituzten tuneletan; tunela dagoen bidean baimendutako gehienezko abiadura 100 km ordukoa baino txikiagoa da. Tuneletako sarreretakoseinaleztapena honakoa izango da:

- Gurutze-gezikoseinaleen sekzioa sarrerako ateburuan. Tunela bi norabidekoa izan daitekeela aurreikusten bada, beste tunel-zulo bat ixten deneko salbuespenezko kasua izanik ere, horrelakoseinaleak jarri behar dira irteerako aho-buruan.
- Barrera bakoitzean semaforo bikoitz gorriak eta alarma akustikoa dituen barrera-multzoa. Bi galtzadako errepidea bada eta galtzaden arteko pasabidea badu (galtzaden arteko komunikazioa) sarrerako ahotik 200 metrora baino distantzia laburragoan, galtzaden arteko pasabidea baino aurrerago kokatu behar dira barrerak, larrialdietako ibilgailuak errazago igaro daitezten tunel-zulo bat ixten denean. Tunelak zulo bakarra badu, galtzaden arteko pasabiderik ez badu edo pasabidearen eta sarrerako ahoaren arteko tartea 200 metrotik gorakoa bada, ahoarekiko distantzia gutxienez 50 metrokoa izango da.
- Erreirearen gaineko kolore gorri-hori-berdeko semaforen sekzioa, barreratik 100 metrora.
- Mezu aldakorrekotunela duen sekzioa, 2 grafiko eta 12 karaktereko 3 lerroekin osatuta. Panela azken desbidera-

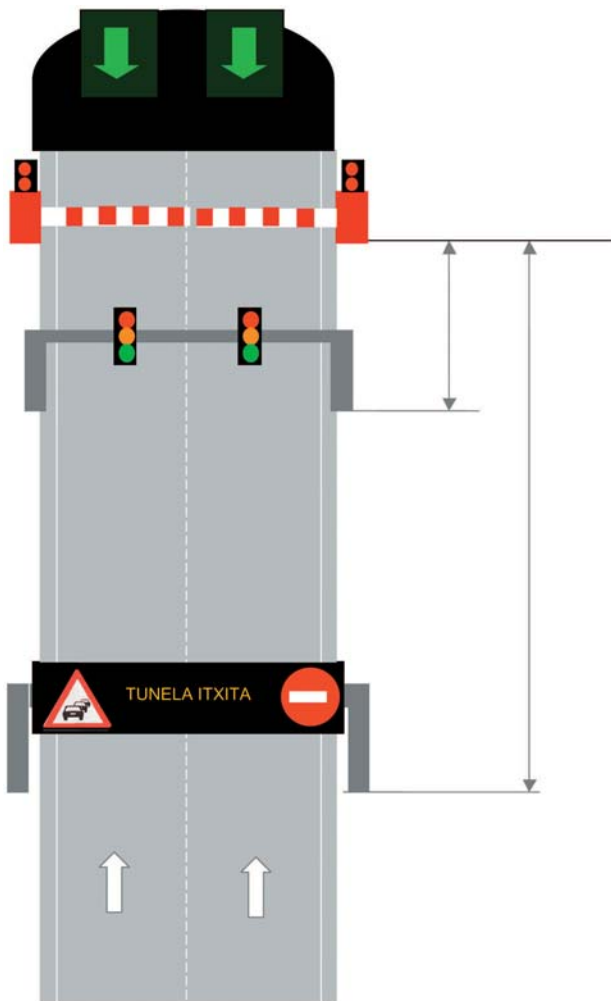
Esta arquitectura se aplica en túneles unidireccionales, con dos o más carriles por cada sentido y velocidad máxima permitida de la vía donde se encuentra el túnel inferior de 100 km/h. Los elementos de señalización que se deben instalar en los accesos del túnel son:

- Sección de señales de aspa – flecha en el dintel de la boca de entrada. Si se prevé que el túnel pueda funcionar de forma bidireccional, aunque sea en casos excepcionales por cierre del otro tubo, se debe dotar con este tipo de señales en el dintel de salida.
- Conjunto de barreras con semáforos doble rojo en cada una de ellas y alarma acústica. Si la carretera es de doble calzada y dispone de un paso entre calzadas (comunicación entre ambas calzadas) a una distancia inferior a 200 metros de la boca de entrada se han de situar las barreras antes del paso entre calzadas para facilitar el acceso de los vehículos de emergencia en caso de cierre de uno de los tubos del túnel. Si el túnel tiene un único tubo, no dispone de paso entre calzadas o la separación de éste con la boca de entrada es superior a los 200 metros la barrera se debe separar de la boca por una distancia no inferior a 50 metros.
- Sección de semáforos rojo-ámbar-verde sobre carril a 100 metros de la barrera.
- Sección con panel de mensaje variable formado por 2 gráficos y 3 líneas de 12 caracteres. El panel se debe ubicar

keta baino aurrerago kokatu behar da panela; hala, tuneleko trafikoa denbora luzez eteten bada, trafikoa bide alternatibotik desbideratu ahal izango da. Azken desbideraketa 800 m-ra baino distantzia handiagora badago tuneleko ahotik, eta ezaugarri berak dituen bigarren panel bat instalatzea erabakitzen bada, panel bat barreratik 500 metro-jarri beharko da eta bestea desbideraketa baino lehenago. Trafikoa detektatzeko funtzioak dituzten panelak eta desbideraketa adierazten duten panelak kokatzeko tokia aparte aztertu beharko da, eta gero aztertuko da ea trazaketa-ren baldintza horiek direla-eta funtzio horiek panel bakarrak jasan ahal dituen.

2. irudia Norabide bakarreko tuneleko sarreretako seinalez-tapena, gehieneko abiadura 100 km ordukoa duen bide batean kokatua.

2. irudia – Norabide bakarreko tuneletako sarreretako seinalez-tapena, 100 km orduko baino abiadura txikiagoko bide batekoa



Arkitektura 3

Bi norabideko tuneletan aplikatzen da arkitektura hau, noranzko bakoitzean errei bat izanik.

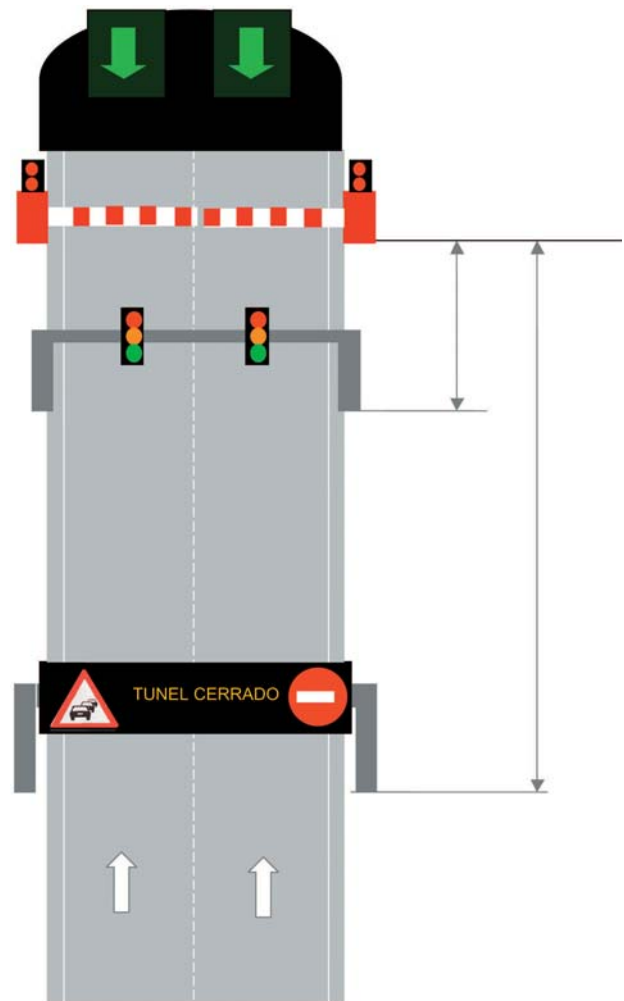
Honako hauek izan behar ditu tuneletako sarreraren seinalez-tapenak (bi noranzkoetan):

- Gurutze-gezikoko seinaleen sekzioa sarrerako ateburuan.
- Bi semaforo gorri eta alarma akustikoa dituen barrera bat. Barreraren eta ahoaren arteko distantzia gutxienez 50 metrokoa izango da.
- Erreiaren gaineko kolore gorri-hori-berdeko semaforoaren sekzioa, barreratik 100 metrora.
- Mezu aldakorreko panela duen sekzioa, 2 grafiko eta 12 karaktereko 3 lerroekin osatuta. Panela azken desbidera-

antes del último desvío, de forma que si se produce un corte de larga duración en el túnel se pueda desviar el tráfico por un camino alternativo. Si el último desvío se encuentra a más de 800 metros de la boca del túnel, y se opta por la instalación de un segundo panel de las mismas características, se debe instalar un panel a 500 metros de la barrera y otro antes del desvío. Habrá que estudiar por separado la ubicación adecuada de los paneles con funciones de detención del tráfico y de indicación de desvío, analizando si por las condiciones del trazado estas funciones pueden o no ser soportadas por un único panel.

La figura 2 muestra la distribución de los elementos necesarios para realizar la señalización en los accesos de este tipo de túneles.

Figura 2 – Señalización en accesos túnel unidireccional ubicado en una vía con velocidad máxima permitida inferior a 100 km/h



Arquitectura 3

Esta arquitectura se aplica en túneles bidireccionales con un carril por sentido.

La señalización en los accesos del túnel debe incluir, (en ambos sentidos):

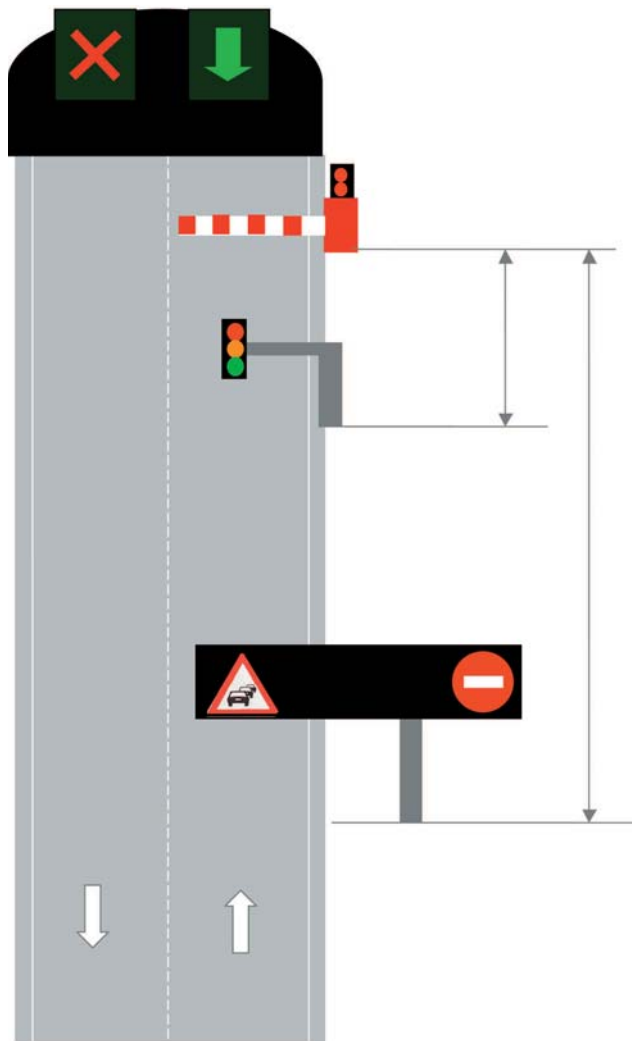
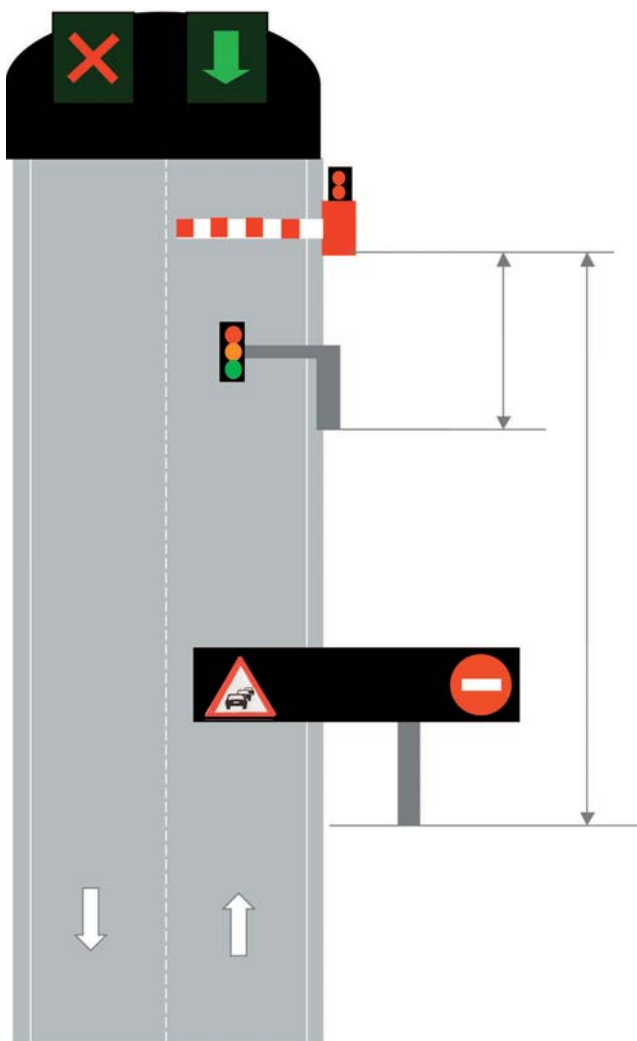
- Sección de señales de aspa – flecha en el dintel de la boca de entrada.
- Una barrera con semáforo doble rojo y alarma acústica. La barrera se debe separar de la boca por una distancia no inferior de 50 metros.
- Sección de semáforos rojo-ámbar-verde sobre báculo a 100 metros de la barrera.
- Sección con panel de mensaje variable formado por 2 gráficos y 3 líneas de 12 caracteres. El panel se debe ubicar

keta baino aurrerago kokatu behar da panela; hala, tuneleko trafikoa denbora luzez eteten bada, trafikoa bide alternatibotik desbideratu ahal izango da. Azken desbideraketa 800 m-ra baino distantzia handiagora badago tuneleko ahotik, eta ezaugarri berak dituen bigarren panel bat instalatzea erabakitzen bada, panel bat barreratik 500 metro jarri beharko da eta bestea desbideraketa baino lehenago. Trafikoa detektatzeko funtzioak dituzten panelak eta desbideraketa adierazten duten panelak kokatzeko tokia aparte aztertu beharko da, eta gero aztertuko da ea trazaketa-ren baldintza horiek direla-eta funtzio horiek panel bakarrak jasan ahal dituen.

antes del último desvío, de forma que si se produce un corte de larga duración en el túnel se pueda desviar el tráfico por un camino alternativo. Si el último desvío se encuentra a más de 800 metros de la boca del túnel, y se opta por la instalación de un segundo panel de las mismas características, se debe instalar un panel a 500 metros de la barrera y otro antes del desvío. Habrá que estudiar por separado la ubicación adecuada de los paneles con funciones de detención del tráfico y de indicación de desvío, analizando si por las condiciones del trazado estas funciones pueden o no ser soportadas por un único panel.

3. irudia – Bi norabideko tuneleko sarreren seinaleztapena

Figura 3 – Señalización en accesos túnel bidireccional



4.1.3. Diseinu irizpideak tunelen barruko aldearen seinaleztapenean

Jarraian, proiektu-egileek tuneletako barne seinaleztapenaren diseinua egiterakoan aintzat hartu beharreko irizpide orokorrak agertuko dira. Geroago, tunelen arkitekturetarako irtenbide berezi nagusiak eskainiko dira.

4.1.3.1. Erreien zerbitzuaren egoeraren seinaleztapena

Tunelen barruko guneen mugak direla-eta, artatze lanak, instalazioen mantentze-lanak edo tunelaren barruan gorabeherak trafikoko erre bat edo hainbat erre zati batez edo osorik okupatzea dakarte kasurik gehienetan. Horren ondorioz, arrisku-maila handiagoa da horrelakoetan, eta behar bezalako seinaleak jarri behar dira. Horretarako, urrutitik gainbegiratu eta kontrolatzen den tunel orotan erre-ukipenaren seinale-multzokak jarri behar dira (gurutze-geziko seinaleak) baldin eta tunelaren luzera 400 metrokoa baino luzeagoa bada. Errei-afekzioko ondoz ondoko bi sekzioen arteko tartea gehie-

4.1.3. Criterios de diseño en la señalización en el interior de los túneles

A continuación se recogen diversos criterios generales que deberán considerar los proyectistas en el diseño de la señalización del interior de los túneles. Más adelante, se ofrecen un ejemplo de soluciones particularizadas para las arquitecturas de túnel más significativas.

4.1.3.1. Señalización del estado de servicio de los carriles

Dadas las limitaciones de espacio en el interior de los túneles, la realización de trabajos de conservación, mantenimiento de instalaciones, o la ocurrencia de un incidente en el interior de un túnel provoca en la mayoría de los casos la ocupación parcial o total de uno o varios carriles de tráfico. Esto supone un incremento del nivel de riesgo en estas situaciones que debe ser señalado convenientemente. Para ello, todo túnel que se encuentre supervisado y controlado de forma remota debe tener instalados conjuntos de señales de afección de carril (señales aspa-flecha) si la longi-

nez 400 metrokoa eta, ahal dela, gutxienez 300 metrokoa izango da, eta sekzioen banaketa uniforme izango da tunel osoan zehar. Tartearen aukeraketan, kontuan hartuko da seinale bat aurreko seinaletik ikustea.

Bi norabideko tuneletan, bikoiztuta agertuko dira ukipen-seinaleak; hala, noranzko batean gurutzea ikusiko da eta kontrakoan gezia agertuko da, eta alderantziz.

Baldin eta norabide bakarrekotunelak badira eta bi norabideko tunel moduan funtziona badezakete, ukipen-seinaleen bi sekzio-etako bakoitzak trafikoaen ohiko norabidearen kontrako norabidean ikusteko modukoa izango da.

4.1.3.2. Abiadura mugatzeko seinaleak

Tunelaren barruko aldean zein irteerako ahoaren inguruetan arrisku-maila igo izana konpentsatzeko neurrietako bat tunelaren barruko zirkulazioaren abiadura mugatzea da. Neurri horren garrantzia aintzat izanik, beharrezkoa izango da erabiltzaileak arrisku egoeretan behin eta berriz jasotzea mezua. Horren ondorioz, errei-ukipenen seinaleekin proposatzen den moduan, urrutitik gainbegiratura eta kontrolatuta dagoen tunel orotan jarri beharko dira abiadura mugatzeko seinale-multzoak 400 metrotik gorako tunelak badira.

«n» seinaleen multzoak osatuko du (errei bakoitzeko bat) abiadura mugatzeko seinaleen sekzio bakoitza. Abiadura mugatzeko seinaleen sekzioek bat etorri beharko dute errei-ukipeneko seinaleekin. Horren ondorioz, ondoz ondoko bi sekzioen arteko distantzia gehienez 400 metrokoa eta, ahal dela, gutxienez 300 metrokoa izango da, eta banaketa uniforme izango da tunel osoan zehar. Distantzia horiekin, seinaleak nahikoa aldiz errepikatuta agertzea nahi da, gehiegi izan barik; izan ere, gehiegitan agertzen badira, gidariak arreta gal dezakete eta istripu arriskua handi daiteke. Tartearen aukeraketan, kontuan hartuko da seinale bat aurreko seinaletik ikustea.

4.1.3.3. Erabiltzaileei informazioa ematea

Zenbait gorabehera behar bezala kudeatzeko, beharrezkoa da erabiltzaileei informazio jakin bat ematea. Hala, esate baterako, tunel luze baten barruko trafikoa blokeatzen denean, gidarien estresa eta trafikoa gelditzeko arazoak areagotu egiten dira eta gora egiten du gorabeheraren iraupena jakiteko interesak.

800 metro luze baino gehiago duen bi norabideko tunela bada, mezu aldakorrekotunelak izan behar ditu barruan. Bi panelen arteko tartea ez da 800 metrokoa baino handiagoa izango, eta banaketa uniforme izango da tunel osoan zehar.

Errei-kopuruaren arabera izango dira panelen ezaugarriak. Horrela, hauexek ditugu:

- Norabide biko eta bakarrekotunelak, tunel-zulo bakoitzean bi errei izanik: Grafiko bateko Mezu Aldakorrekotunelak eta gutxienez 12 karaktereko 2 lerro.
- Norabide biko eta bakarrekotunelak, tunel-zulo bakoitzean hiru errei edo gehiago izanik: Grafiko bateko Mezu Aldakorrekotunelak eta gutxienez 16 karaktereko 2 lerro.

Mezu Aldakorrekotunelak jartzean, gutxienez 5 metroko altuerako galibo bat errespetatu beharko da galtzada osoan; ezinezkoa bada, paneleko lerroak murriztea aztertuko da alternatiba lez.

Panelak arkupe bisitagarrian instalatu behar dira, eta, ezinezkoa baldin bada, «alderantzizko L» gisako banderatxo bistagarriaren gainean instalatuko dira.

Tunelaren barruan dauden mezu aldakorrekotunelak argi hori keinukariak izango dituzte panelen ertzetan seinaleak indartzeko.

4.1.3.4. Seinaleztapen-proiektuko irtenbideen adibideak tunelaren barruko hainbat arkitekturatan

Hauexek dira tunelaren barruko seinaleztapena osatzen duten elementuen eraketan eta kokapenean eragiten duten faktoreak:

tud del túnel supera los 400 metros. La separación entre dos secciones consecutivas de afección de carril no superará los 400 metros y se intentará que no sea inferior a los 300 metros, siendo la distribución de las secciones uniforme a lo largo del túnel. En la selección de la interdistancia se tendrá en cuenta que una señal sea vista desde la señal anterior.

En túneles bidireccionales, las señales de afección deberán ser siempre duplicadas, de modo que cuando en un sentido sea visible el aspa y en el opuesto se muestre la flecha, y viceversa.

En túneles unidireccionales que ocasionalmente puedan ser operados como túneles bidireccionales, una de cada dos secciones de señales de afección de carril deberá ser también visible en el sentido contrario al habitual del tráfico.

4.1.3.2. Señales de limitación de velocidad

Una de las medidas más eficaces para compensar el incremento del nivel de riesgo tanto en el interior del túnel como en las proximidades de la boca de salida es la limitación de la velocidad de circulación en su interior. Considerando la importancia de esta medida, será necesario que en situaciones de riesgo el usuario perciba de manera reiterada el mensaje. En consecuencia, se establece que al igual que se propone con las señales de afección de carril, todo túnel supervisado y controlado de forma remota debe tener instalado conjuntos de señales de limitación de velocidad si su longitud supera los 400 metros.

Cada sección de señales de limitación de velocidad estará constituida por conjunto de «n» señales (una por carril). Las secciones de señales de limitación de velocidad se harán coincidir con las de afección de carril. En consecuencia, la interdistancia entre dos secciones consecutivas no superará los 400 metros y se intentará que no sea inferior a los 300 metros, siendo la distribución uniforme a lo largo del túnel. Con estas distancias se procura que la señalización sea suficientemente reiterativa, sin llegar a ser excesiva, lo que podría ocasionar que los conductores se distrajesen, aumentando el riesgo de accidente. En la selección de la interdistancia se tendrá en cuenta que una señal sea vista desde la señal anterior.

4.1.3.3. Información al usuario

Algunos incidentes requieren para su adecuada gestión, la transmisión de determinada información a los usuarios. Así, por ejemplo, cuando el tráfico queda bloqueado en el interior de un túnel largo, aumenta el estrés de los conductores y crece su interés por conocer las causas de la detención y el tiempo que durará tal situación.

Todo túnel cuya longitud supere los 800 metros debe contar con paneles de mensaje variable en su interior. La separación entre dos paneles consecutivos no debe ser superior a los 800 metros, siendo su distribución uniforme a lo largo del túnel.

Las características de los paneles dependerán del número de carriles. Así se tiene:

- Túneles bidireccionales y unidireccionales de dos carriles por tubo: Paneles de Mensaje Variable de 1 gráfico y 2 líneas de 12 caracteres como mínimo.
- Túneles bidireccionales y unidireccionales de tres o más carriles por tubos: Paneles de mensaje variable de 1 gráfico y 2 líneas de 16 caracteres como mínimo.

Al instalar los Paneles de Mensaje Variable se debe respetar un galibo mínimo de 5 metros de altura en toda la calzada, si esto no se cumpliera se estudiará la reducción de líneas del panel como alternativa.

Los paneles deben ser instalados sobre pórtico visitable, si no fuese posible se instalará sobre banderola visitable tipo «L invertida».

Los Paneles de Mensaje Variable ubicados en el interior de los túneles contarán con focos ámbar intermitente en las esquinas del panel como refuerzo a la señalización.

4.1.3.4. Ejemplos de soluciones de proyecto de señalización en interior de túnel para diversas arquitecturas

Los factores que influyen en la configuración y disposición de los elementos que confeccionan la señalización en el interior de los túneles son:

- 1) Tunel-mota, norabide bakarreako edo bi norabidekoa.
- 2) Ezaugarri geometrikoak (tunelaren barruko ikuspena, erreikopurua, tunelaren altuera...).

Jarraian, arkitekturarik ohikoenetarako irtenbide tipoen adibideak agertuko dira.

Arkitektura 1. Norabide bakarreako tunela

ERREI-UKIPENA

Diseinu irizpideekin bat etorriz, urrutitik kontrolaturiko tunelak badira, erreikupeneko seinale multzoak izan behar dituzte jarrita tunelaren luzera 400 metrotik gorakoa bada. Adibide honetan, 300 metrokoa da erreikupenaren ondoz ondoko bi sekzioen arteko tartea.

Kontuan izan behar da erreikupenaren seinaleen instalazioa nahitaez bete behar den tuneletan gurutze-geziko seinaleen sekzio bat izan behar dutela jarrita sarrerako buruan, tuneletako seinaleak diseinatzeko irizpideetan ezarri denez. Sekzio hori ez da kontuan hartu behar barruko seinaleak diseinatzean.

Adibidean agertzen denez, tunelean inoiz bi norabidetan ibil daitekeela onartzen da (bigarren zulo berdinean mantentze lanak egiteko eta beste kasu batzuetan). Horren ondorioz, erreikupeneko seinaleen bi sekziorik behin gurutze-geziko seinale multzoak jarriko dira zirkulazioaren kontrako noranzkoan.

ABIADURA MUGATZEKO SEINALEAK

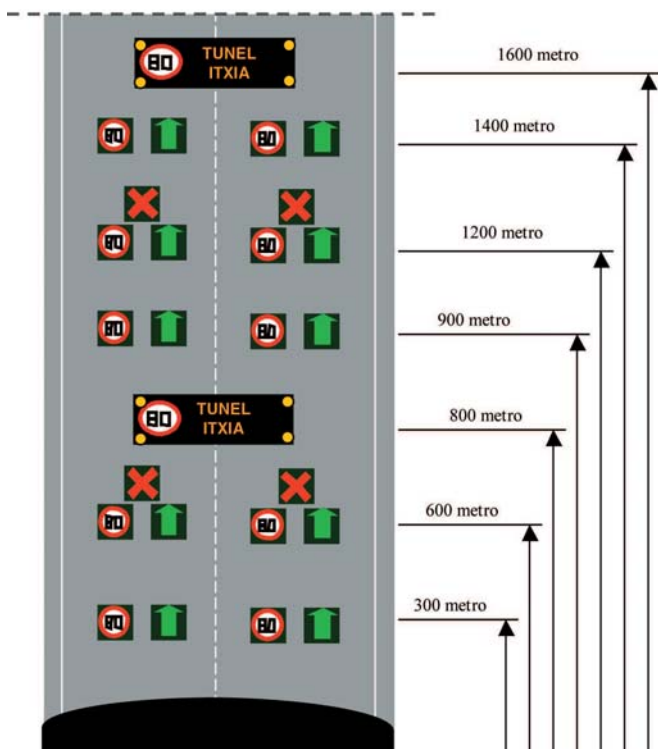
300 metrotik 300 metrora abiadura mugatzeko seinaleak jarzea aurreikusten da, erreikupeneko sekzioekin bat etorriz.

ERABILTZAILERI INFORMAZIOA EMATEA

800 metro luze baino gehiagoko norabide bakarreako tunela bada, mezu aldakorreako panelak jarri behar dira lau argi hori keinukaririkin beren muturretan. 800 metroko tartea egongo da erabiltzaileri informazioa emateko ondoz ondoko bi sekzioen artean.

Adibidean agertzen denez, noranzko bakoitzean bi erreikupen dituen tunel bat denez gero, grafiko bateko eta gutxienez 12 karaktere dituzten 2 lerroko mezu aldakorreako panelak aurreikusten dira.

6. irudia – Norabide bakarreako tunelaren barruko seinalezapena



- 1) Tipo del túnel, unidireccional o bidireccional.
- 2) Características geométricas (visibilidad dentro del túnel, número de carriles, altura del túnel...).

A continuación se presentan ejemplos de soluciones tipo para las arquitecturas más comunes.

Arquitectura 1: Túnel unidireccional

AFECCIÓN DE CARRIL

De acuerdo con los criterios de diseño, si se trata de túneles controlados de forma remota debe tener instalado conjuntos de señales de afección de carril si la longitud del túnel supera los 400 metros. En este ejemplo, la separación entre dos secciones consecutivas de afección de carril se establece en 300 metros.

Nótese que aquellos túneles en los que sea de obligado cumplimiento la instalación de señales de afección de carril, ya deben tener instalado una sección de señales de aspa – flecha en el dintel de la boca de entrada según se indica en los criterios de diseño de la señalización en los accesos del túnel. Esta sección no se debe tener en cuenta en el diseño de la señalización interior.

En el ejemplo, se asume que el túnel puede operar ocasionalmente en modo bidireccional (para la realización de trabajos de mantenimiento en el tubo gemelo y otros casos). En consecuencia, se instalan en sentido contrario a la circulación conjuntos de señales aspa–flecha en una de cada dos secciones de señales de afección carril.

SEÑALES DE LIMITACIÓN DE VELOCIDAD

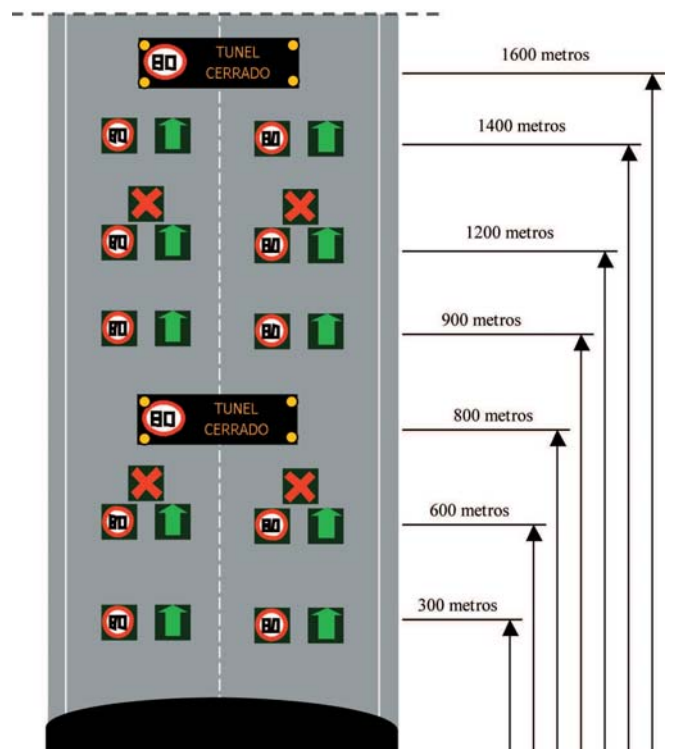
Se prevén secciones de señales de limitación de velocidad cada 300 metros, coincidiendo con las secciones de afección de carril.

INFORMACIÓN AL USUARIO

Por tratarse de un túnel unidireccional cuya longitud supera los 800 metros se deben instalar paneles de mensaje variable con cuatro focos ámbar intermitente en sus esquinas. La separación entre dos secciones consecutivas de información al usuario se establece en este caso en 800 metros.

En el ejemplo, por tratarse de un túnel de dos carriles por sentido, los paneles de mensaje variable previstos son de 1 gráfico y 2 líneas de 12 caracteres como mínimo.

Figura 6 – Señalización en interior de túnel unidireccional



Arkitektura 2. Bi norabideko tunela

ERREI-UKIPENA

Norabide bakarrekotunelen antzeko irtenbidea hartu da; hala ere, errei-ukipenaren seinaleen sekzio guztiak zirkulazioaren bi noranzkoetan ikusi behar dira. Hortaz, bikoiztuta egongo dira seinale guztiak.

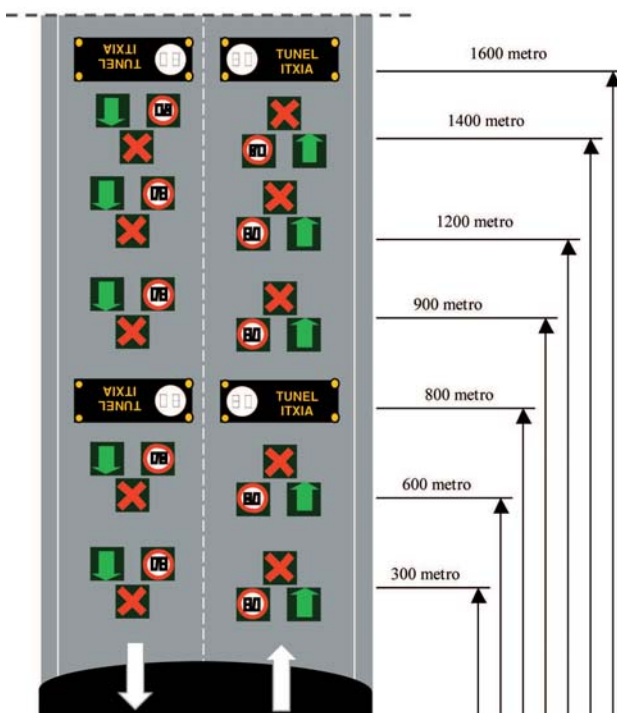
ABIADURA MUGATZEKO SEINALEAK

Aurreko kasuan bezala, abiadura mugatzeko seinaleen sekzioak aurreikusten dira 300 metroko tarte guztietan, errei-ukipenaren sekzioekin bat etorritik. Errei bakoitzean, zirkulazioaren ohiko noranzkoan baizik ez dira ikusiko seinaleak.

ERABILTZAILERARI INFORMAZIOA EMATEA

800 metro luze baino gehiago duen bi norabideko tunela bada, grafiko bateko eta 12 karaktereko bi lerroko mezu aldakorrekotunelak jarriko dira, gutxienez, 800 metrotik 800 metrora muturretan lau argi hori keinukari jarritik.

7. irudia – Bi norabideko tunelen barruko seinaleztapena



Arquitectura 2. Túnel bidireccional

AFECCIÓN DE CARRIL

La solución adoptada es similar a la de los túneles unidireccionales, sin embargo, todas las secciones de señales de afección de carril deben ser visibles en ambos sentidos de circulación, por lo que todas las señales estarán duplicadas.

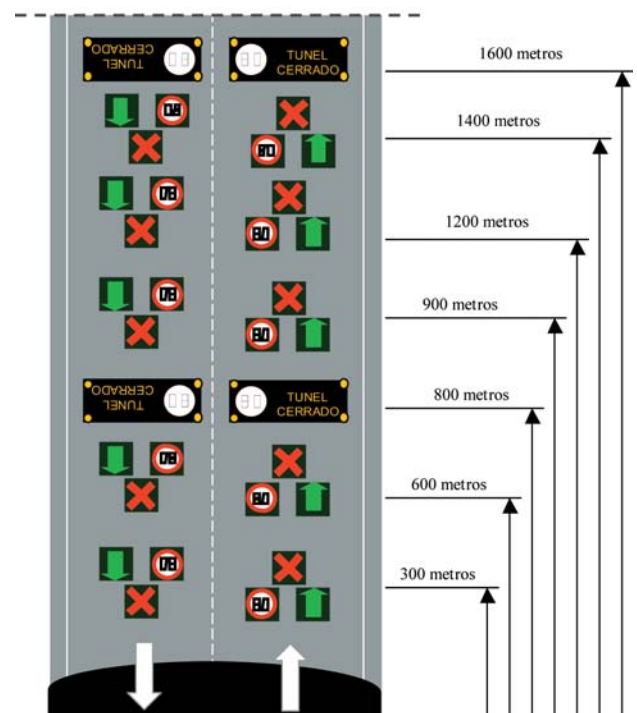
SEÑALES DE LIMITACIÓN DE VELOCIDAD

Al igual que en el caso anterior, se prevén secciones de señales de limitación de velocidad cada 300 metros, coincidiendo con las secciones de afección de carril. En cada carril, estas señales sólo serán visibles en el sentido habitual de circulación.

INFORMACIÓN AL USUARIO

Si se tratase de un túnel bidireccional cuya longitud supera los 800 metros se instalarían paneles de mensaje variable de 1 gráfico y dos líneas de 12 caracteres como mínimo, con cuatro focos ámbar intermitente en sus esquinas cada 800 metros.

Figura 7 – Señalización en interior de túnel bidireccional



4.1.4. Tunelen seinaleztapen dinamikoaren kontrola

Seinaleztapen dinamikoa duen tunel orok, sarreretan zein barruan, egoki funtzionatzeko eta urrutitik kudeatzeko kontrolako elementu egokiak izan behar ditu. Honelaxe piztu ahal izango dira tuneletako seinaleak:

- Teleagintea kontrolako zentrotik, eskuz zein modu automatikoan. Funtzionatzeko modu naturala da.
- Eskuzko tokiko kontrola; oso ekintza zehatzetan baino ez da erabiliko, hala nola, «tunel-zuloen itxiera piztea/itzaltzea». Zehatz-mehatz azaldu behar dira era horretako jarduketak. Halaber, lokal teknikoetan argi eta garbi identifikatu behar dira funtzionaltasun horretarako modua ematen duten elementuak eta horien erabilera.
- Tokiko kontrol automatikoa; aurrez ezarritako egoera batera eramanez egingo da kontrolako zentroarekiko komunikazioa galtzen bada. Honako egoera hauek izan daitezke:
 - Seinaleztapenaren egoerari eustea baldin eta tunelaren tokiko kontrola azkar egin dezakeen pertsonala bada, lehenengoz esku hartzeko pertsonala hain zuzen ere.
 - Seinale guztiak kentzea bestelako kasuetan.

4.1.4. Control de la señalización dinámica de los túneles

Todo túnel que disponga de un sistema de señalización dinámica, ya sea en sus accesos o en su interior debe contar con elementos de control adecuados para su correcto funcionamiento y gestión remota. La señalización de los túneles debe poder accionarse de los siguientes modos:

- Telemandado desde el centro de control ya sea manual o automático. Esta es la forma natural de funcionamiento.
- Control local manual, el cual debería restringirse a acciones muy concretas como «activar/desactivar cierre de tubo(s)». En el Plan de Emergencia deberían quedar reflejadas con precisión estas actuaciones. Asimismo, en los locales técnicos deberían estar claramente identificados los elementos que permiten esta funcionalidad y su utilización.
- Control local automático, se realizará llevándola a un estado preestablecido en el caso de pérdida de comunicaciones con el centro de control. Este estado puede ser:
 - Mantener el último estado de señalización en el caso de que el túnel disponga de personal de primera intervención que llegue al control local del túnel de forma rápida.
 - Quitar toda la señalización en cualquier otro caso.

Tokiko kontrol automatikoko jarduerak larrialdietako planean definitu behar dira.

Kontrolko sistema orok etengabeko elikatze sistema izan behar du, hornidura elektrikoa aldi batez galtzeak eragin ditzakeen kalteak gertatzen direnean funtzionamendua bermatu ahal izateko.

Tunelen Urrutiko Estazio Unibertsalen baten edo hainbaten bidez kontrolatu eta gainbegiratzen dira tuneletako sarreretan eta barruko aldeetan jarritako elementuak (TUEU). Kontrol zentralizatukoak dira TUEUak, kontrolko zentrotik jasotako aginduak eta jarduketak tuneletako sarreretak eta barruko aldeko seinaleztapen dinamikoa osatzen duten elementu guztiei transmititzeko. Eta alderantziz: sarreretak seinaleztapena osatzen duten elementuek eragindako seinaleak eta alarmak eskuratzen dituzte TUEUek, eta kontrolko zentrorra transmititzen dituzte.

Komunikazio baten bidez jardun eta eskuratu ditzakete TUEUek tuneletan dauden elementuei buruzko informazioa eta seinaleak; horretarako, komunikazio-protokoloa erabil daiteke, edo zuzenean seinale analogikoak eta digitalak egin daitezke, kontaktuen bidez jardunda.

Protokolo normalizatuak erabiliz egingo dira mezu aldakorreko panelekiko urrutiko komunikazioa, errei-ukipeneko seinaleak eta gehieneko abiaduren jakinarazpenak. Eta kontaktu digitalen bidez jardungo da semaforoei dagokienez.

4.1.5. Mezu aldakorreko panelak

Mezu aldakorreko panelei esker, bidetik doazen gidariei mezuak eman dakizkieke, egoeretak batekin aurki daitezkeen elementuak erabiliz. Hala, bada, hainbat mezu sor daitezke panelaren alde berean.

Arau honetan ezarritako panelek bete beharreko zehaztapenak definitzeko, Mezu Aldakorreko Panelei buruzko Europako EN 12966 Araua hartu da erreferentziatzat, CEN/TC 226 «Errepideetarako Ekipoak» izeneko batzorde teknikoak idatzia.

Mezu aldakorreko panelean, grafikoaren aldea eta alde alfanumerikoa bereiz daitezke. Grafikoaren aldea full-color izenekoa da eta bertan ager daitezke grafikoak, piktogramak edo testuak. Alde alfanumerikoa, berriz, testuak agertzen direneko karaktereen lerro batekin edo hainbat lerroekin dago osatuta. Hala, testuak duen lerrokopuruaren, karaktere-kopuruaren eta grafikoaren alde-kopuruaren arabera, mezu aldakorreko hainbat panel-mota daude (konfigurazioak):

- 1) 12 karaktereko 3 lerro eta full-color grafiko bi dituen mezu aldakorreko panela.
- 2) 12 karaktereko 3 lerro eta full-color grafiko bat dituen mezu aldakorreko panela.
- 3) 12 karaktereko 2 lerro eta full-color grafiko bat dituen mezu aldakorreko panela.

LED teknologia da mezu aldakorreko paneletan erabiltzen den teknologia. Jarraibide tekniko honetan biltzen diren panelak full-color grafikoaren aldeekin osaturiko konfigurazioei buruzkoak dira, baita hainbat karaktere-lerroko alde alfanumerikoei buruzkoak ere.

Tuneletako sarreretan eta tunelaren barruan jarriko diren LED teknologiako mezu aldakorreko paneletan eta seinaletan aplikatuko da jarraibide tekniko hau.

4.1.5.1. Mezu aldakorreko panelaren ezaugarri teknikoak

EN 12966 Arauan ezarritako eskakizunak bete behar dituzte mezu aldakorreko panel guztiek.

Honako elementu eta sistema hauek osatzen dute mezu aldakorreko panela:

LED IKUSTEKO PLAKAK

Mezu aldakorreko panel bateko grafikoaren aldea zein alde alfanumerikoa LED ikusteko plaka-multzoak daude osatuta; plaka horiek pixel-taldeak osatzen dituzte ilarak eta zutabeak sortuz, eta pixel horiek, aldi berean, LED diodo-multzoak daude osatuta.

Las actuaciones de control local automático deben definirse en el Plan de Emergencia.

Todo el sistema de control debe disponer de un sistema de alimentación ininterrumpida que asegure su funcionamiento en escenarios degradados por pérdidas temporales de suministro eléctrico.

El control y supervisión de los elementos instalados en los accesos y el interior de los túneles se realiza a través de una o varias Estaciones Remotas Universales de Túneles (ERUTs). Las ERUTs pertenecen al sistema de control centralizado, y son las encargadas de transmitir las órdenes y actuaciones recibidas desde el centro de control a cada uno de los elementos que integran la señalización dinámica en los accesos y el interior de los túneles. De forma inversa las ERUTs adquieren las señales y alarmas generadas por los elementos que conforman la señalización en los accesos y las transmiten al centro de control.

La actuación y adquisición de señales e información de los elementos situados en el túnel por parte de las ERUTs se pueden realizar mediante una comunicación a través de protocolos de comunicación o directamente a través de señales analógicas y digitales, actuando a través de contactos.

La comunicación de las remotas con los paneles de mensaje variable, señales de afección de carril y limitación de velocidad se realizará haciendo uso de protocolos normalizados. La actuación sobre los semáforos se realizará a través de contactos digitales.

4.1.5. Paneles de mensaje variable

Los paneles de mensaje variable permiten difundir mensajes a los conductores que transitan por la vía utilizando elementos individuales que pueden encontrarse en uno de varios estados, pudiendo crear así varios mensajes en la misma cara del panel.

Para definir las especificaciones a cumplir por los distintos tipos de paneles considerados en esta Norma, se toma como referencia la Norma Europea EN 12966 sobre Paneles de Mensaje Variable, redactada por el comité técnico CEN/TC 226 «Equipos para carreteras».

En un panel de mensaje variable se puede distinguir una zona gráfica y una zona alfanumérica. La parte gráfica es full-color y en ella se puede representar desde un gráfico, pictograma o texto. La zona alfanumérica está compuesta por una o varias líneas de caracteres en las cuales se muestran textos. Así en función del número de líneas de texto, su número de caracteres y del número de zonas gráficas se tienen varios tipos (configuraciones) de paneles de mensaje variables:

- 1) Panel de mensaje variable de 3 líneas de 12 caracteres y dos gráficos full-color.
- 2) Panel de mensaje variable de 3 líneas de 12 caracteres y un gráfico full-color.
- 3) Panel de mensaje variable de 2 líneas de 12 caracteres y un gráfico full-color.

La tecnología que se emplea en los paneles de mensaje variable es tecnología LED. Los distintos paneles que se engloban en esta instrucción técnica se refieren a configuraciones formadas por zonas gráficas full-color y alfanuméricas con varias líneas de caracteres.

Esta instrucción técnica será de aplicación a los paneles o señales de mensaje variable de tecnología LED que se instalen en los accesos a los túneles y en su interior.

4.1.5.1. Características técnicas del panel de mensaje variable

Los Paneles de Mensaje Variable deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Norma EN 12966.

Un panel de mensaje variable está formado de los siguientes elementos y sistemas:

PLACAS VISUALIZADORAS DE LEDs

Tanto la zona gráfica como la alfanumérica de un panel de mensaje variable se componen de un conjunto de placas visualizadoras de LED, las cuales integran grupos de píxeles formando filas y columnas y estos píxeles a su vez están formados por conjuntos de diodos LEDs.

Ondoren LED ikusteko plaken osagaiak zehaztuko dira, baita horien eskakizunak eta ezaugarri teknikoak ere:

— LED.

LED diodoa (Luminy electric diode) da panela osatzen duen oinarritzko argi elementua. Alde alfanumerikoan, LED horia gomendatzen da; grafikoen alderako, berriz, LED gorria, berdea eta urdina erabili behar dira, eta gutxienez honako argi intentsitate hauek izan behar dituzte:

- Led gorria: 1.000 mcd.
- Led berdea: 620 mcd.
- Led urdina: 1.200 mcd.
- Led horia: 1.200 mcd

LEDen ikuspegi-angelua panelaren baterako ikuspegia haren ikuspen-marjina osoa argia izateko modukoa izango da. Erreferentzia gisa, galtzadaren zabalera osoa hartzen du, panela dagoen tokitik 200 m inguruko distantzia bateraino, EN12966 arauaren nomenklatura erabiliz, eta gutxienez MAPen parametro gisa honakoak gomendatzen dira:

- L3 Luminantzia.
- R2 Kontraste harremana.
- B4 angelua autopistaren enborrerako eta tunelaren barruko alderako, B6 hiri-inguruetarako eta sarrera-adarretarako.
- C2 kolorea.
- T2 tenperatura.
- P2 babes-maila.

Hala ere, ekipo horien garapen teknologikoaren arabera, gutxienezko prestazio horiek gaindi litezke.

— Pixela.

Diodo luminisente-multzok osaturiko elementuari deritzo pixela, baterako pizte-sistema duena.

Pixela osatzen duten LEDen tamaina, itxura eta kopuru desberdinak izan daitezke erabilitako LEDaren eta letraren tamainaren arabera. Horren ondorioz, plaka matrizearen gutxienezko tamaina sortzen da pixelaren euskarri gisa.

LEDen kopurua laukoa edo handiagoa izango da pixel alfanumeriko bakoitzeko.

LEDen kopurua hirukoa edo handiagoa izango da pixel grafiko bakoitzeko.

— Plaka matrizea

LEDeko taldeak lotzeko balio du plaka matrizeak; pixel-multzoez dago osatuta, ilarak eta zutabeak osatuz.

Alde alfanumerikoko plakek, gutxienez, 7 ilara x 5 zutabeak matrizeak izango dituzte, horizontalean eta bertikalean distantziakideak izango dira.

Alde grafikoko plakak gutxienez 32x32 pixelez osatuta egongo dira, 32 ilara x 32 zutabetan banatuta, horizontalean eta bertikalean distantziakideak izango dira, multzo etena osatuz.

ELIKATZE-ITURRIEN SISTEMA

LED multzoak eta mezu aldakorreko panela osatzen duten gainerako elementu elektronikoak edota elektrikoak elikatze tentsio egokia ematen duten elementuen multzoa da elikatze-iturria. Señalez-tapen-panelek elikatze trifasikoa izatea gomendatzen da, 380V 50 Hz-koa, hain zuzen.

E.E.S.

E.E.S. sistema (Etengabeko Elikatze Sistema) da sistemaren ohiko funtzionamendurako behar diren elementu guztiak elikatze-energiaren hornidura bermatzen duena, etengabeko energia edo alternoa eta 220 V-ko mailan CPUaren elikatzea, baita markatzailearen aireztapen-sistema osoa ere (mantentze-korrontearen hargunea izan ezik). Gutxienez ordubetez egon behar du funtzionatzen sistemak.

Se pasa a definir cada uno de los componentes que forman las placas visualizadoras de LEDs, así como los requisitos y características técnicas de estos:

— LED.

El diodo LED (Luminy electric diode) es el elemento luminoso base, que forma los paneles. Para la zona alfanumérica se recomienda el uso de LEDs de color ámbar, mientras que para la zona gráfica se tienen que emplear LEDs de color rojo, verde y azul, y deben tener al menos la siguiente intensidad luminosa

- Led rojo: 1000 mcd.
- Led verde: 620 mcd.
- Led azul: 1200 mcd.
- Led ámbar: 1200 mcd.

El ángulo de visión de los LEDs será tal que la visión conjunta del panel sea nítida en todo el margen de visualización del mismo. Como referencia, éste comprende todo el ancho de calzada, en el rango comprendido desde la ubicación del panel hasta una distancia aproximada de 200 m. empleando la nomenclatura de la norma EN12966, se recomiendan como parámetros mínimos del PMV los siguientes:

- Luminancia L3.
- Relación de Contraste R2.
- Ángulo B4 para tronco de autopista e interior de túnel, B6 para entornos urbanos y ramales de accesos.
- Color C2.
- Temperatura T2.
- Grado de protección P2.

Todo ello, sin perjuicio de que en función de la evolución tecnológica de estos equipos estas prestaciones mínimas pudieran ser superadas.

— Píxel:

Llamamos Píxel al elemento formado por un grupo de diodos luminiscentes y que tiene un encendido conjunto.

El tamaño, forma y cantidad de LEDs que componen un píxel, puede variar en función del tamaño de letra y LED utilizado, lo que genera un tamaño mínimo de placa matriz como soporte del píxel.

El número de LEDs por píxel alfanumérico debe ser superior o igual a cuatro.

El número de LEDs por píxel gráfico debe ser superior o igual a tres.

— Placa Matriz:

La placa matriz que sirve como engarce de los grupos de LEDs, está compuesta por grupos de píxeles formando filas y columnas.

Las placas de la zona alfanumérica están compuestas como mínimo por matrices de 7 filas x 5 columnas equidistantes en horizontal y vertical.

Las placas de la zona gráfica deberán estar compuestas como mínimo de 32x32 píxeles distribuidos en 32 filas x 32 columnas, equidistantes en horizontal y vertical, formando un continuo.

SISTEMA DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Las fuentes de alimentación son el conjunto de elementos que proporcionan una tensión adecuada para la alimentación de los conjuntos de LEDs y demás elementos electrónicos/eléctricos que configuran el Panel de Mensaje Variable. Se recomienda que los paneles de señalización se alimenten en trifásica a 380V 50 Hz.

S.A.I.

El sistema S.A.I. (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) es el que garantiza el suministro de energía para alimentar todos los elementos necesarios para el normal funcionamiento del mismo, ya sea en continua o en alterna, y a un nivel de 220 V para la alimentación de la C.P.U. así como todo el sistema de ventilación del marcador (excepto la toma de corriente de mantenimiento). El tiempo mínimo de funcionamiento debe ser de 1 hora.

Sistema honek panelean energia elektrikoa hornitzen du, panelaren tentsio trifasikoak edo monofasikoak huts eginez gero; gainera, bateriak edo metagailuak kargatzen ditu horiek guztiak erabat kargatuta ez badaude, hargune elektrikoa dagoenean.

KARKASA

Panelaren elementuak, dispositiboak eta aparatuek biltzen diren itxitura da mezu aldakorreko panelaren karkasa, hots, agente atmosferikoen aurrean MAPeko osagaiei babesa ematen dien inguratzailea da karkasa. Panelaren babes-mailak gutxienez IP-55ekoa izan behar du.

Karkasaren barruan sartzeko, ate bat edo hainbat ate izan behar ditu karkasak, sarreraren atzeko aldean jarrita. Ate horiek, gutxienez, inguratzailearen azalera erabilgarri osoa bildu behar dute (karaktereretroen kopurua eta grafikoen aldea), halako moldez non sarbide erraza ematen baitzaie osagai guztiei.

Itxiera-sistema izan behar dute ateeak; hala, ezin izango da atetatik sartu. Sistema horrek gutxienezko itxiera-tokien kopurua izan behar du. Horien artean salbuesitako distantzia metro batekoa izango da gehienez; gainera, sistema blokeatzeko modua eman duen tresna berezia edukiko du, panel osorako bakarra. Beraz, sistema ezin izango da abiarazi.

Halaber, euste-sistema izan behar du ateeak, atea finkatuta eta irekita daudenean nahi gabe zabaltzea galaraziko duena. Euste-sistema horrek, gainera, finkapen-sistema izan behar du, eskuz edo automatikoki piztuko dena atea guztiz irekitzen denean.

Finkapen-sistemak desblokeatzeko modua eman behar du tresnarik erabili behar izan gabe.

Ateeak sistema bat izan behar du, airea sar dadin.

Balitzeko talken edo deskarga elektrikoen kontrako babesa bermatzeko, konexio sistema izan behar du ateeak, horien eta karkasaren arteko perimetro osoan batasun elektrikoa bermatzeko.

AURREKO LEIHOAK

Mezu aldakorreko panelaren aurreko aldea halako moldez diseinatuko da non mezua argi eta garbi ikusteko modua izango baita eta eskaturiko argi-mailak lortuko baitira.

Baldin eta panelak aurreko pantaila gardena badu, halako moldez fabrikatuko da pantaila non karkasaren egiturarekiko konexioak bermatu egingo baititu lehenago azaldutako estankotasun-mailak eta, ahal dela, mantentze lanetan erraz kentzeko modukoak izango baitira.

Pantailan kondentsaziorik ez sortzeko ahaleginak egingo dira. Horretarako, neurri egokiak erabiltzeko agindua eman daiteke (berogailua, aireztapena...).

Aurreko pantaila gardena polikarbonatozkoa izango da, UV tratamendua duena eta erreflexioaren kontrako dena; 2/5 mm-ko lodiera izango du, edo antzeko prestazioak dituen materialekoa izango da.

BEROKUNTZA ETA AIREZTAPEN SISTEMA

Panelak etengabe funtzionatzea ahalbidetuko duten sistema osagarriak dira biak, panelaren tenperaturak funtzionamendu-ataseak gaiztatu dituzten; horretarako, tenperatura-zundak izan behar ditu gutxienez panelak goiko eta beheko mugarako.

Berokuntza sistema izan dezakete panelek, elurra eta izotza pilatu ez dadin edo saretoetako aurreko leihoetan kondentsaziorik sor ez dadin; izan ere, horren ondorioz gerta liteke mezuak ez ikusteko modua izatea.

Barruko airea hobeto berritzeko erabiltzen da, karkasak hai-zagailuak izan dituzan bere baitan.

C.P.U. ETA KOMUNIKAZIO SISTEMA

Plaka mikroprozesatu edo CPU batekin kontrolatzen da mezu aldakorreko panela; izan ere, mikroprozesadorea du sistemak.

Este sistema es el encargado de suministrar la energía eléctrica al panel, en caso de que falle la acometida trifásica o monofásica del panel, e ir cargando las baterías o acumuladores eléctricos en caso que estos no se encuentren cargados totalmente cuando se dispone de acometida eléctrica.

CARCASA

La carcasa del panel de mensaje variable constituye el cerramiento en el que se alojan los diferentes elementos, dispositivos y aparatos componentes del panel. Es decir, la carcasa es la envolvente que proporciona protección a los componentes del PMV ante los agentes atmosféricos. El grado de protección del panel debe ser al menos IP-55.

La carcasa deberá incorporar, para permitir el acceso a su interior, una o varias puertas, situadas en su parte posterior. Estas puertas deberán abarcar, por lo menos, toda la superficie útil de la envolvente (número de líneas de caracteres y zona gráfica), de modo que proporcionen un fácil acceso a todos los componentes.

Las puertas deberán incluir un sistema de cierre que asegure su inviolabilidad. Este sistema deberá incorporar un número mínimo de puntos de cierre, de forma que la distancia exenta entre los mismos no supere 1 m, e incluir una herramienta particular, única para todo el panel, que permita bloquear dicho sistema, impidiendo su accionamiento.

Asimismo, estas puertas deberán incorporar un sistema de retención o fijación, que las fije e impida su cierre accidental cuando estén abiertas. El sistema de retención deberá incorporar un sistema de fijación que se accione, de forma manual o automática, cuando se realice la apertura total de la puerta.

El sistema de fijación de la retención deberá permitir su desbloqueo sin necesidad de empleo de herramientas.

Las puertas podrán disponer de un sistema que permita la entrada del aire.

Para asegurar la protección contra posibles choques o descargas eléctricas, las puertas deberán disponer de un sistema de conexión, que garantice la unión eléctrica en todo el perímetro de ellas y la carcasa.

VENTANAS FRONTALES

La parte frontal del panel de mensaje variable deberá diseñarse de forma que no quede restringida de la visibilidad del mensaje y que se alcancen los niveles luminosos exigidos.

Cuando el panel esté dotado de una pantalla frontal transparente, ésta deberá ser fabricada de manera que su conexión con la estructura de la carcasa asegure los niveles de estanqueidad prescritos anteriormente y, si es posible, que pueda quitarse fácilmente para trabajos de mantenimiento.

Se deberá evitar la formación de condensaciones en la pantalla. Para ello podrá prescribirse la utilización de las medidas adecuadas (calefacción, ventilación...).

La pantalla frontal transparente será del tipo policarbonato, antirreflexivo con tratamiento UV y de un espesor entre 2/5 mm u otro material de similares prestaciones.

SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN

Ambos son sistemas auxiliares para permitir el continuo funcionamiento del panel cuando la temperatura de este ha traspasado los umbrales de funcionamiento, y para ello el panel como mínimo debe poseer sondas de temperatura, para el límite superior e inferior.

Los paneles podrán disponer del sistema de calefacción que evite la acumulación de nieve y hielo, o que se formen condensaciones en las rejillas o ventanas frontales que pudieran restringir la visibilidad del mensaje.

Para favorecer la renovación del aire interior la carcasa podrá alojar en su interior ventiladores.

C.P.U. Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN

El panel de mensaje variable está controlado por una placa microprocesada o CPU, la cual contiene un microprocesador.

Mikroprozesadoreko plakak, gutxienez, komunikazioko serieko bi portu izan behar ditu (RS-232C, RS-422, RS-485), eta horietatik bat kontrol zentralizatuko sistemarekiko komunikazioan erabiltzen da eta beste bat mantentze-lanetako terminalarekiko komunikazioan. Portuen transmisio abiadurak barrutik programatzeko modukoa izan behar du. Serieko portuak izateaz gain, bestelako komunikazio-portuak izan behar dituzte MAPEk, hala nola Ethernet portuak, betiere teknologiaren eboluzioaren eta sistemaren eskakizunen arabera.

Mezu aldakorrek paneletako komunikazioak komunikazioko portu eta protokolo estandarren bidez egin behar dira.

ARGI-MAILAREN SENTSOREA

Mezu Aldakorrek Panelak gutxienez bi sentsore izango ditu giroko argi-maila neurtzeko.

4.1.5.2. Mezu aldakorrek paneleko kokalekua

Mezu aldakorrek paneleko seinaleztapen dinamikoko sistemako elementuak dira eta tuneleko sarreraren seinaleztapen dinamikokoak zein tunelen barruko seinaleztapen dinamikokoak dira. Hala, tuneleko toki ezberdinetan jarriko dira, batzuetan sarreretan eta beste batzuetan barruko aldean. Honako hauek ditugu, beraz:

- Tuneletako sarreretako seinaleztapen dinamikoa.
Seinaleztapenaren arkitekturari buruzko atalean zehazten da seinaleztapena osatzen duten elementuen arteko distantzia, baita tunelaren ahoarekiko distantziak ere.
Panela, kasu honetan, aluminiozko edo altzairu galbanizatuzko portikoaren gainean jarriko da, eta gutxienez bi pertsona mantentze-lanak egiteko sartzeko nahikoa toki egongo da. Trazaketaren ezaugarriak direla-eta portikoa ezin jar badaiteke, adibidez, erdibitzailea nahikoa ez bada, bandera eskuragarri bat jarriko da, eta bertan ipiniko da aipaturiko panel hori.
- Tunelaren barruko seinaleztapen dinamikoa.
Tunelaren sekzioko tokirik altuenean ainguratuta jarriko dira mezu aldakorrek paneleko, betiere galtzadan zentratuta.

4.1.5.3. Mezu aldakorrek paneleko alarmak

Mezu aldakorrek paneleko beharrezko bitartekoak izango ditu gutxienez alarma edo funtzionamendu-baldintza hauek detektatzeko:

- Ate irekia.
- Temperatura handiegia.
- Testu aktiboko egiturako eta memoria alfanumerikoko akatsa.
- Bateriak guztiz kargatuta.
- Hardwarearen barruko akatsa.
- Testuen memoriaren eta grafikoen korrupzioa.
- Argitasun neurriaren fotozelulako akatsa.
- Aireztapen akatsa eta piztuta dagoen aireztapenaren akatsa.
- Sarearen tentsioko akatsa eta LED gorri, berde, urdin, hori eta zuriaren tentsioaren akatsa.
- Potentzia-kontagailua pizteko akatsa eta itzalita dagoen elikatze-iturriaren akatsa.
- Bateria baxuak.
- Matxura duten pixelen kopurua gutxi gorabehera, beti itzalita edota piztuta daudenak.

4.1.6. Gurutze-geziko seinaleak eta abiadura mugatzeko seinale aldakorrek

Gurutze-geziko seinaleak eta abiadura mugatzeko seinale aldakorrek hainbat itxura izan dezakete (piktogramak). Horiek guztiak pizteko, seinaleak duen zirkuitu mikroprozesadore bat erabiltzen da; zirkuitu horrek uneoro erakutsi behar duen piktograma edo irudiaren informazioa jasotzen du.

La placa de microprocesador debe contener al menos dos puertos serie de comunicación (RS-232C, RS-422, RS-485), de los cuales uno se emplea en la comunicación con el sistema de control centralizado y otro en la comunicación con el terminal de mantenimiento. La velocidad de transmisión de los puertos tiene que ser programable internamente. Además de tener que presentar puertos serie, los PMVs pueden poseer otros puertos de comunicaciones, tales como puertos Ethernet, en función de la evolución tecnológica y de los requisitos del sistema.

Las comunicaciones de los paneles de mensaje variable deben realizarse a través de puertos y protocolos de comunicaciones estándar.

SENSOR DE NIVEL LUMÍNICO

El Panel de Mensaje Variable contará con un mínimo de dos sensores de medida de la luminosidad ambiente.

4.1.5.2. Ubicación de los paneles de mensaje variable

Los paneles de mensaje variable son elementos del sistema de señalización dinámica y forman parte tanto de la señalización dinámica en los accesos del túnel como de la señalización dinámica en el interior de los mismos. Así en función de si se trata de la señalización en los accesos como en el interior la ubicación varía. Así tenemos:

- Señalización dinámica en los accesos de los túneles:
En el apartado de la arquitectura de la señalización se precisa la separación entre los elementos que componen la señalización y las distancias con la boca del túnel.
El panel en este caso deberá ser instalado sobre un pórtico de aluminio o de acero galvanizado, que debe ser visible por al menos dos personas para labores de mantenimiento. En caso que por las características del trazado no pueda ser instalado un pórtico, por ejemplo si la mediana es insuficiente, se colocará una banderola también visible donde se instalará el panel en cuestión.
- Señalización dinámica en el interior del túnel:
Los paneles de mensaje variable irán instalados sobre una estructura anclada en la parte más alta de la sección del túnel y centrada en la calzada.

4.1.5.3. Alarmas de un panel de mensaje de variable

El panel de mensaje variable deberá disponer de los medios necesarios para detectar al menos las siguientes alarmas o condiciones de funcionamiento:

- Puerta abierta.
- Exceso de temperatura.
- Error en estructura de texto activo y en memoria alfanumérica.
- Baterías totalmente cargadas.
- Error interno del hardware.
- Corrupción de memoria de textos y de gráficos.
- Fallo en fotocélula de medida de luminosidad.
- Fallo en la ventilación y en la ventilación activada.
- Fallo en la tensión de red y de la tensión del LED rojo, verde, azul, ámbar y blanco.
- Fallo en activación de contactor de potencia y de fuente de alimentación parada.
- Baterías bajas.
- Número estimado de píxeles con avería siempre encendidos y/o apagados.

4.1.6. Señales aspa-flecha y de limitación de velocidad variable

Las señales de aspa-flecha y las señales de límite de velocidad variable son señales que pueden mostrar varios aspectos (pictogramas). El encendido de los distintos aspectos se realiza a través de un circuito microprocesador incorporado en la señal, el cuál recibe la información del pictograma o figura que debe mostrar en cada momento.

Jarraibide tekniko hau tunelen sarreretan eta barruko aldeetan jartzten diren LED teknologiako abiadura aldakorra mugatzeko seinaleei eta gurutze-geziko seinaleei aplikatu behar zaie.

4.1.6.1. Errei-ukipenari eta abiadura mugatuari buruzko seinaleen gaineko ezaugarri teknikoak

EN 12966 arauan ezarritako eskakizunak bete beharko dituzte errei-ukipenen seinaleek.

Honako elementu hauek osatzen dituzte errei-ukipenaren seinaleak.

LED IKUSTEKO PLAKAK

Errei-ukipeneko seinaleak trafikoko seinale finkoak dira, maila batekin edo hainbat mailarekin, eta piktograma-multzo finkoa adieraz dezakete.

Horrela, honako piktograma edo alderdi hauek adierazi behar dituzte gurutze-geziko seinaleek:

- Gurutze gorria.
- Gezi bertikal berdea.

Eta 800 metrotik gorako tuneletarako hauxe ere sartzeko gomen-dioa ematen da:

- Eskuineko gezi zehar horia.
- Ezkerreko gezi zehar horia.

Era berean, abiadura aldakorrek mugaren seinaleak abiadura mugaren seinalea adierazten du; muga hori 10 eta 90 km ordukoa da.

Lau zati ezberdinek osatzen dituzte gurutze-geziko seinaleak:

- Gurutze gorria: LED gorritz osatua.
- Gezi bertikal berdea: LED berdez osatua.
- Eskuineko gezi zeharra: LED horiz osatua.
- Ezkerreko gezi zeharra: LED horiz osatua.

LED-multzoak osatzen du aipaturiko zati edo piktograma bakoitza, eta batera pizten da LED-talde bakoitza. Piktogramak banan-banan pizten dira, eta ezin erakutsi daiteke irudi bat baino gehiago aldi berean.

Pixelek eguneko argiarekin eta eguzki-argi zuzenarekin ikusteko nahikoa argitasun izan behar dute.

Tunelaren arabera abiadura mugatzen duten LED-seinaleek bi zati dituzte:

- Orla gorria: LED gorriek osaturikoa.
- Digituak. Unitateen digitua zero da beti, eta digitu finko horrekin LED-plaka batekin dago osatuta, eta, gainera, LEDak ikusteko beste plaka matrize bat du hamarrekoen digiturako. LEDak horiak izango dira.

LED gorrien hiru zirkunferentzia zentrokidez egon behar da osatuta orla gorria. Radio handiena duen zirkunferentziaren diametroak gutxienez 800 mm-koa izan behar du.

Hamarrekoen digitua pixelen matrize horiarekin osaturiko LEDak ikusteko plaka baten bidez erakutsiko da. Pixelek, gutxienez, 4 LED hori izango dituzte.

Hamarrekoen digitua erakusteko plakak, gutxienez, 7 ilara x 5 zutabe matrizeak izango ditu, horizontalean eta bertikalean distantziakideak.

Unitateen digitua finkoa da eta LED horiko bi obalo zentrokiderek in dago osatuta.

CLV seinalearen digituaren altuerak gutxienez 300 mm-koa izan beharko du, eta ASF seinalearen grafikoaren altuerak 600 mm-koa.

ELIKATZE-ITURRIEN SISTEMA

LEDen multzoak eta errei-ukipenaren seinaleko gainerako elementu elektronikoak edota elektrikoak elikatze tentsio egokia ematen duten elementuen multzoa dira elikatze-iturriak, adibidez, zirkuitu mikroprozesadorea. Ekipoa korrante alferno monofasikoarekin elikatzea gomendatzen da, 220 V eta 50 Hz-koa hain zuzen.

Esta instrucción técnica será de aplicación a las señales de aspa-flecha y señales de límite de velocidad variable de tecnología LED que se instalen en los accesos e interior de los túneles.

4.1.6.1. Características técnicas de las señales de afección de carril y de limitación de velocidad

Las señales de afección de carril deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Norma EN 12966.

Las señales de afección de carril están compuestas por los siguientes elementos.

PLACAS VISUALIZADORAS DE LEDS

Las señales de afección de carril son señales fijas de tráfico con uno o varios niveles de contenido pudiendo representar un conjunto de pictogramas fijo.

De esta forma las señales de aspa-flecha deben poder mostrar los siguientes pictogramas o presentar los siguientes aspectos:

- Aspa roja.
- Flecha vertical verde.

Y se recomienda que para túneles de más de 800 metros también se incorpore:

- Flecha oblicua derecha ámbar.
- Flecha oblicua izquierda ámbar.

Del mismo modo la señal de límite de velocidad variable representará la señal de límite de velocidad pudiendo configurarse este entre los 10 y los 90 km/h.

Las señales de aspa-flecha están compuestas por cuatro partes diferenciadas:

- Aspa roja: formada por LEDs de color rojo.
- Flecha vertical verde: formada por LEDs de color verde.
- Flecha oblicua derecha: formada por LEDs de color ámbar.
- Flecha oblicua izquierda: formada por LEDs de color ámbar.

Cada una de estas partes o pictogramas están formados por un conjunto de LEDs, activándose cada grupo de LEDs de forma conjunta. Cada pictograma se activa de forma individual no pudiendo representarse más de una figura al mismo tiempo.

Los píxeles deben tener una luminosidad suficiente para ser vistos con luz diurna e incidencia solar directa.

Las señales de LEDs en las que se limita la velocidad según las condiciones del túnel están constituidas por dos partes:

- Orla roja: formada por LEDs rojo.
- Dígitos. El dígito de las unidades siempre es cero formado por una placa de leds con este dígito fijo y una segunda placa matriz visualizadora de leds variable para el dígito de las decenas. Los LEDs serán de color ámbar.

La orla roja está formada al menos por tres circunferencias concéntricas de leds rojos. El diámetro de la circunferencia de radio mayor debe ser como mínimo de 800 mm.

El dígito de las decenas se presentará por medio de una placa visualizadora de leds formada por una matriz de píxeles ámbar. Los píxeles estarán compuestos como mínimo de 4 leds ámbar.

La placa visualizadora que representa al dígito de las decenas está compuesta como mínimo por matrices de 7 filas x 5 columnas equidistantes de horizontal y vertical.

El dígito de las unidades es fijo y está formado por dos óvalos concéntricos de LEDs ámbar.

La altura del dígito de la señal CLV debe ser como mínimo de 300 mm y la altura del gráfico de la señal ASF de 600mm.

SISTEMA DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Las fuentes de alimentación son el conjunto de elementos que proporcionan una tensión adecuada para la alimentación de los conjuntos de LEDs y demás elementos electrónicos/eléctricos que configuran la señal de afección de carril como puede ser el circuito microprocesador. Se recomienda alimentar el equipo con corriente alterna monofásica a 220 V y 50 Hz.

KARKASA

LEDak ikusteko plakak biltzen diren itxiera da seinaleen karkasa; seinale bakoitza osatzen duten elikatze-iturrien eta iturri elektrikoaren sistema da, hots, seinaleen osagaiak agente atmosferikoen, ingurumen-eraginaren eta gainerako kanpoko elementuen kontra babesten dituen ingurutzaila da karkasa.

Seinaleetako karkasaren metalezko elementuak korrosioaren kontrako material erresistenteekin fabrikatu edo estali behar dira.

Ekipoak IP-55 babes-maila lortu behar du. Atzeko atea karkasaren lur-sarera konektaturik egon behar da.

AURREALDEKO LEIHOA

Aurrealdeko babes gardena eragin handiko metakrilatozko edo polikarbonatozko leihoekin egingo da, UV tratamenduarekin, eta erreflexioaren kontrakoa eta 2 eta 5 mm bitarteko lodiera izango du (edo antzeko ezaugarriak dituen beste material batekoak). Karkasaren egitura finkatuko da aurrealdeko babesa, IP-55 estankotasun-mailak bermatu ahal izateko.

C.P.U. ETA KOMUNIKAZIO SISTEMA

Plaka mikroprozesatuarekin kontrolatu behar dira gurutze-gezi-ko seinaleak eta abiaduraren muga aldakorreko seinaleak, RS 422 edo RS 485 komunikazio linearekin, eta hornitzaileak erabilitako komunikazio-protokoloa dokumentatu behar du nahitaez.

4.1.7. Barneko semaforoa

Barneko semaforoek Semafoeren EN 12368 Europako Arauak LED semafoerei aplikatzeko gomendioetan ezarritako eskakizunak bete beharko dituzte.

EZAUGARRI OROKORRAK

- Modularrak izango dira. Modulu-unitatea fokua da, lentearen diametroa 200 mm-koa izanik.
- 2 fokua izango dituzte semaforoek: gorria eta horia.
- Bisera izango dute argi-contrastea emateko.

EZAUGARRI OPTIKOAK

- Lenteek gardenak izan behar dute, erreflexioaren kontrako polikarbonatuaz eginak, U.V irradiazioaren kontrako tratamenduarekin eta talken kontrako erresistentziarekin.
- Irekiera estukoak izango dira fokuak, W klasekoak, errepideetako distantzia luzeak ikusteko egokiak baitira.
- Itxura zirkularrean eta kolore distiratsuekin ikusiko da lanpara. Luminantziaren uniformitateak EN 12368 arauko 6.5. puntuan ezarritako irekiera estuko fokuetarako (W klasea) eskatzen dena bete beharko du.
- Argi-intentsitateak gutxienez EN 12368 arauko 6.3. puntuan ezarritako 2. mailako 1. klaseko prestazioak emango ditu (hau da, 200 cd - 800 cd semaforo gorrietan eta horietan). Lanpararen argi-intentsitatea, gehienez, 2.500 cd-koa izango da.
- EN 12368 arauko 6.4. puntuetako 3. taulako (W klaseko fokuak) balioei egokituak zaie argi-intentsitatearen banaketa.
- Argi gorriaren, berdearen eta horiaren koloreek EN 12368 arauaren 6.7. puntuko 7. taulan ezarritako kolore-aldeen barruan egon behar dute.
- Beltza izango da diodoen atzeko aldea.
- Mamu-efektua ez da izango EN 12368 arauaren 6.6. puntuko 6. taulako 1. klaserako erakutsitako balioak baino handiagoa.

EZAUGARRI FISIKOAK

- Erresistenteak: Giroaren, atmosferaren zikinaren eta korrosioaren kontra.
- Temperatura-marjina: -15 - 60 °C (A klasea).
- Babes-maila: IP-55, UNE 20-324-78 1R arauaren arabera.
- Korrosioaren kontrako erresistentzia: CEI 68.2-11K arauaren arabera.

CARCASA

La carcasa de las señales constituye el cerramiento en el que se alojan las placas visualizadoras de leds, el sistema de fuentes de alimentación y la electrónica que componen cada señal, es decir, la carcasa es la envolvente que proporciona protección a los componentes de la señal antes los agentes atmosféricos, impactos y demás elementos externos.

Los elementos metálicos de la carcasa de las señales deberán estar fabricados o revestidos con materiales resistentes a la corrosión.

El equipo deberá alcanzar un grado de protección IP-55. La puerta trasera deberá estar conectada a la red de tierra de la carcasa.

VENTANA FRONTAL

La protección frontal transparente se realizará en base de ventanas de policarbonato o metacrilato de alto impacto, antirreflexivo con tratamiento UV y de un espesor entre los 2 y los 5 mm (u otro material de similares propiedades). La protección frontal debe ser fijada a la estructura de la carcasa asegure los niveles de estanqueidad IP 55.

C.P.U. Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Las señales de aspa-flecha y de límite variable de velocidad deben estar controladas por una placa microprocesada, con una línea de comunicaciones RS 422 o RS 485, teniendo el proveedor obligación de documentar el protocolo de comunicaciones utilizado.

4.1.7. Semáforo interior

Los semáforos interiores deberán cumplir con los requisitos establecidos en las «Recomendaciones para la aplicación de la Norma Europea de semáforos EN 12368 a los semáforos de LEDs».

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Serán modulares. La unidad módulo es el foco de diámetro de lente de 200 mm.
- Los semáforos estarán compuestos de 2 focos: rojo y ámbar.
- Incorporarán visera para facilitar contraste luminoso.

CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

- Las lentes deben ser transparentes fabricadas en policarbonato antirreflexivo, con tratamiento anti radiación U.V. y resistente a impactos.
- Los focos serán de amplia apertura, tipo W, que permiten un buen reconocimiento de la señal en distancias cortas.
- La lámpara se verá como una forma circular y brillante. La uniformidad de luminancia cumplirá con lo exigido para los focos de amplia apertura (tipo W) en el punto 6.5 de la norma EN 12368.
- La intensidad luminosa alcanzará al menos las prestaciones de nivel 2, clase 1 indicadas en el punto 6.3 de la norma EN 12368 (es decir desde 200 cd hasta 800 cd para los semáforos rojo y ámbar). La lámpara no excederá de una intensidad luminosa máxima de 2500 cd.
- La distribución de la intensidad luminosa se ajustará a los valores de la Tabla 3 (focos de tipo W) incluidos en el punto 6.4 de la norma EN 12368.
- Los colores de la luz roja y ámbar deberán estar incluidos en las regiones cromáticas establecidas en la Tabla 7 del punto 6.7 de la norma EN 12368.
- El fondo de los diodos deberá ser negro.
- El efecto fantasma no excederá de los valores mostrados para la clase 1 en la Tabla 6 del punto 6.6 de la norma EN 12368.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Resistentes: A intemperie, atmósfera sucia y corrosión.
- Margen de temperatura: -15 a 60 °C (clase A).
- Grado de protección: IP-55, según UNE 20-324-78 1R.
- Resistencia a la corrosión: Según CEI 68.2-11K.

EZAUGARRI ELEKTRIKOAK

- AC elikatze-tentsioa: VAC = 230 V + %10 - %15. 50 Hz-ko maiztasuna izango da.
- DC elikatze-tentsioa: VDC = 12-24 V.

4.1.8. *Trafiko erregulatuak*

Trafikoaren erregulatuak kolore gorrian, horian eta berdean oinarrituta.

«Semaforoen EN 12368 Europako araua LED semaforoei aplikatzeko gomendioak» direlakoetan ezarritako eskakizunak bete behar dituzte kanpoko semaforoen.

EZAUGARRI OROKORRAK

- Modularrak izango dira. Modulu-unitatea fokua da, lentearen diametroa 300 mm-koa izanik.
- 3 foku izango dituzte semaforoen: gorria, berdea eta horia.
- Barrerako semaforoen 2 foku izango dituzte: Gorria, gorria.
- Bisera izango dute argi-contrastea emateko.

EZAUGARRI OPTIKOAK

- Lenteek gardenak izan behar dute, erreflexioaren kontrako polikarbonatuz eginak, U.V irradiazioaren kontrako tratamenduarekin eta talken kontrako erresistentziarekin.
- Irekiera estukoak izango dira fokuak, N klasekoak, errepi-deetako distantzia luzeak ikusteko egokiak baitira.
- Itxura zirkularrean eta kolore distiratsuekin ikusiko da lanpara. Luminantziaren uniformitateak EN 12368 arauan ezarritako irekiera estuko fokuetarako (N klasea) eskatzen dena bete beharko du.
- Argi-intentsitateak, gutxienez, 12368 arauan agertzen diren 2. mailako 1. klaseko prestazioak eman beharko ditu (hau da, 200 cd - 800 cd semaforo gorri, berde eta horian). Lanpararen argi-intentsitatea, gehienez, 2.500 cd-koa izango da.
- EN 12368 arauan ezarritako N klaseko fokuetarako balioei egokituak zaie argi-dentsitatearen banaketak.
- Argi gorriaren, berdearen eta horiaren koloreek EN 12368 arauan ezarritako kolore-aldeetan egon beharko dute sartuta.
- Beltza izango da diodoen atzeko aldea.
- Mamu-efektua ez da izango EN 12368 arauan 1. klaserako ezarritako balioak baino handiagoa.

EZAUGARRI FISIKOAK

- Erresistenteak: Giroaren, atmosferaren zikinaren eta korrosioaren kontra.
- Temperatura-marjina: -15 - 60 °C (A klasea).
- Babes-maila: IP-55, UNE 20-324-78 1R arauaren arabera.
- Korrosioaren kontrako erresistentzia: CEI 68.2-11K arauaren arabera.

EZAUGARRI ELEKTRIKOAK

- AC elikatze-tentsioa: VAC = 230 V + %10 - %15. 50 Hz-ko maiztasuna izango da.
- DC elikatze-tentsioa: VDC = 12-24 V.

4.1.9. *Itxierako barrerak*

Seinaleztapen akustikoa eta argizkoa izan behar dute berekin barrerak, ahal den neurrian ibilgailuek barreren kontra ez jotzeko. Honako hau izango da seinaleztapena: gorria – gorria semaforo bat barrerako (aurreko atalean azaldutakoaren antzeko ezaugarriak dituztenak) eta sirena bat, gidariak ohartarazteko barreira jaitsi behar denean.

EZAUGARRI FISIKOAK

Material arinekoa eta deformatzeko modukoa izango da barrera. Barrerak jaitsi daudenean gidarientzako arriskurik egon

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- Tensión alimentación AC: VAC = 230 V +10% -15%. La frecuencia será de 50 Hz.
- Tensión alimentación DC: VDC = 12-24 V.

4.1.8. *Semáforo exterior*

Reguladores de tráfico en base a los colores rojo, ámbar y verde.

Los semáforos exteriores deberán cumplir con los requisitos establecidos en las «Recomendaciones para la aplicación de la Norma Europea de semáforos EN 12368 a los semáforos de LEDs».

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Serán modulares. La unidad módulo es el foco de diámetro de lente de 300 mm.
- Los semáforos estarán compuestos de 3 focos: Rojo, Verde y Ámbar.
- Los semáforos de barrera estarán formados por 2 focos: Rojo, Rojo.
- Incorporarán visera para facilitar contraste luminoso.

CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

- Las lentes deben ser transparentes fabricadas en policarbonato antirreflexivo, con tratamiento anti radiación U.V. y resistente a impactos.
- Los focos serán de estrecha apertura, tipo N, al ser los adecuados para el reconocimiento a largas distancias en carreteras.
- La lámpara se verá como una forma circular y brillante. La uniformidad de luminancia cumplirá con lo exigido para los focos de estrecha apertura (tipo N) en la norma EN 12368.
- La intensidad luminosa alcanzará al menos las prestaciones de nivel 2, clase 1 indicadas en la norma EN 12368 (es decir desde 200 cd hasta 800 cd para los semáforos rojo, verde y ámbar). La lámpara no excederá de una intensidad luminosa máxima de 2500 cd.
- La distribución de la intensidad luminosa se ajustará a los valores para los focos tipo N incluidos en la norma EN 12368.
- Los colores de la luz roja, verde y ámbar deberán estar incluidos en las regiones cromáticas establecidas en la norma EN 12368.
- El fondo de los diodos deberá ser negro.
- El efecto fantasma no excederá de los valores mostrados para la clase 1 en la norma EN 12368.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Resistentes: A intemperie, atmósfera sucia y corrosión.
- Margen de temperatura: -15 a 60 °C (clase A).
- Grado de protección: IP-55, según UNE 20-324-78 1R.
- Resistencia a la corrosión: Según CEI 68.2-11K.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- Tensión alimentación AC: VAC = 230 V +10% -15%. La frecuencia será de 50 Hz.
- Tensión alimentación DC: VDC = 12-24 V.

4.1.9. *Barreras de cierre*

Las barreras tienen que llevar asociada una señalización acústica y luminosa con objeto de prevenir en lo posible la colisión de vehículos contra éstas. La señalización se compondrá de un semáforo rojo – rojo por barrera (de similares características a los descritos en el apartado anterior) y una sirena para advertir a los conductores de la bajada de la barrera.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

El brazo debe ser construido en material ligero y deformable. Para que las barreras no supongan un peligro para los conductores en caso

ez dadin eta automobilek barrak jo ez ditzaten mugimendu horizontala egiteko modua eman behar dute barrerek.

Barreraren berezko mugimendua bertikala da; izan ere, igota badago ibilgailuak pasa daitezke eta, tunelean sartzea galarazteko, jaitsi egiten da. Gainera, mugimendu horizontala ahalbidetu behar du, zertarako-eta, erabiltzailea barreren kontra jotzen bada, barrera malguak izateko eta gizakien kontrako kalteak txikitzeko; degondabilitatea deritzo ezaugarri horri.

Barrerak galtzadaren zabalera osoa hartu behar du. Ezinezkoa bada barrera batekin, bi jarriko dira, galtzadaren albo banatan.

Mastaren adarra lerro gorriekin eta zuriekin margotu behar da, bertara hurbiltzen diren gidariek masta ikus dezaten. Puntu hone tan, gomendagarria da barreraren bisualizazioa indartzea hainbat elementu barne hartuz, adibidez, fleko islagarriak jartzea eta STOP seinale bat mastan.

Mastaren mugimendu bertikala egiten duen motor elektrikoa duen karkasak eta kontrolerako eta babeserako beharrezko elektronikak, gutxienez, IP-54 babes-maila izango dute.

EZAUGARRI ELEKTRIKOAK ETA ELEKTRONIKOAK

Barreraren agintearen eta kontrolaren logika barne-programa duen mikroprozesadorearekin egiten da. Erregulatzeko modukoa izan behar du abiadurak, betiere abiaduraren kontrola izanik.

Tokian bertan zein urrutitik kontrolatzeko modukoa izan behar du barrerak, RS-232, RS-422 edo RS-485 komunikazio seriearen bidez. Barrerak igotzeko, jaisteko, blokeatzeko, oztoppa detektatzeko eta abiadura erregulatzeko, urrutiko kontrola egin daiteke.

Barreraren kontrolaren bidez, oztoppa detektatzeko modua egon behar da zapaldua ez izateko sistema elektronikoa erabiliz betiere; izan ere, sistema horrek mugimendua berehala geldiaraztea aurreikusten du.

Gomendagarria da barrerak larrialdiko geldialdi bat egiteko aukera izatea, oztoppa detektatzeko fotozelula sistema batekin, eta posible izan dadila urrunetik konfiguratzeko martxaren noranzkoa aldatzea edo gelditzea, funtzionatzen ari den edozein unetan.

4.2. Galibo kontrola

4.2.1. Sarrera

Onartutako galiboa gainditzen duten ibilgailuak tunelean sartzea galarazten duen sistema da. Ibilgailuen zirkulazio librerako galiboa 5,5 metrokoa edo handiagoa duen tunel orok garaiera kontrolatzeko sistema izan behar du, gehieneko garaiera gainditzen duten ibilgailuak tunelean sar ez daitezten. Bidesaria ezarrita duten bide-etako tunelak salbuetsita daude baldin eta gehiegizko galiboa duten ibilgailuek tunelean sartzeko modurik ez badute, kontrol hori bidesaria ordaintzeko guneetan egiten dela-eta.

Hona hemen galiboko sistema osatzen duten elementu nagusiak:

- Galibo kontrolaz ohartarazteko seinale bertikal finkoa.
- Galibo kontrol mekanikoa eta elektronikoa.
- Gehiegizko galiboaren ezkutuko seinalea, toki mailan pizten den gehiegizko galiboaren alarma elektronikoa pizten dena.

Galiboa kontrolatzeko sistema halako distantzian kokatuko da non ibilgailua tunelean sartu baino lehen gelditzeko modua izango baita.

Baldin eta tunelak sarrerak ixteko instalazioak baditu (seinaleztapen dinamikoak), tunela ixteko ekipo horiek baino lehen jarriko da gehiegizko galiboa duten ibilgailuentzat gordetako gelditzeko gunea. Gelditzeko guneek kontrolerako zentroarekin komunikatzeko sistema izan behar dute, garaiera altuegia duten ibilgailuetako erabiltzaileek operadoreengandik jarraibideak jaso ditzaten.

Gehiegizko galiboak ibilgailua gelditzea eragiten ez duen guneetan, hau da, ibilbidez aldatzea eragiten duenean, ez da beharrezkoa

de que se encuentren bajadas y que los automóviles impacten con ellas las barreras deben tener un movimiento horizontal.

El movimiento natural de la barrera es vertical, donde si se encuentra subida permite el paso de los vehículos y se baja para prohibir la entrada al túnel. Además, las barreras deben permitir un movimiento horizontal para que si un usuario impacta contra ellas, las barreras cedan y se minimicen los daños humanos, a esta característica se le conoce como degondabilidad.

La barrera debe cubrir todo el ancho de la calzada, si no es posible con una barrera se instalarán dos, una en cada lateral de la calzada.

El brazo del mástil tiene que estar pintado con franjas rojas y blancas reflectantes para que sea visible para los conductores que se acerquen hacia él. En este punto se recomienda reforzar la visualización de la barrera incluyendo elementos tales como la instalación de flecos reflectantes y una señal de STOP en el mástil.

La carcasa que contiene el motor eléctrico que realiza el movimiento vertical del mástil, así como la electrónica necesaria para el control y las protecciones necesarias, con un grado de protección IP54 como mínimo.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS

La lógica de mando y control de la barrera se realiza mediante microprocesador con programa interno. La velocidad de la barrera tiene que poder ser regulada, poseyendo un control de la velocidad.

La barrera tiene que poder ser controlada tanto de forma local como remota mediante una comunicación serie RS-232, RS-422 o RS-485. Se permite el control remoto sobre la subida, bajada, bloqueo, detección de obstáculo y regular la velocidad.

Se recomienda que el control de la barrera tiene que permitir la detección de un obstáculo durante la bajada a través de un sistema electrónico antiplastamiento que prevé la parada inmediata del movimiento.

Se recomienda que la barrera disponga de la opción de realizar una parada de emergencia, con un sistema de fotocélulas para la detección de un obstáculo y que sea posible configurar de forma remota la inversión de marcha o parada en cualquier momento de su funcionamiento.

4.2. Control de galibo

4.2.1. Introducción

Sistema que evita que entren en un túnel vehículos que sobrepasen el galibo admitido. Todo túnel cuyo galibo de circulación libre para los vehículos sea igual o inferior a 5,5 metros debe contar con un sistema de control de altura para evitar que aquellos vehículos que superen la altura máxima entren en el túnel. Se exceptúan los túneles de vías de peaje en las que no sea posible el acceso a los túneles de vehículos con exceso de galibo, por realizarse este control en las áreas de peaje.

Los principales elementos de los que consta el sistema de galibo son:

- Señal vertical fija de aviso de control de galibo.
- Control de galibo mecánico y electrónico.
- Señal oculta de exceso de galibo que se activa de forma local cuando se salta la alarma electrónica de exceso de galibo.

El sistema de control de galibo se debe situar a una distancia que permita detener el vehículo antes de que este entre en el túnel.

Si el túnel dispone de instalaciones para cerrar el acceso (señalización dinámica), el área de parada reservada para los vehículos con exceso de galibo se situará con antelación a dichos equipos de cierre de túnel. Las áreas de parada deben disponer de un sistema de comunicación con el centro de control para que los usuarios con vehículos con exceso de altura puedan recibir instrucciones de los operadores.

En aquellos puntos en los que un exceso de galibo no suponga la parada del vehículo, sino un cambio de itinerario, no será nece-

izango gehiegizko galiboa duten ibilgailuak gelditzeko eremu bat aurreikustea.

Baldin eta tunela ahalmen handiko bidean badago, galiboa kontrolatzeko sistema bikoiztea gomendatzen da, beste kontrol bat egiteko azken desbideraketa baino lehen.

4.2.2. Diseinu irizpideak

Galiboa osatzen duten elementu eta instalazio guztien arteko distantzia halako moldez finkatuko da non erabiltzaileak nahikoa denbora izango baitu seinalearen aurrean erreakzionatzeko eta, hala, maniobra modu seguruan egin ahal izateko.

Galibo kontrolak honako hauek izan behar ditu jarrita tuneleko sarreretan:

- Galibokoaren kontroleko aurre-abisua emateko seinalea.
- 150 metrora, 6 metroko altzairuzko kontroleko portikoa, 5,00 metroko altueran dagoen detektagailu elektronikoarekin batera; gainera, altueraren detekzio mekanikoa ere izango du. Portiko horrekin batera, ibilgailuak detektatzeko ekipoa egongo da, errei bakoitzeko sentsore batekin eta sentsore bakoitzeko detektagailu batekin osatuta.
- Galiboa detektatzen den tokitik 200 metrora gehiegizko altueraren seinalea ezkutatzen da eskuineko aldean, betiere zirkulazioaren norabidean.
- Ezkutuko seinaletik 150 metrora, ibilgailuak ezin badira ibilbide alternatibo batera bideratu, gehiegizko galiboa duen ibilgailua geldiarazteko erresebatutako eremua egongo da. SOS zutoina jartzea aurreikusi da, erabiltzaileak kontroleko zentroarekin komunikatzeko modua izan dezan.

Galiboa kontrolatzeko elementuen eta horien eta tuneleko ahoren arteko elementuen arteko distantziak ingurunearen ezaugarrien eta bidearen trazaketaren geometria bereziaren arabera egokitu ahal izango dira (inguruetako seinaleztapenaren ikuspena, tuneleko sarreraren ikuspena gelditzeko tokitik, azken desbideraketa hurbil egotea...).

Ondoren, tuneletako sarreraren seinaleztapen-arkitekturak jaso dira, horietako bakoitza aplikatzeko irizpideekin.

sario prever una zona de parada de los vehículos con exceso de galíbo.

Si el túnel se encuentra en una vía de alta capacidad se recomienda duplicar el sistema de control de galíbo ubicando otro control antes del último desvío.

4.2.2. Criterios de diseño

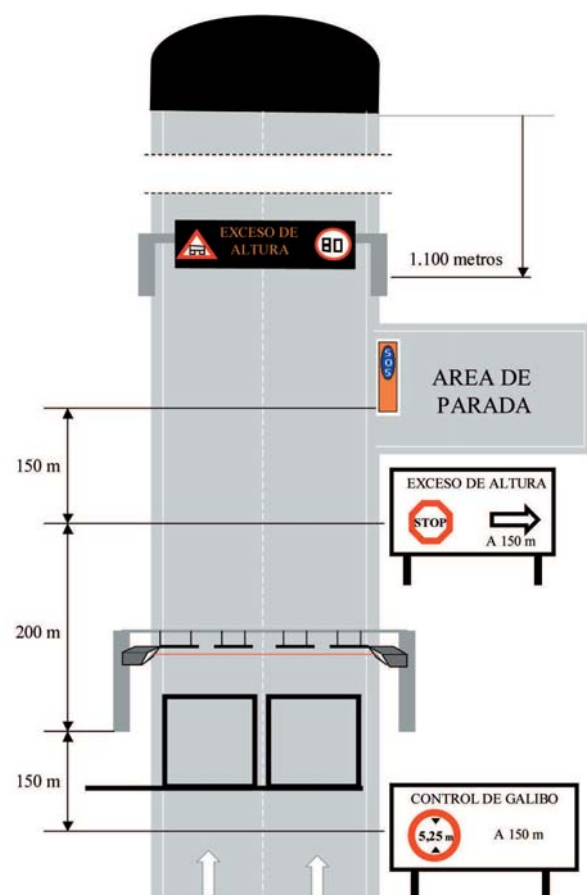
La distancia entre cada uno de los elementos e instalaciones que integran el galíbo tiene que ser de tal manera que el usuario tenga el tiempo suficiente para poder reaccionar a la señalización y así poder efectuar las maniobras necesarias de manera segura.

El control de galíbo en los accesos del túnel debe tener instalado:

- Señal de preaviso de control de galíbo.
- A 150 metros, pórtico de control de galíbo de acero de 6 metros con un detector electrónico situado a una altura de 5,00 metros, además de incluir la detección mecánica de altura. Este pórtico debe ir acompañado de un equipo detector de vehículos formado por un sensor por carril y un detector por cada sensor.
- A 200 metros de la detección del galíbo se sitúa la señal oculta de exceso de altura en el lado derecho según el sentido de la circulación.
- A 150 metros de la señal oculta, si no es posible redireccionar los vehículos por un itinerario alternativo, se dispondrá del área reservada para la detención del vehículo con galíbo excesivo. Se ha previsto la instalación de un poste SOS para que el usuario pueda comunicarse con el Centro de Control.

Las distancias entre los elementos del control de galíbo y entre éstos y la boca de los túneles se podrán adaptar en función de las características del entorno y a la geometría particular del trazado de la vía (visibilidad de la señalización en las inmediaciones, visibilidad de la entrada al túnel desde el sitio de parada, proximidad del último desvío...).

Se presentan las distintas arquitecturas de señalización en los accesos del túnel con los criterios para adoptar cada una de ellas.



Tunelen sarreretan jarritako galibo kontrolaren arkitektura agertzen da irudian.

4.2.3. Galiboko sistemaren kontrola

Galiboaren sistemaren kontrola PLC motako edo antzeko dispositibo programagarriren baten bitartez egingo da.

Ekipo horrek detektagailuen seinale guztiak, fotozelula, ezkutuko seinalea eta bereak jasotzen ditu eta seinale egokia prozesatu eta transmititzen dio (galiboaren alarma edo sistemaren alarma) kontrolako zentroari; aldi berean, pizteko agindua igortzen dio ezkutuko seinaleari.

Ekipo honek kontrolatzen du tokian bertan ezkutuko seinalea; izan ere, infragorrien barrerak gehiegizko seinalea jasotzean, ezkutuko seinalea pizteko seinalea igortzen du.

4.2.4. Galiboa kontrolatzeko seinale bertikal finkoa

Informazioa emateko aurretiatzko seinalea da, galiboaren kontroletik 150 metrora kokatua, gidariei informazioa emateko: tunelean baimendutako galiboa eta bide alternatiboen aukeraketa jakinaraziko die galibo hori gainditzen denean.

Galiboaren kontrolako aurretiatzko ohartarazpenaren seinaleak indarreko arautegia bete beharko du.

4.2.5. Galibo elektronikoen eta mekanikoen kontrola

Honako ekipo hauek osatzen duten galibo elektronikoen kontrola:

1. Ibilgailuak detektatzeko ekipoa, errei bakoitzean sentso-re bat eta sentso-re bakoitzean detektagailu bat dituela. Barreraren azalera etengo duten nahi gabeko elementuen bidez sistema abiaraz ez dadin, ibilgailuen detektagailua jarriko da, ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemari dagokionaren antzekoa, eta horri esker, galiboaren alarma pizten denean baliagarria izango da ibilgailua soilik dagoela baieztatzen denean.

2. Infragorrien barrera modulatu, eguzkiaren irradiazioaren edo giroko edozein argiztapen-motaren kontrako inerteia dena eta gutxienez 25 m-ko irismena duena, galiboa kontrolatzeko 6 m-ko altuerako portikoaren gainean; profil bat ezartzen da nahi den galiboa erregulatu ahal izateko (4.5 eta 5.75 m bitartekoa). Zutabe horietan, infragorrien barrera jartzen da, 60 metrorainoko irismena duen igorle-hartzaile batekin osatua. Gainera, kanpoko egoerak ez du eraginik barreran, hau da, euriak, elurrak edo eguzki indartsuak. Parasola jartzen da hautsak eta euri-urak kalterik egin ez diezaioten fotozelularen kristalari. Fotozelulei esker, doikuntza erraza izango da, zeren plano horizontalean eta bertikalean erregula baitaitezke; hala, fokatzeko zuzena adieraziko da.

3. Gutxienez 6 m-ko garaiera libre duen altzairu galbanizatuzko xaflako portikoa, eta gainera ainguraketa-tokia izango da izpi infragorrien sortaren igorlearentzat edo hartzailearentzat; toki hori erregula daiteke ± 20 cm-ko tartean.

4. Xaflazko portikoak galiboaren sistema mekanikoa du, gidaria ohartu dadin baimendutako gehieneko garaiera gainditu duela.

5. Mikroprozesadore programagarri oinarrituriko galiboaren kontrolako ekipoa. Ekipo horrek detektagailuen seinale guztiak, fotozelula, ezkutuko seinalea eta bereak jasotzen ditu eta seinale egokia prozesatu eta transmititzen dio (galiboaren alarma edo sistemaren alarma) kontrolako zentroari; eta, aldi berean, pizteko agindua igortzen dio ezkutuko seinaleari.

4.2.6. Ezkutuko seinalea

Ezkutuko seinalea, LED teknologikoa, eskuinean jarriko da, zirkulazioaren norabidean eta 200-ko distantzian ibilgailuak doazen noranzkoan galiboaren detekzioetik. Kasuan kasuko kokapenaren arabera izango da distantzia. Ezkutuko seinaleak tokian bertan pizten dira ibilgailuaren detektagailuen eta altueraren detektagailuen seinale konbinatuaren bidez, eta bere kokapen bereziaren arabera itxura egokia izan behar du:

La figura muestra la arquitectura del control de galibo instalado en los accesos de los túneles.

4.2.3. Control de un sistema de galibo

El control del sistema de galibo se realiza a través de un dispositivo programable tipo PLC o similar.

Este equipo recibe todas las señales de los detectores, fotocélula, señal oculta y las suyas propias, las procesa y transmite la señal correspondiente (alarma de galibo o alarma de sistema) al centro de control, a la vez que envía la orden de encendido a la señal oculta.

La señal oculta es controlada localmente por este equipo, que al recibir la señal de exceso de galibo por la barrera de infrarrojos, envía la señal de activación de la señal oculta.

4.2.4. Señal vertical fija de control de galibo

Señal previa informativa ubicada a una distancia de 150 metros al control de galibo para informar a los conductores del galibo permitido en el túnel y la elección de rutas alternativas en caso que se sobrepase dicho galibo.

La señal de preaviso de control de galibo deberá cumplir con la normativa vigente.

4.2.5. Control de galibo electrónico y mecánico

El control de galibo electrónico está formado por los siguientes equipos:

1. Un equipo detector de vehículos formado por un sensor por carril y un detector por cada sensor. Para evitar que el sistema sea activado por elementos casuales que corten el haz de la barrera, se dispone un detector de vehículos, idéntico al descrito el sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos, que permite que la activación de la alarma de galibo sea válida, únicamente cuando se confirme la presencia de vehículo.

2. Una barrera de infrarrojos modulado inerte a la radiación solar o a cualquier tipo de iluminación ambiental y de alcance mínimo 25 m sobre un pórtico de control de galibo de 6 m de altura se dispone un perfil para poder regular el galibo deseado (entre 4.5 y 5.75 m). En estas columnas se dispone la barrera de infrarrojos, compuesta por un emisor-receptor con alcance hasta 60 m, e insensible a condiciones extremas de lluvia, nieve o sol intenso. Se dispone de un parasol para evitar la influencia negativa de polvo y agua de lluvia sobre el cristal de la fotocélula. Las fotocélulas permitirán un fácil ajuste, al ser regulables en los planos horizontal y vertical, dando una indicación de enfoque correcto.

3. Un pórtico de chapa de acero galvanizado de 6 m. de altura libre como mínimo, con un punto de anclaje para el emisor o receptor del haz de rayos infrarrojos regulable en ± 20 cm.

4. El pórtico de chapa contiene un sistema mecánico de galibo para que el conductor advierta que ha sobrepasado la altura máxima permitida.

5. Un equipo de control de galibo basado en microprocesador programable. Recibe todas las señales de los detectores, fotocélula, señal oculta de exceso de altura y las suyas propias, las procesa y transmite la señal correspondiente (alarma de galibo o alarma del sistema) al centro de control, a la vez que envía la orden de encendido a la señal oculta.

4.2.6. Señal oculta

La señal oculta, de tecnología LED, se situará en el lado derecho, según el sentido de la circulación, y a una distancia de 200 metros de la detección de galibo en el sentido de la marcha. La distancia dependerá de cada emplazamiento en particular. La señal oculta se activa de forma local mediante la señal combinada del detector de vehículos y del detector de altura presentando el siguiente aspecto adecuado a su ubicación particular:



- Gelditzeko eremu bat baino aurrerago instalatutako seinaleen kasuan, seinaleak STOP adieraziko du, eta gelditze-tokirainoko distantziaren berri emango du.
- Desbideratze bat baino aurrerago instalatutako seinaleen kasuan, seinalearen itxura egokia izango da desbideratze alternatiboa eta desbideratze-gunearen distantzia deskribatzeko.

Ezkutuko seinalea pizten duen seinalea potentziarik gabeko kontaktu baten bidez transmititzen da.

4.2.6.1. Ezkutuko seinalearen ezaugarriak

- Gutxieneko neurriak: 2.400 x 1.700 x 400 mm.
- Babes-mailak: IP54.
- Aurrealdekoa: Erreflexioaren kontrako polikarbonatu muntagarria.
- Atzeko atekak: Ekintza bandalikoaren kontrako sarrailak.

Seinaleak argi-sentsorea izan behar du, kanpoko argira egokitzeko.

Etengabeko elikatze sistema (EES) izan behar du ezkutuko seinaleak, seinaleari gutxienez 15 minutuz tentsioa emango diona horridura elektrikoak huts egiten badu.

4.3. Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak

4.3.1. Sarrera

Sistema honek bidetik doan ibilgailua detektatzen du, trafikoren bolumena zenbatzeko eta sailkatzeko. Sistema horri esker, kontrolerako operadoreak trafikoren egoerari buruzko informazioa eta alarmak ditu denbora errealean.

Ibilgailuen egoerari buruzko datuak izanda, ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemek bi funtzionalitate izan ditzakete:

- Estatistikak egiteko trafiko-neurgailua, trafikoaren fluxuari, okupazioari, abiadurari, ibilgailuen arteko distantziari eta ibilgailu astunen ehunekoari buruzko informazioa ematen duena.
- Trafikoko gorabeheren detektagailu automatikoa: autopilaketan, kontrako norabidean doazen ibilgailuen eta gehiegizko abiadura duten ibilgailuen alarmak sortzen dira.

Nahitaezkoa da I. eta II. motako tunelek ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema bat izatea.

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemaren sailkapena egiten da bideetan trafikoko laginak lortzeko erabiliko sistemaren arabera; hala, honako hauek ditugu:

- Sentsore, detektagailu eta datuak hartzeko estazioen bidez ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak. Sentsoreek ibilgailua dagoela edo igarotzen ari dela adierazteko seinalea sortzen dute, detektagailuak jasotzen du seinalea, eta gero behar bezala transmititzen diote datuak hartzeko estazioari. Bertan egingo da trafikoren aldagaien kalkulua eta gero datuak tuneleko urrutiko estazio unibertsalera transmitituko dira.
- Irudien prozesatze digitala edo ikuspen artifiziala oinarritutako hartuta, ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak. Kamera finko batek ematen duen bideko sekzio bateko bide-irudiak tratatu eta digitalizatzen dituzte sistema hauek, eta ordenagailu batean exekutaturiko software espezifiko baten bidez, trafiko-fluxuaren parametro nagusiak emateko gai dira.

- Para señales instaladas antes de un área de parada, la señal indicará STOP y la distancia al punto de detección.

- Para señales instaladas antes de un desvío, el aspecto de ésta será el adecuado para describir el desvío alternativo y la distancia al punto de desvío.

La señal que activa la señal oculta se transmite por un contacto libre de potencial.

4.2.6.1. Características de la señal oculta

- Dimensiones mínimas: 2.400 x 1.700 x 400 mm.
- Grado de protección: IP54.
- Frontal: Policarbonado antirreflexivo desmontable.
- Puertas traseras: Cerraduras antivandálicas.

La señal debe tener un sensor de luminosidad para adaptarla a la luminosidad exterior.

La señal oculta debe tener un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) que proporcione tensión a la señal al menos durante 15 minutos en caso de fallo eléctrico.

4.3. Sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos

4.3.1. Introducción

Este sistema detecta el paso de vehículos por la vía, con el objetivo de contar y clasificar el volumen del tráfico. Gracias a este sistema el operador de control dispone de información y alarmas sobre el estado del tráfico en tiempo real.

Con los datos sobre el estado de la circulación de vehículos, los sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos pueden presentar dos funcionalidades:

- Aforador de tráfico con finalidad estadística, proporcionando información sobre flujo, ocupación, velocidad, distancias entre vehículos, porcentaje de vehículos pesados.
- Detector automático de incidentes de tráfico: se generan alarmas de retenciones, vehículos circulando en sentido contrario, vehículos a velocidades excesivas.

Es obligatorio que los túneles de Tipo I y II cuenten con un sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos.

Se realiza una clasificación de los sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos en función del sistema utilizado para la obtención de las muestras de tráfico en las vías, de este modo se dispone de:

- Sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos por sensores, detectores y estaciones de toma de datos. Los sensores generan la señal de presencia y/o paso de un vehículo, que es recibida por el detector y la transmiten adecuadamente a la estación de toma de datos las cuales realizan el cálculo de las variables de tráfico y las transmiten al sistema de control centralizado.
- Sistemas de detección, clasificación y contaje de vehículos basados en el procesado digital de imágenes o visión artificial. Estos sistemas realizan el tratamiento y digitalización de las imágenes de vídeo de una sección de la vía que proporciona una cámara fija, y mediante un software específico, ejecutado en un ordenador, son capaces de proporcionar los principales parámetros del flujo de tráfico.

Datuen estazioen sistemak behar dituen trafikoko oinarrizko parametroak, gutxienez, honako hauek izango dira:

- Ibilgailuen fluxua.
- Okupazioa.
- Abiadura.
- Ibilgailuen arteko distantziak.
- Saikapena.
- Ibilgailu astunen ehunekoa.
- Auto-pilaketak.
- Kontrako norabidean doazen ibilgailuak.

Balio horiek ibilgailu motaren arabera emango dira eta, gutxienez, 3 mota bereiziko dira. Balioak konfiguratzeko moduko iraupenaldietan integratu behar dira. Komenigarria da DHEko datuak integratzeko aldia 5 minututik gorakoa ez izatea.

4.3.2. *Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemen saikapena*

Lehenago esan den moduan, ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak trafikoko oinarrizko parametroak lortzeko erabilitako baliabideen eta teknologien arabera sailka daitezke. Hona hemen sistemak:

- Sentsore, detektagailu eta datuak hartzeko estazioen bidez ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak.
- Irudien prozesatze digitala edo ikuspen artifiziala oinarritutako hartuta, ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak.

Jarraian, sistema bakoitzaren deskribapen laburra egingo da.

4.3.2.1. *Sentsore, detektagailu eta datuak hartzeko estazioen bidez (DHE) ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema*

Sentsoreek ibilgailua dagoela edo igarotzen ari dela adierazteko seinalea sortzen dute, detektagailuak jasotzen du seinalea, eta gero behar bezala transmititzen diote datuak hartzeko estazioari. Bertan egingo da trafikoaren aldagaien kalkulua eta gero tuneleko urrutiko estazio unibertsalera transmitituko dira.

Hona hemen sentsore eta detektagailuen bidez datuak hartzeko estazioa osatzen duten elementu nagusiak:

- Sentsorea eta detektagailua.
- Datuak hartzeko estazioa.
- Tuneleko Urrutitiko Estazio Unibertsala (TUEU), UNE 135411 arauaren arabera.
- Detektagailuak erabiliz egiten da laginketa, izenak berak adierazten duenez, ibilgailuak detektatzen ditu ibilgailuak pasatzean edo erreietan daudenean. Detektagailuok seinale bat igortzen diote datuak hartzeko estazioari, eta bertan egiten da prozesaketa eman beharreko datuak landuz.

Hainbat teknologia erabiltzen dute sentsoreek, ibilgailua errei batean denbora jakin batez detektatzeko. Detektagailuek eremu elementuek, sentsoreek, erabiltzen duten seinalearen aldaketa fisikoak jasotzen eta neurtzen dituzte, seinale digital bihurtzen dituzte, eta datuak hartzeko estazioaren prozesuaren unitatera transmititzen dira. Azkenik, horrek trafikoaren oinarrizko parametroak sortzen ditu, eta horien tratamenduaren bitartez, ibilgailuek bide horietan duten zirkulazioaren egoeraren inguruko informazioa lortuko da.

Honako hauek izan daitezke sentsoreak teknologiaren arabera:

- Begizta induktiboko sentsoreak.
- Mikrouhinen bidezko sentsoreak.
- Infragorri bidezko sentsoreak.
- Laser bidezko sentsoreak.

Datuak hartzeko estazioek, detektagailuen seinaleak prozesatu ondoren, datuak eta sortutako alarmak transmititzen dizkio te tuneleko urrutiko estazio unibertsalari, betiere linea-seriea interfaze bat eta UNE 135431-3 arauan («Datuak hartzeko esta-

Los parámetros básicos de tráfico que debe proporcionar el sistema de estaciones de datos serán como mínimo:

- Flujo de vehículos.
- Ocupación.
- Velocidad.
- Distancias entre vehículos.
- Clasificación.
- Porcentaje de vehículos pesados.
- Retenciones o atascos.
- Vehículos circulando en sentido contrario.

Estos valores se darán por clase de vehículo, distinguiéndose como mínimo 3 clases. Los valores se deberán integrar en periodos de duración configurable. Se aconseja que el periodo de integración de los datos de la ETD no sea superior a los 5 minutos.

4.3.2. *Clasificación de los sistemas de detección, clasificación y conteo de vehículos*

Como se ha indicado anteriormente, los sistemas de detección, clasificación y conteo de vehículos se pueden clasificar en función de los medios y tecnologías empleadas para obtener los parámetros básicos de tráfico, a saber:

- Sistemas de detección, clasificación y conteo de vehículos por sensores, detectores y estaciones de toma de datos.
- Sistemas de detección, clasificación y conteo de vehículos basados en el procesado digital de imágenes o visión artificial.

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de los sistemas.

4.3.2.1. *Sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos mediante sensores, detectores y estaciones de toma de datos (ETDs)*

Los sensores generan la señal de presencia y/o paso de un vehículo, que es recibida por el detector y la transmiten adecuadamente a la estación de toma de datos las cuales realizan el cálculo de las variables de tráfico y las transmiten a las Estación Remota Universal de Túnel.

Los principales elementos que componen una estación de toma de datos mediante sensores y detectores son:

- Sensor y detector.
- Estación de toma de datos.
- Estación Remota Universal de Túnel (ERUTs), según la Norma UNE 135411
- El muestreo se realiza mediante el uso de detectores, que como su nombre indica «detectan» el paso de vehículos o su presencia en los carriles. Estos envían una señal a la estación de toma de datos la cual las procesa elaborando los datos que debe proporcionar.

Los sensores emplean distintas tecnologías para detectar la presencia de un vehículo durante un cierto tiempo en un carril. Los detectores recogen y miden las alteraciones físicas de la señal empleada por los elementos de campo, sensores, convirtiéndolas en señales digitales, que son transmitidas a la unidad de proceso de la estación de toma de datos. Por último ésta genera los parámetros básicos de tráfico a partir de los que mediante su tratamiento se obtendrá información del estado de la circulación de vehículos en esas vías.

En función de la tecnología, los sensores pueden ser:

- Sensores de lazo inductivo.
- Sensores por microondas.
- Sensores por infrarrojos
- Sensores por láser.

Las estaciones de toma de datos, tras procesar las señales de los detectores, transmiten los datos y alarmas generadas a la Estación Remota Universal de Túnel, utilizando un interface Línea-Serie y los protocolos de Aplicación definidos en la Norma UNE

zioetako arau funtzionala eta aplikazio-protokoloak») zehazturiko aplikazio-protokoloak erabiliz. Tuneleko urrituko estazio unibertsalak, azkenik, informazio hori igortzen dio kontroleko zentroari.

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko erabili ohi den sistema datuak hartzeko estazio batean integraturiko detektagailu elektronikoa eta begizta induktiboko sentsoreetan oinarritzen da, trafikoko kudeaketako sistemetan integratzeko eta jartzeko erraza baita, baita neurrien eta datuen zehaztapenean eta fidagarritasunean ere.

4.3.2.2. *Ordenagailu bidezko ikuspena erabiliz ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak*

Irudien prozesatze digitalerako sistema bat da, trafikoko oinarriko parametroei buruzko informazioa ematen duena. Tunelen barruko aldeetan eta sarreretan kokaturiko kamera finkoetatik jasotako irudiak dira sistema horren irudia.

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak erabiliko dituen irudiak jasotzeko erabiliko kamerak telebista itxiko zirkuituak izan daitezke; baina, era berean, zirkuitu horretatik apartekoak izan daitezke.

Irudiak digitalizatzeko eta tratatzeko ekipoak (aztertzailea) eta zerbitzari nagusiak osatzen dute ikuspene artifizialen bidez ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema. Kamera finkoetako seinaleak telebistako zirkuitu itxiaren bidez transmititzen dira aztertzaileak kokatzen diren tokietaraino, haiekin konektatzeko, hain zuzen. Tunelak kontroleko sistemak Bizkaiko Foru Aldundian duen osaketa dela-eta, komenigarria da detekzio sistema kamera finkoko CCTVko sistema duten tuneletan jartzea; izan ere, tunel guztiak tunelak kontrolatzeko zentroan zentralizatzen dira.

4.3.3. *Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak diseinatzearen irizpideak*

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema bat izan behar du urrutitik kontrolatu eta jardun nahi den tunel orok, tunelaren barruan zein sarreretan dagoen trafikoaren egoeraren berri izateko uneoro.

Datuen estazioen sistemak duen funtzionaltasunaren araberrakoak izango dira tunelaren barruko ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemaren kokapena eta banaketa:

1. Trafiko-neurgailua, estatistikak egiteko.
2. Trafikoko gorabeheren detektagailu automatikoa.

Tunelen barruko aldeetan datuen estazioak banatzeko arkitektura ezberdinak azalduko dira orain.

Arkitektura 1

200 metrotik gorako tuneletan, bidetik doazen ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema bat jarri behar da, neurketak egiteko helburu soilarekin.

Tunelek gutxienez bi detektore-sekzio izango dituzte tunel bakoitzeko, sarreratik eta irteeratik hurbil, eta irteerako ahoan instalatutako sekzioa tunelaren kanpoan gutxienez 100 metrora kokatzea gomendatzen da, hazten eta tunelaren barrurantz garatzen ari diren ilarak detektatzeko.

Tuneleko sarreren eta irteeren bide-adar guztietan eta tune-laren barruko galtzaden bidegurutzetako erreietan jarri behar dira detektagailuak, estatistika datuak eskuratu ahal izateko.

ERAIKUNTZARI BURUZKO OHARRAK

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak SOS zutoinak dauden sekzioen toki beretan jartzea gomendatzen da.

Arkitektura 2

Errepidetik doazen ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema jarriko zaien tuneletan, trafikoko gorabeherak automatikoki detektatzeko funtzioa ere zuzkitu nahi zaienean.

135431-3 »Norma funcional y protocolos aplicativos de estaciones de toma de datos». La Estación Remota Universal de Túnel por último transmite esta información al centro de control.

El sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos que normalmente se emplea es el sistema basado en sensores de lazo inductivo y detectores electrónicos integrados en una estación de toma de datos, debido a su facilidad en la instalación e integración en los sistemas de gestión de tráfico, así como en la precisión y fiabilidad de las medidas y datos.

4.3.2.2. *Sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos por visión por ordenador*

Es un sistema de procesamiento digital de imágenes que proporciona información sobre los parámetros básicos de tráfico. Su fuente son las imágenes recibidas de cámaras fijas situadas en el interior y en los accesos de los túneles.

Las cámaras empleadas para adquirir las imágenes que serán empleadas por el sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos pueden pertenecer al circuito cerrado de televisión, aunque también pueden ser cámaras independientes al mismo.

El sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos por visión artificial esta compuesto por un equipo de digitalización y tratamiento de imágenes (analizador) y de un servidor central. Las señales de las cámaras fijas se transmiten por el Circuito Cerrado de Televisión hasta donde se ubican los analizadores para conectarse a ellos. Debido a la configuración del sistema de control de túneles en la Diputación de Bizkaia donde todos los túneles se centralizan en los Centros de Control de túneles, se recomienda dotar con ese sistema de detección a los túneles que dispongan de un sistema de CCTV con cámaras fijas.

4.3.3. *Criterios de diseño en los sistemas de detección, clasificación y conteo de vehículos*

Todo túnel que se pretenda controlar y actuar de forma remota debe disponer de un sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos para conocer en todo momento la situación del tráfico tanto en el interior del túnel como en sus accesos.

La localización y distribución sistema de detección, clasificación y conteo de los vehículos en el interior del túnel depende de la funcionalidad que presente el sistema de estaciones de datos:

1. Aforador de tráfico con finalidad estadística.
2. Detector automático de incidentes de tráfico.

Se presentan las distintas arquitecturas de distribución de las estaciones de datos en el interior de los túneles.

Arquitectura 1

En aquellos túneles con longitud superior a 200 metros se deberán instalar un sistema de detección, clasificación y conteo de los vehículos que circulan por la vía con la única función de aforar.

Se deberá dotar a los túneles de un mínimo de dos secciones de detectores por túnel, situadas en las proximidades del acceso y de la salida del mismo, se recomienda que la sección instalada en la boca de salida, sea situada al menos a 100 metros en el exterior del túnel con el objetivo de detectar colas que estén creciendo y progresando hacia el interior del túnel.

Se deben dotar con detectores a todos los ramales de acceso o salida y los carriles pertenecientes a bifurcaciones o confluencias de calzadas en el interior del túnel para la adquisición de los datos estadísticos.

CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Se recomienda la instalación de los sistemas de detección, clasificación y conteo de los vehículos coincidiendo con las secciones donde se encuentren los postes SOS.

Arquitectura 2

Túneles en los que se vayan a instalar un sistema de detección, clasificación y conteo de los vehículos que circulan por la vía y se le quiera dotar adicionalmente con la función de detección automática de incidentes de tráfico.

Kasu honetan, estazio detektatzaileak banatuko dira tunelaren barruan. Bi estazio detektatzailearen arteko tartea gehienez 200 m-koa izango da, eta detekzio-tokiak kokatuko dira baztergunean baldin eta tunelak azpiegitura hori badu.

ERAIKUNTZARI BURUZKO OHARRAK

Ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemak SOS zutoinak dauden sekzioen toki beretan jartzea gomendatzen da.

4.3.4. *Sentsore, detektagailu eta datuak hartzeko estazioen bidez (DHE) ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema*

Datuak hartzeko estazioek UNE 135421 arauan («Datuak Hartzeko Estazioak») eta hura osatzeko ondoko arauetan ezarritakoa bete behar dute; izan ere, bertan ezartzen dira eskakizun fisikoak eta funtzionalak, eta lotura-protokoloak eta aplikazioak zehazten dira Datuak Hartzeko Estazioaren eta ERU edo TUEUren arteko komunikazioan; azken hori UNE 135411 arauaren bidez normalizatu da.

Begizta induktibokoak dira detektagailu eta sentsorerik zabalduenak; hori dela-eta, horien funtzionamendua eta muntaketa zehaztuko dira datozen ataletan.

4.3.4.1.1. *Begizta induktiboko sentsoreak*

Begizta induktiboko sentsoreak eta detektagailuak erabil daitezke trafikoko datuak hartzeko ekintzak burutzeko; horiek honahi hauek barne hartzen dituzte:

- 1) Errodadura-geruzaren azpiko zoladurapeko zenbait espira. 3 edo 4 itzuliko espira karratuarekin osatuta dagoen kablea da espira, gutxi gorabehera, 2 x 2 m-koa.
- 2) Zirkuitu oszilatzaila, ibilgailuak galtzadan dagoen espiraren gainean igarotzean eragindako frekuentzia-aldaketak interpretatzen dituena.

Begizta induktiboko detektagailuko zirkuitu oszilatzailak frekuentzia jakin bateko eremu elektromagnetikoa sortzen du espiran. Eremu magnetiko hori aldatuz doa ibilgailuetako metalezko piezak eremu horren eraginpeko aldean sartzen direnean. Induktantzia (L) aldatzen da halakoetan, eta frekuentzia ere aldatzen da (W).

Detektagailu bikoitza izan behar du (bakuna, aukeran), mikroprozesadore batean oinarrituta; hori dela-eta, digitalki egiten dira denbora neurketa eta kalkulu guztiak. Berez doitu daitekeen detektagailuzat jotzen da bere funtzionamendu mailaren barruan.

Aparte funtzionatuko du oszilatzailak espira bakoitzean, eta ez dago bi espiren frekuentzien arteko akoplamenturik.

Espirako zirkuitu irekiko eta zirkuitu laburreko detekzioa izan behar du detektagailuak, eta kasu bietan izango da detekzioa anomaliak irauten bitartean. Hutsunea konpondu ondoren, berez egokitzen zaio detektagailua funtzionamendu berriari.

4.3.4.1.2. *Begiztak muntatzea*

Bi begizta magnetiko (begiztak edo espirak) jarriko dira errei bakoitzeko, elkarren atzean eta ibilgailuak doazen norabidean detekzio-sekzio bakoitzean; hala, 4.3.1. atalean zerrendaturiko trafiko-datuak lortuko dira.

Arreta berezia jarriko da begizta magnetikoak kokatzean, datu desitxuraturik edo okerreko daturik sor ez dadin, baita begizten iraupena luzatzeko ere. Honakoak egingo dira, ahal dela, begizta magnetikoen arteko energiaren akoplamentuak gutxitzeko, nolabait:

- Kable bidez kontu handiz txirikordatu (bihurtu), begiztaren zirkuitu osoan metro bakoitzeko 10-15 itzuli eginez (espirako kablea izan ezik, jakina), honako hau barne: begiztaren kablea espiraren errektangelutik irteten denetik begiztaren elikatze-kableraino, azkenean detektagailuen armairuko bornatan bukatzeko.

En este caso se distribuirán estaciones detectoras en el interior del túnel. La separación entre dos estaciones detectoras no debe superar los 200 m, debiéndose ubicar puntos de detección en los apartaderos si el túnel dispone de esta infraestructura.

CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Se recomienda la instalación de los sistemas de detección, clasificación y contaje de los vehículos coincidiendo con las secciones donde se encuentren los postes SOS.

4.3.4. *Sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos mediante sensores, detectores y estaciones de toma de datos (ETDs)*

Las Estaciones de Toma de Datos deberán cumplir con lo establecido en la Norma UNE 135421 «Estaciones de Toma de Datos» y sus ampliaciones, en las que se describe el equipo, se establecen los requisitos físicos y funcionales y se definen los protocolos de enlace y aplicativos en la comunicación entre la Estación de Toma de Datos y la ERU o ERUT Normalizada según la Norma UNE 135411.

Los detectores y sensores más extendidos son los detectores y sensores de lazo inductivo, por lo que en los siguientes apartados se detalla su funcionamiento y montaje.

4.3.4.1.1. *Sensores de lazo inductivo*

Para realizar acciones de captación de datos de tráfico se puede emplear sensores y detectores de lazo inductivo, compuesto por los siguientes elementos:

- 1) Unas espiras bajo el pavimento por debajo de la capa de rodadura. La espira consiste en un cable formando una espira cuadrada de 3 o 4 vueltas con medidas aproximadas de 2 x 2 m.
- 2) Un circuito oscilador, que interpreta las variaciones de frecuencia, causadas por el paso de los vehículos sobre la espira colocada en la calzada.

El circuito oscilador del detector de lazo inductivo produce un campo electromagnético de una determinada frecuencia en la espira. Este campo magnético se va alterando, cuando las piezas metálicas de los vehículos entran en la zona de influencia de dicho campo. Las alteraciones consisten en una variación de la inductancia (L) que se traduce asimismo en una variación de frecuencia (W).

El detector debe ser un detector doble (opcionalmente simple) que está basado en un microprocesador, lo que hace que todos los cálculos y medidas de tiempo sean realizados digitalmente. Se define como un detector autoajutable dentro de su rango de funcionamiento.

El funcionamiento del oscilador debe ser independiente para cada espira no existiendo acoplamiento entre las frecuencias de ambas espiras.

El detector debe poseer detección de cortocircuito y de circuito abierto de espira, presentando detección en ambos casos mientras esté presente la anomalía; una vez subsanada, el detector se autoadapta al nuevo funcionamiento.

4.3.4.1.2. *Montaje de los bucles*

Se instalan dos bucles (lazos o espiras) magnéticos por carril uno detrás de otro en el sentido de la marcha en cada sección de detección, para así obtener los datos de tráfico enumerados en el apartado 4.3.1.

Hay que tener especial cuidado en la ubicación de los bucles magnéticos, para que estos no generen datos distorsionados o erróneos además para aumentar la vida útil de los mismos. Para minimizar acoplamientos de energía entre lazos magnéticos se debe procurar:

- Trenzar (retorcer) cuidadosamente el cable dando entre 10–15 vueltas por metro en todo el circuito del lazo (a excepción lógica del cable en la espira), lo cual incluye el cable del lazo desde el momento que abandona el rectángulo de la espira hasta el cable de alimentación del lazo, acabando en los bornes del armario de los detectores.

- Espira bakoitzearaino iristen diren begizta-kableen artean eta kable horien eta gainerako espiren artean 30 cm-ko tartea mantentzea. Begizta-kableek aparteko hodietan joan beharok dute nahitaz espira bakoitzean.

Sekzioan 1,5 mm² duen txirikorda-itxurako kablea erabiliz egiten dira begizta magnetikoak, 750 V-ko PVC-ko isolamenduarekin.

Begizta-zirkuituko kablearen eta espiren iraupena eta neurrien kalitatea, neurri handi batean, begizta magnetikoaren instalazioaren araberakoak izango dira. Instalazioa:

- Sara bat egitea galtzadan espirak jartzeko (begizta magnetikoak) errodadura-geruza baino lehen; perimetro egokikoa izango da, kablea ez behartzeko eta isolatzailea ez kalte-zeko erreietan jartzean.
- Sara puztea, espira jarri orduko garbi eta lehor dagoela ziurtatzeko.
- Espira sararen hondoan jartzea.
- Erretea epoxi zementuarekin edo antzekoarekin ixtea.

Begiztaren eta lurraren arteko isolamendua, bi horiek jarri ondoren, gehienez 100 ohmiokoa izango da, eta neurketako tentsioa 500 V-koa izango da.

4.3.5. *Ikuspen artifizialaren bidez ibilgailuak detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistema*

Ibilgailuak ikuspen artifizialaren bidez detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sistemaren oinarri dira sistemaren telebistako kamera espezifikoak, irudiak digitalizatzeko eta tratatzeko ekipo bat (aztertzailea). Irudiak prozesatzen ditu, eta trafikoari buruzko informazioa eta datuak eskuratzen ditu. Aztertzaile horrek kontrolatzeko zentroko zerbitzariari transmititzen dio informazioa.

Sistema hau tuneletan neurketak egiteko sistema gisa erabiltzea onartuko da, baldin eta irtenbidearen garapen teknologikoak emaitza lehiakorak bermatzen baditu begizta induktiboko sensoreetan oinarritutako sistemarekin alderatuta. Telebistako zirkuitu itxiko sistemari buruzko atalean azalduko da gorabeherak detektatzeko ikuspen artifizialaren bidezko sistemaren erabilera.

4.4. Ingurumenaren kontrola

Ingurumena kontrolatzeko sistemaren xedea ingurumenaren aldetik dauden baldintzak antzematea da, eta eginkizun horri esker, informazioa eman ahal izango zaie erabiltzaileei tunelaren irteeran egoera txarraren berri emateko. Hala, bada, erabiltzaileek behar bezala aldatuko dute ibilgailua gidatzeko modua.

Hauek dira kontrolatu beharreko fenomeno meteorologikorik nabarmenenak, bide-segurtasunaren ondorioetarako:

- Ikuspenik eza behe-lainoak edo beste fenomenoren batek eraginda.
- Euria.
- Haize gogorrak, bereziki, albotik jotzen duen haizea.
- Galtzada izoztea.

Behe-lainoa da, oro har, trafiko istripu gehien eragiten duen fenomeno meteorologikoa, ikuspenera modu nabarmenean galarazten duelako. Erabiltzaileei informazioa emateko eta arriskuaren seinalea jartzeko, behe-lainoaren detektatzailea edo bisibilimetroa jarriko da.

Bestelako sentsoreak jartzen dira bestelako fenomeno meteorologikoa antzemateko, hala nola euria, haizea, elurra, baita galtzadan izotza dagoenean ere. Sentsore-kopuru handia jartzen bada, Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsorea delakoan biltzen dira (EAAS).

Mikroprozesadore batean oinarrituriko unitate elektronikoa da Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreen (EAAS) unitatea; izan ere, mikroprozesadore horrekin lotuta daude ekipoen multzoa, zundak, mastak, datu eta energia zuzentzaileak, alarman instalazioak, baita instalazioak tuneletako sarbideetako toki jakin batzuetan kokatzeko, konektatzeko eta abiarazteko beharrezko jarduketak ere, betiere obra zibila barne dela.

Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreak (EAAS) alarmak jo behar ditu eguraldi txarra dagoenean edo horrelako eguraldia gertatzeko aurreikuspena dagoenean, edo bi ahoen artean desberdintasun nabariak egon daitezkeenean.

- Mantener una separación superior a 30 cm entre los cables de lazo que llegan hasta cada una de las espiras y entre estos y el resto de las espiras. Se obliga a que los cables de lazo vayan por tubos independientes para cada una de las espiras.

Los bucles magnéticos se elaboran utilizando cable trenzado unifilar de 1,5 mm² de sección, con aislamiento de PVC de 750 V.

La calidad de las medidas y la vida útil del cable del circuito de lazo y de las espiras dependen en gran medida de la instalación del lazo magnético. La instalación:

- Practicar en la calzada una roza que permita ubicar las espiras (bucles magnéticos) antes de la capa de rodadura y perímetro adecuado, para no tener que forzar el cable para colocarlo en la roza y dañar el aislante.
- Soplar la roza para asegurar que esté limpia y seca antes del tendido de la espira.
- Depositar la espira en el fondo de la roza.
- Cerrar la roza con cemento epoxi o similar.

El aislamiento entre bucle y tierra, ya colocados deberá ser superior a 100 Mohmios con una tensión de medición de 500 V.

4.3.5. *Sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos mediante visión artificial*

El sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos a través de visión artificial se basa en cámaras de televisión específicas del sistema y un equipo de digitalización y tratamiento de imágenes (análizador) el cual procesa las imágenes y obtiene la información y los datos referentes al tráfico. Este analizador transmite la información al servidor del centro de control.

Se aceptará el empleo de este sistema como sistema de apoyo en túneles si el desarrollo tecnológico de la solución garantiza unos resultados competitivos en comparación del sistema basado en sensores de lazo inductivo. El empleo del sistema de visión artificial para la detección de incidentes está tratado dentro del apartado del Sistema de Circuito Cerrado de Televisión.

4.4. Control ambiental

La finalidad del sistema de control ambiental es la detección de las condiciones medioambientales que permita o posibilite la información a los usuarios de la existencia a la salida del túnel de condiciones adversas y que éstos puedan modificar su conducción de forma adecuada.

Los fenómenos meteorológicos más relevantes a efectos de seguridad vial y que se deben controlar:

- Falta de visibilidad por niebla u otro fenómeno.
- Lluvia.
- Vientos de intensidad fuerte, en particular, vientos laterales.
- Formación de hielo en la calzada.

En general, la niebla es el fenómeno meteorológico que causa un mayor número de accidentes de tráfico por dificultar de manera notable la visibilidad. Con el fin de poder informar a los usuarios y señalar el riesgo se instala un detector de niebla o visibilímetro.

Para la detección de otros fenómenos meteorológicos adversos, como lluvia, viento, nieve, e incluso la presencia de hielo en la calzada se instalan otros sensores. Cuando se instalan un conjunto elevado de sensores estos se agrupan en lo que se denomina Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC).

Se define como unidad de Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC) a la unidad electrónica basada en un microprocesador, al cual están conectados el conjunto de equipos, sondas, mástiles, correctores de datos y energía, instalaciones de alarmas y las realizaciones o actuaciones necesarias para el alojamiento, conexión y puesta a punto, en el lugar determinado en los accesos de los túneles, incluso obra civil.

El Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC) debe generar alarmas en presencia de fenómenos meteorológicos adversos o la previsión de que esto ocurra de manera inminente.

4.4.1. Diseinu irizpideak ingurumenaren kontrolean

EAAS ekipo eta sentsoreen multzo batekin dago osatuta, eta horien bidez neurketak egiten dira hainbat magnitudeen gainean. Hala, ez dago Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsore (EAAS) bakarra, hainbat baino, betiere multzoa osatzen duen sentsore-kopuruaren arabera. Hauexek dira Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreak izan ditzakeen sentsoreak edo zundak:

- Anemometroa: Haizearen abiaduraren osagai horizontala neurtzeko tresna.
- Haize-orratza: haizearen norabidea neurtzeko tresna da.
- Galtzadako sentsorea: Tresna pasiboa edota aktiboa zoladuran jartzeko; horren eginkizuna errodadura-azalera dauden parametroak etengabe neurtzea da. Hauexek dira sentsoreak ematen dituen datuak, datuok tratatu ondoren betiere:
 - Temperatura.
 - Galtzada lehorra, hezea, bustia edo gehigarriekin bustia edo hezea.
 - Izozte-puntua.
 - Ur-geruzaren altuera.
 - Elurra, antzigarra edo leia egotea.
 - Galtzada izozteko arriskua eta galtzadako nahasketa likidoa izozteko puntua.
- Bisibilimetroa: Behe-lainoa edo ikuspena murrizten duten bestelako agenteak neurtzen ditu.
- Higrometroa: Hezetasunaren sentsorea da eta hezetasun erlatiboaren baldintzak neurtzen ditu, asfaltoarenak kenduta —lehorra, hezea edo bustia—, eta marraskadura-koefizientearen aldaketa ematen du.
- Temperatura: beroaren intentsitatea neurtzeko unitatea da.
- Piranometroa: eguzkiak aldeko unitate bakoitzeko igortzen duen energia neurtzeko tresna dugu.

Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreak bereziki eguraldi txarra dagoen tuneletako sarreretan jarri behar dira, hain zuzen bideko erabiltzaileentzako arriskua dagoenean. Bereziki eguraldi txarra dagoen tuneletako sarreretan jarri behar diren Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreek modularrak eta eskalatzeko modukoak izan behar dute, eta aho horretako arrisku espeziфикoen arabera egokitzat hartzen diren sentsoreak soilik instalatuko dira.

Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsorea jarri behar da bereziki eguraldi txarra dagoen tuneletan, edo bi ahoen arteko desberdintasun meteorologiko nabariak izan ditzaketenetan. Nagusiki, haranen edota arroen berri ematen dutenean.

4.4.2. Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsorearen elementuak (EAAS)

Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreek UNE 135441 arauan («Errepideetako Aldagai Atmosferikoen Sentsoreak») ezarritakoa bete behar dute, non ekipoa eta ekipamendua azaltzen baitira, eskakizun fisikoak eta funtzionalak ezartzen baitira eta lotura-protokoloak eta aplikazioak definitzen baitira ekipo honen eta ERU edo TUEUen artean, UNE 135411 arauaren eta horren aldaketa berri handiagoen arabera.

5. ZIRKUITU ITXIKO BIDEO SISTEMA

Tunelaren egoera zaintzeko eta kontrolatzeko sistema da telebistako zirkuitu itxia. Sistema horri esker, tuneleko irudiak ikus ditzake operadoreak kontrolko zentrotik, honako helburu hauetarako:

- Tuneleko gorabeherak detektatzea edo beste bitarteko batzuen bidez detektaturiko gorabeherak baieztatzeko tresna izatea.

4.4.1. Criterios de diseño en el control ambiental

El SEVAC se compone de un conjunto de equipos y sensores, los cuales realizan medidas sobre diferentes magnitudes. De este modo no existe un único Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC) sino varios, dependiendo de los sensores que lo componga. Los sensores o sondas de los que puede disponer un Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC), son:

- Anemómetro: Instrumento que sirve para medir la componente horizontal de la velocidad del viento.
- Veleta: Instrumento que sirve para medir la dirección del viento.
- Sensor de Calzada: Dispositivo pasivo y/o activo para su instalación en el pavimento, cuya funcionalidad es medir continuamente los distintos parámetros presentes en la superficie de rodadura. Los datos que proporciona el sensor una vez tratados son:
 - Temperatura.
 - Calzada seca, húmeda, mojada, húmeda o mojada con aditivos.
 - Punto de congelación.
 - Altura de la película de agua.
 - Presencia de nieve, escarcha o hielo.
 - Riesgo de formación de hielo en calzada y punto de congelación de la mezcla líquida en calzada.
- Visibilímetro: Realizará la medida de presencia de niebla u otros agentes reductores de la visibilidad.
- Higrómetro: es un sensor de humedad y realiza la medición de las condiciones de humedad relativa, deduciéndose las del asfalto, ya sea seco, húmedo o mojado, suministrando la variación del coeficiente de rozamiento a la rodadura correspondiente.
- Temperatura: es la unidad de medida de la intensidad de calor.
- Piranómetro: Instrumento que sirve para medir la energía emitida por el sol por unidad de área.

Los Sensores de Variables Atmosféricas en Carreteras se deben instalar en los accesos de los túneles que presenten condiciones meteorológicas especialmente adversas, presentando riesgo para los usuarios de la vía. Los Sensores de Variables Atmosféricas en Carreteras que se deben instalar en los accesos a los túneles que presenten riesgos meteorológicos adversos tienen que ser modulares y escalables, se instalarán aquellos sensores que se consideren adecuados en función de los riesgos específicos de esta boca.

Se recomienda instalar un Sensor de Variables Atmosféricas en Carreteras en aquellos túneles que presenten condiciones meteorológicas especialmente adversas o que puedan presentar diferencias meteorológicas significativas entre ambas bocas. Principalmente cuando comuniquen valles y/o cuencas diferentes.

4.4.2. Elementos de los Sensores de Variables Atmosféricas en Carreteras (SEVAC)

Los Sensores de Variables Atmosféricas en Carretera deberán cumplir con lo establecido en la Norma UNE 135441 «Sensores de Variables Atmosféricas en Carreteras», donde se describe el equipo y su equipamiento, se establecen los requisitos físicos y funcionales y se definen los protocolos de enlace y aplicativos en la comunicación entre este equipo y la ERU o ERUT Normalizada según la Norma UNE 135411 y sus ampliaciones.

5. SISTEMA DE VÍDEO EN CIRCUITO CERRADO

El circuito cerrado de televisión es un sistema de vigilancia y control del estado del túnel. Con este sistema el operador del centro de control puede visualizar desde el centro de control imágenes del túnel, con los siguientes objetivos:

- Detectar incidentes en el túnel o servir de herramienta para la confirmación de incidentes detectados por otros medios.

- Gorabeherak jarraitzeko modua ematea gorabeherak konpondu arte, bereziki ebakuazioa egin behar den gorabehera orotan.
- Gorabehera izan deneko irudiak erregistratzea, ondoren ustia-pena hobetzeko erabiliko dena, bai prebentzioaren arloan, bai gorabeheraren kudeaketaren zentzagarrien arloan.

Ezinbestekoa da telebistako zirkuitu itxi baten sistema jartzea urrutitik kontrolatu eta jardun nahi den edozein tuneletan. Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan emandako definizioaren arabera I. eta II. motakoak diren tunel guztietan (200 metrotik gorako tunelak) izango da telebistako zirkuitu itxia.

Hona hemen telebistako zirkuitu itxiak dituen elementu nagusiak:

- Kamera: ikusizko informazioa bildu eta bideo-seinale bihurtzeko elementuak.
- Seinalea transmititzeko sistema: bideo-seinalearen transmisioan erabilitako igorleen, hartzaileen eta kableen multzoa, kameratik kontrolako zentrorako transmisioa zuzenean egiterik ez dagoenean.
- Irudiak hautatzeko, kontrolatzeko eta ikusteko sistema: tuneletik iristen diren bideo-seinaleak abiapuntutzat hartuta kontrolatuko dira alarmak eta monitoretara konmutatuko dira (bideo-zerbitzariak edo matrizeak), eta bertan bihurtzen da bideo-seinalea argizko irudi.
- Gorabeherak Automatikoki Detektatzea (GAD): irudien prozesatze digitalen sistema da gorabeherak denbora errealean detektatzeko.
- Grabazio ekipoa: irudiak aldi batez edo modu iraunkorrez biltzea.
- Finkatzeko, konektatzeko eta elikatze elementu osagarriak.

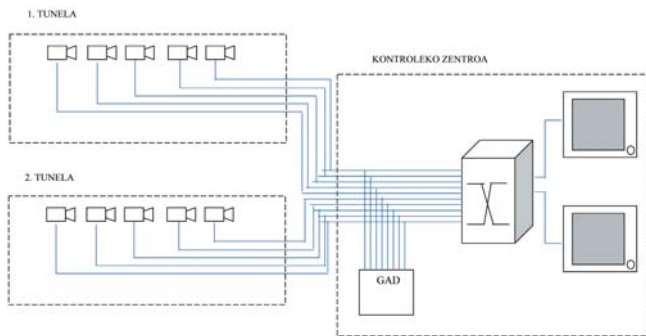
5.1. Telebistako zirkuituko itxiko arkitekturak

Telebistako zirkuitu itxirako hainbat arkitektura posible dago, irudiak kontrolako zentrorako transmititzeko moduaren arabera.

Hiru arkitekturetan bideo-banatzailak erabiltzen dira GAD ekipoa telebistako kamerako irudiez hornitzeko, betiere irudien seinalean kalitaterik edo potentziarik galdu barik.

Jarraian, arkitektura bakoitzari buruzko deskribapen laburra egingo da, eta noiz komeni den arkitektura abiaraztea azalduko da.

1. eskema.—Seinaleak zuzenean kontrolako zentroraino transmititzea



Tunela kontrolako zentrotik oso hurbil dagoenean aplikatu beharrekoa (2 km-ko distantziaren barruan izan ohi da): seinalea zuzenean transmititzen da kameretatik kontrolako zentrorako. Kontrolako zentroan (bideo-matrizea, bideo-zerbitzaria edo antzeko elementua) bideoaren kudeatzailea izango da jasotako irudien eta ikusteko elementu ezberdinen arteko konmutazioa egiteko arduraduna.

- Permitir el seguimiento de la evolución de los incidentes hasta su resolución, particularmente aquellos incidentes que requieran evacuación.
- Registrar las imágenes donde se desarrolle el incidente que posteriormente se utilizará para la mejora de la explotación tanto en aspectos preventivos como correctivos de la gestión de incidentes.

Es imprescindible la instalación de un sistema de circuito cerrado de televisión en cualquier túnel que se pretenda controlar y actuar de forma remota. Cualquier túnel que según la definición del Decreto Foral de Seguridad en Túneles sea de Tipo I y II (túneles cuya longitud supere los 200 metros) dispondrá de circuito cerrado de televisión.

Los principales elementos de los que consta un circuito cerrado de televisión son:

- Cámara: elementos encargados de recoger la información visual y transformarla en señal de vídeo.
- Sistema de transmisión de la señal: Conjunto de emisores, receptores y cableado empleados en la transmisión de la señal de vídeo desde la cámara hasta el centro de control cuando esta no se puede hacer directamente.
- Sistema de selección, control y visualización de las imágenes: a partir de las señales de vídeo que llegan desde el túnel se realiza el control de alarmas y conmutación (matrices o servidores de vídeo) a los monitores donde se reconvierte la señal de vídeo en imagen luminosa visible.
- Detección Automática de Incidentes (DAI): sistema de procesado digital de imágenes para la detección de incidencias en tiempo real.
- Equipos de grabación: almacenan las imágenes de forma temporal o permanente.
- Elementos auxiliares de fijación, conexionado y alimentación.

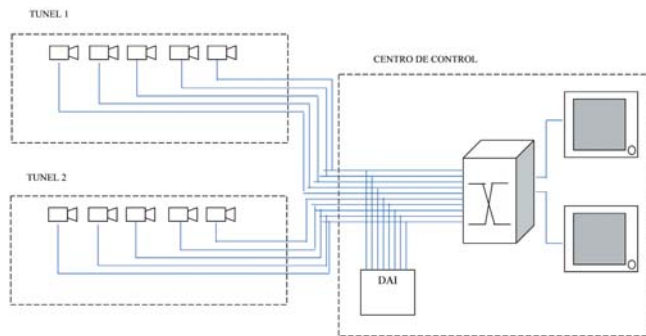
5.1. Arquitecturas de circuito cerrado de televisión

Existen distintas arquitecturas posibles para el Circuito Cerrado de Televisión, según la forma de realizar la transmisión de las imágenes al centro de Control.

En las tres arquitecturas se emplean distribuidores de vídeo para alimentar a los equipos DAI de imágenes de cámaras de televisión, no perdiendo calidad ni potencia en la señal de las imágenes.

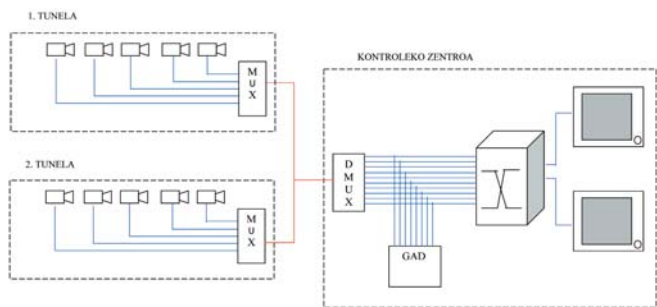
A continuación se realiza una breve descripción de cada arquitectura, indicando cuando se recomienda su implementación

Esquema 1.—Transmisión de la señal directamente hasta el centro de control



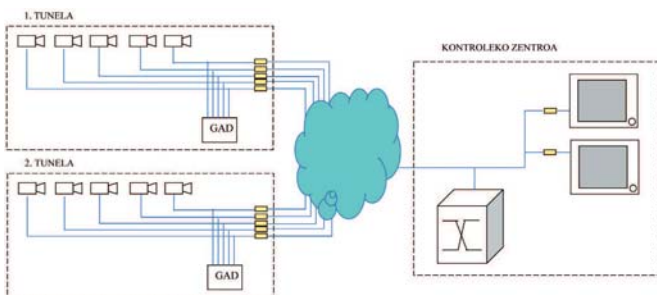
Aplicable si el túnel está muy próximo al Centro de Control (típicamente inferior a 2 km), la señal se transmite directamente desde las cámaras al centro de control. En el Centro de Control el gestor de vídeo (matriz de vídeo, servidor de vídeo o elemento análogo) es el encargado de realizar la conmutación entre las imágenes recibidas y los diferentes elementos de visualización disponibles.

2. eskema.—Hainbat seinale biltzea transmisioa baino lehen



Tuneletik Kontroleko zentroraino dagoen distantzia handia denean edo kamera-kopurua handia denean, hauxe gomendatzen da: transmisioa kontroleko zentroraino egin baino lehen, irudiak multiplexatzea baliabideak hobetzeko. Irudi multiplexatuak bideo-komunikazioen sare nagusi baten bidez transmititzen dira, eta datuak komunikatzeko sare nagusiarekin bat etor daiteke. Garrantzitsua da bideo-komunikazioen sare nagusian erredundantzia izatea, akats batek irudi-talde handi baten ikuspena gal ez dezan. Erredundantzia lortzeko, sare nagusian bide alternatiboak izatea gomendatzen da.

3. eskema.—Seinaleak tokiko zerbitzarietan biltzea



Bideo-seinaleen komunikazio-sarea zabala denean eta lurraldean sakabanatuta dagoenean, interesgarria da arkitektura hau, zeren eta tokiko zerbitzari hauek kontroleko zentrotik eskatzen zaizkien seinaleak transmititzen baitituzte soilik, betiere bideo komunikazioen sare nagusiko baliabideak hobetuta.

Baldin eta kontroleko zentroraino irudi guztiak aldi berean ez iristen aurreikusita bada, GAD sistemako eta etengabeko grabazio sistema zenbait ekipu tunelean bertan egokituriko lokaletan jartzeko aukera hautatuko da.

5.2. Kamerak

Ikusizko informazioa bildu eta bideo-seinale bihurtzen duten ekipoa dira kamerak. Hainbat kamera-mota daude, horiek erabiltzeko helburuaren eta ezaugarrien arabera.

Kamera finkoak jarri beharko dira tunel barruan; tunelen kanpoko ahoetan daudenak, berriz, mugikorrek izango dira.

5.2.1. Kamerako elementuak

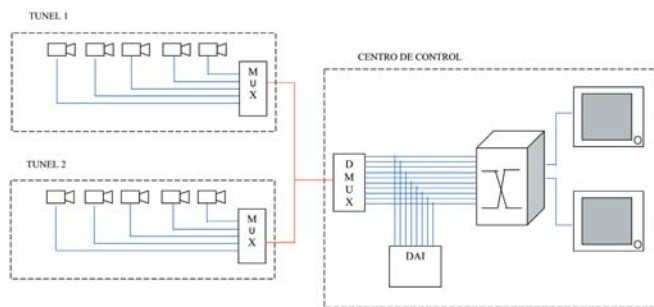
CCD SENTSOREA (KARPA AKOPLATUKO DISPOSITIBOA)

Argia atzeman eta seinale elektronikoa bihurtzen duen elementua da. Pixelen ilara horizontalekin eta bertikalekin dago osatuta. Pixel guztien informazioa eskaneatu ondoren, bideo-irudia izango da emaitza.

LENTEAK

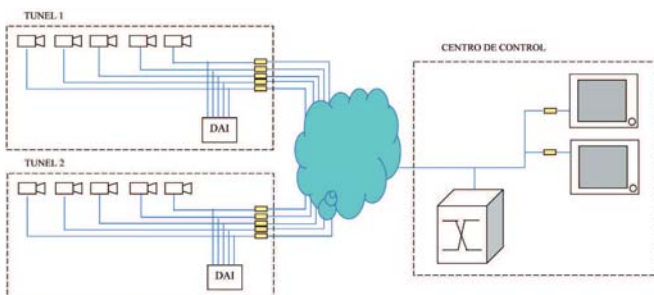
Kameraren prestazioak hobetzen dituen sistema optikoa dira. Diafragmaren irekiera aldatuta, CCDren eremura iristen den argi-

Esquema 2.—Concentración de varias señales antes de la transmisión



Cuando la distancia del túnel al Centro de control es alta o el número de cámaras es elevado se aconseja que antes de la transmisión al Centro de Control se multiplexen las imágenes para optimizar los recursos. Las imágenes multiplexadas se transmiten por una red troncal de comunicaciones de vídeo que puede coincidir con la red troncal de comunicaciones de datos. Es importante tener redundancia en la red troncal de comunicaciones de vídeo para evitar que un fallo genere la pérdida de la visión de un grupo amplio imágenes. Para conseguir la redundancia se recomienda la existencia de caminos alternativos en la red troncal.

Esquema 3.—Concentración de señales en servidores locales



Cuando la red de comunicaciones de señales de vídeo es amplia y geográficamente dispersa interesa esta arquitectura ya que estos servidores locales solo transmiten las señales que se le solicitan desde el centro de control optimizando los recursos de la red troncal de comunicaciones de vídeo.

Cuando se haya previsto que al Centro de Control no le lleguen todas las imágenes simultáneamente, se debe optar por instalar parte de los equipos del DAI y del sistema de grabación continua en locales habilitados en el propio túnel.

5.2. Cámaras

Las cámaras son los equipos que recogen la información visual y la convierten en señales de vídeo. Hay diversos tipos de cámaras según sus características y finalidad para los que se utilizan.

Las cámaras a instalar en el interior de los túneles son fijas, mientras que las ubicadas en las bocas en el exterior de los túneles son móviles.

5.2.1. Elementos de la cámara

SENSOR CCD (DISPOSITIVO DE CARGA ACOPLADA)

Elemento que captura la luz y la convierte en una señal electrónica. Se compone de filas horizontales y verticales de píxeles. Una vez escaneada la información de todos los píxeles se obtiene como resultado una imagen de vídeo.

LENTEAS

Sistema óptico que mejora las prestaciones de la cámara. Cambiando la apertura del diafragma se ajusta la cantidad de luz que

kantitatea doitzen da, eta argitasun-baldintza ezberdinetara egokitzeke modua du kamerak.

Zooma duten kameretan, lentearen eta CCDren (fokuaren distantzia) arteko distantzia alda daiteke; hortaz, kameraren ikuspen-eremua aldatu egin daiteke.

KARKASA

Tuneletako kamerak airearekin kontaktuan jartzen direnez gero, gutxienez IP66 babes-maila duen karkasa babesle bat jarri behar da. Kamerek eta lenteek karkasaren barruan joan behar dute, babes egokia bermatzeko. Karkasa horiek berogailua eduki behar dute, lenteetan kondentsaziorik ager ez dadin. Kanpoko aldean jartzen badira karkasak, parasola eduki behar da argi biziak kameran eraginik izan ez dezan; izan ere, argi horrek irudiaren kontrastea murriztu luke eta itsualdiak eragingo lituzke.

EUSKARRI MOTORDUNA

Euskarri motorduna elementu osagarria da, eta bertan jartzen da kamera. Horri esker, mugimendu horizontalak eta bertikalak egiteko modua du kamerak. Urrutitik kontrolatuko da euskarria, eta kontrolerako zentrotik egingo da kontrola. Aurre-kokapeneko sistema bat eduki behar du, kamera aurrez finkaturiko posizioetan jartzea ahalbidetuko duena, hala adierazten zaionean edo berez. Euskarri motordunaren abiadurak segundoko 6^o-koa izan behar du plano horizontallean eta segundoko 3^o-koa plano bertikalean.

Kameraren elementu hau nahitaezkoa da tuneleko sarrerako kanpoko kameretan.

5.2.2. Kamerak kokatzeko irizpideak

TUNELAREN BARRUKO ALDEA

Tunelaren %100eko ikuspen-estaldura lortzeko kamerak jarri behar dira, angelu hilik edo puntu itsurik gabekoak; horretarako, kameraren arteko tartea, gehienez, 100 metrokoa izango da. Distantzia handiagoa badago, GADen funtzionamendua modu nabarmenean okertzeko arriskua dago. Distantzia tunelean instalatuko den GAD sistemaren hornitzaileak balioetsitako alde zurretiko azterlan batek ezarriko du.

Kokapenaren diseinuan, ondorengo puntuek kameraren bidezko ikuspen ona dutela bermatu beharko da:

- SOS zutoinak.
- Ebakuazio irteerak.
- Abiadura moteleko erreiko bide-bazterra.
- Antxuroiak (horrelakorik badago).
- Barneko seinaleztapen aldakorra (horrelakorik badago).
- Tuneleko sarrerak.
- Lokal teknikoak eta kontrolerako zentroa.
- Ebakuazio galeriak (horrelakorik badago).

Oro har, norabide bakarrek tunelen tarte zuzenetan, kamerak tunelaren klabean instalatzen dira GAD sistemen jardura hobetzeko. Tunelak kurbatura handiko tartea badu, behar bada interesgarria izan daiteke kamerak kurbaren kanpoko aldean kokatzea, ezkerreko zein eskuineko horma pikoak. Hala denean, jarritako kameraren ikuspenari buruzko azterlan osoa egin beharko da.

Tunelaren barruko kameraren garaiera 4,5 metro eta 6 metro bitartekoa izan daiteke, eta tunelaren galiboak ahalbidetzen duen garaierarik altuenean kokatuko dira, betiere tuneleko argiteriako luminarien azpitik eta luminarietako kamerak itsualdirik eragiten ez dutela bermatuz. Tunelaren barruko aldean distantzia fokal finkoko kamerak jartzea gomendatzen da. Prestazio handiak izan behar dituzte kamera horiek (bereizmena, sentsibilitatea...), zeren eta ikuspen-eremu zabala baitute eta GADekin konektaturik baitaude.

Kamerak kokatzerakoan eta jartzerakoan, ahal dela ez dira egongo tuneletako sarreretan eta irteeretan gertatzen diren itsualdiak, toki horietan gertatzen den argitasun-aldaketa dela eta.

Ebakuazio galerietan, lokal teknikoetan eta kontrolerako zentroan kamerak egon beharko dira pertsonak daudela detektatzeko eta ikuske. Tunelaren barrukoak baino doitasun txikiagoak izan daitezke.

alcanza la superficie del CCD y permite a la cámara adaptarse a distintas condiciones de luminosidad.

En aquellas cámaras que disponen de zoom se puede variar distancia entre la lente y el CCD (distancia focal) con lo que se puede cambiar el campo de visión de la cámara.

CARCASA

Las cámaras en túneles se instalan en intemperie por lo que deben ser protegidas adecuadamente con una carcasa protectora de índice de protección mínimo IP66. Tanto las cámaras como las lentes deben ir dentro de la carcasa, para asegurar una protección adecuada. Estas carcasas deben disponer de calefactor para evitar la condensación en las lentes. Si se instalan en exterior debe disponer de parasol para evitar que incida luz intensa en la cámara que reduciría el contraste de la imagen y podría provocar deslumbramientos.

POSICIONADOR MOTORIZADO

EL posicionador motorizado es un elemento auxiliar sobre el que se instala la cámara y permite que ésta realice movimientos tanto en sentido horizontal como vertical. Este control del posicionador será remoto y se controlará desde el centro de control. Debe disponer de un sistema de preposicionamiento que permita situar la cámara en posiciones prefijadas cuando se le indique o por defecto. La velocidad del posicionador motorizado debe alcanzar los 6°/s en el plano horizontal y 3°/s en el plano vertical.

Este elemento de la cámara es obligatorio en las cámaras exteriores de acceso al túnel.

5.2.2. Criterios para la ubicación de las cámaras

INTERIOR DEL TÚNEL

Se deben instalar cámaras para conseguir una cobertura visual del 100% del túnel sin ángulos muertos ni puntos ciegos, para ello la separación entre cámaras no debe exceder los 100 metros. Con una interdistancia superior, se corren riesgos de empeorar sustancialmente el funcionamiento del DAI. La distancia deberá ser fija para un estudio previo validado por el suministrador del sistema DAI a instalar en el túnel.

En el diseño de ubicación se debe asegurar que los siguientes puntos singulares tengan una buena visibilidad por cámaras:

- Postes SOS.
- Salidas de evacuación.
- Arcén del carril lento.
- Anchurones (si dispone).
- Señalización variable interior (si dispone).
- Accesos al túnel.
- Locales técnicos y Centro de Control.
- Galerías de evacuación (si dispone).

Como norma general en los tramos rectos de túneles unidireccionales las cámaras se instalan en la clave del túnel para mejorar la operación de los sistemas DAI. Cuando un túnel tuviese un tramo con una curvatura pronunciada puede interesar ubicar las cámaras en el lado exterior de la curva, ya sea el hastial izquierdo o el derecho, en este caso de deberá realizar un estudio completo de la visibilidad de las cámaras instaladas.

La altura de las cámaras en el interior del túnel puede variar entre los 4,5 metros y los 6 metros, ubicándose a la mayor altura que permita el gálibo del túnel, siempre por debajo de las luminarias de alumbrado del túnel y asegurándose que éstas no produzcan deslumbramientos en la cámara. Se recomienda que se instalen cámaras de distancia focal fija para el interior del túnel. Estas cámaras deben tener altas prestaciones (resolución, sensibilidad...) ya que tienen un campo de visión amplio y están conectados al DAI.

A la hora de ubicar e instalar las cámaras se debe evitar el riesgo de deslumbramiento que se producen en los accesos y salidas de los túneles, debido al cambio de luminosidad que se origina en estos puntos.

Las galerías de evacuación, locales técnicos y el centro de control deben disponer de cámaras para la detección de presencia y visualización de personas. Estas cámaras pueden ser de una pre-

Mugimendua detektatzeko algoritmoak izan behar dituzte, edo bestela, kamera bakoitzari lotutako presentzia-detektatzaileak.

TUNELEKO SARRERAK

Euskarria eta zooma edo kokapen kontroladun domoa eta zooma dituzten kamera motordunekin zaindu behar dira tuneletako sarrerak. Ikuspena hobetzeko, gutxienez 15 metroko altuera eta 8 metro-arte hormigoia duen mastaren gainean jartzea gomendatzen da.

5.2.3. Ezaugarri nagusiak

KOLOREA

Zaintzapeko gunearen kolorezko irudiak ematen dituzten kamerak jarri behar dira.

EBAZPENA

Sentsoreak xehetasunak emateko duen ahalmena da. Bereizmena neurtzeko modurik ohikoena bereizmen-lerroak erabiltzea da; lerro zuri eta beltz bertikalen kopuru gisa definitzen da (bereizmen horizontala), irudiaren gutzitako zabalaren 3/4en barruan bereizteko gai direnak, hain zuzen.

Kameretan teknologia digitala sartu denez gero, bereizmena neurtzeko modu berria erabiltzen ari da: irudiaren pixel eraginkorren kopurua. Ezaugarri batetik bestera iragaitzeko, pixel horizontal eraginkorren kopurua zati 1.33 (4/3) egin behar da, ondoko formularen adierazten den moduan:

$$\text{Bereizmen lerroak} = 3/4 \text{ pixel horizontal eraginkorrak}$$

Kolorezko lerroetan ere izan daiteke bereizmena, irudiaren gutzitako zabalaren 3/4en barruan bereizteko gauza dena.

Tunelen barruko aldeetan eta sarreretan kokaturiko zaintza-kameren bereizmenak 480 lerrotik gorakoa izan behar du koloretan (bereizmen altua).

Tunel-zuloen arteko komunikazio galerietan, lokal teknikoetan eta kontrolerako zentroan kokaturiko zaintzako eta presentzia detektatzeko kameren bereizmenak 330 lerro baino gehiago izan behar ditu koloretan.

Sentikortasuna

Kamerak irudia ekoizteko behar den gutxienezko argi-kantitatea da. Zaintzako sistema ezberdinak konparatzean, luxak bideo-ko irteera-maila berekoak direla egiaztatu behar da (tunelaren barruko aldearen edo irteeraren %100), baita neurketan erabili den lentea ere (azken balioa aldarazten duen lentearen f-stop ezagutzea). Tunelaren barruko aldean eta sarreretan jarritako kamerak sentikortasun handikoak izan behar dute, lux 1ekoak baino txikiagoak eta lenteak F/1.2-koa eta irteeraren %100ekoak izan behar du.

Aurreko eskakizunaz gain, prestazioak hobetzeko sistemaren bat izan behar du kamerak ikuspen txikiko egoerarako; gutxienez 0,7 luxekoa izan behar du. Hainbat teknika dago: kolorezko irudia zuri-beltzean bihurtzea argitasun txikia dagoenean. Sentikortasun elektronikoa da, non CCD agerian egoteko denbora igotzen baita eta ondoren integrazioetan hasierako prestazioak hobetzea lortzen baita; irabaziaren kontrol automatikoa: seinalea aplikatzen du argitasun txikiarekin irudi onargarria lortu arte.

IKUSPEN-ANGELUA

Lentearen tamainaren ezaugarrien eta lentearen eta CCDaren arteko distantziaren (distantzia fokala) araberakoa izango da. Zenbat eta distantzia fokal txikiagoa izan, orduan eta ikuspen-angelu txikiagoa izango da.

LANDAKO SAKONERA

Distantzien marjina adierazten du, non kamerak fokaturiko elementuak atzematen dituen. 4 metrotik beherakoa izan behar du gutxienezko distantziak.

cisión más baja que las de interior de túnel. Deben disponer de algoritmos de detección de movimiento o en su defecto detectores de presencia asociados a cada cámara.

ACCESOS AL TÚNEL

Los accesos del túnel deben estar vigilados por cámaras motorizadas con posicionador y zoom o domo con control de posición y zoom. Para mejorar la visibilidad se recomienda su instalación sobre mástil de 15 metros de altura y hormigonado hasta los 8 metros.

5.2.3. Principales características

COLOR

Se deben instalar cámaras que proporcionen imágenes en color del área de vigilancia.

RESOLUCIÓN

Capacidad que tiene el sensor para reproducir detalles. La manera más generalizada de medir la resolución es por las líneas de resolución que se define como número de líneas verticales (resolución horizontal) blancas y negras que es capaz de distinguir dentro de las 3/4 de la anchura total de la imagen.

Desde la introducción de la tecnología digital en las cámaras se está empleando una nueva forma de medir la resolución, el número de píxeles efectivos de la imagen. Para traducir de una característica a otra hay que dividir por 1.33 (4/3) el número de píxeles efectivos horizontales, según se indica en la fórmula siguiente:

$$\text{Líneas de resolución} = 3/4 * \text{píxeles efectivos horizontales}$$

La resolución también se puede dar en las líneas de color que es capaz de distinguir dentro de las 3/4 de la anchura total de la imagen.

La resolución de las cámaras de vigilancia del tráfico ubicadas en el interior de túnel y en los accesos a éste debe ser superior a 480 líneas en color (alta resolución).

Las cámaras dedicadas a vigilancia y detección de presencia que se ubican en galerías de comunicación entre tubos, locales técnicos y centro de control deben superar las 330 líneas de resolución en color.

SENSIBILIDAD

Cantidad de luz mínima que se necesita para que una cámara produzca una imagen. Al comparar sistemas de vigilancia distintos se debe verificar que los luxes se refieren al mismo nivel de la salida de vídeo (100% de la salida o inferior), y cuál es la lente que se utilizó en la medida (conocer el f-stop de la lente que hace variar el valor final). Las cámaras instaladas en el interior del túnel y los accesos deben ser de alta sensibilidad, con valores inferiores a 1 lux con una lente de F/1.2 y 100% de la salida.

Además de la exigencia anterior, la cámara debe disponer de algún sistema que mejore sus prestaciones en caso de baja visibilidad, con las que llegar al menos a 0.7 lux. Existen diversas técnicas: conmutación de la imagen en color a blanco y negro en caso de baja luminosidad; sensibilidad electrónica donde se aumenta el tiempo de exposición del CCD y en sucesivas integraciones se consigue mejorar las prestaciones iniciales; control automático de ganancia que amplifica la señal hasta conseguir una imagen aceptable con baja luminosidad.

ÁNGULO DE VISIÓN

Depende de las características del tamaño de la lente y la separación entre ésta y el CCD (distancia focal). A mayor distancia focal menor ángulo de visión.

PROFUNDIDAD DE CAMPO

Indica el margen de distancias donde la cámara capta los elementos enfocados. La distancia mínima debe ser inferior a 4 metros.

LENTEAREN DIAFRAGMAREN KONTROLA

Lentetik sartzen den argi-kantitatea kontrolatzen duen sistema. Sistema automatikoa izan behar du (Auto Irisa), tentsio bidez edo bideo-anplifikadore konparatzailearen bidez.

ARGI KONTREN KONPENTSAZIOA (B.L.C.)

CCDaren kameraren berezitasunak dira; izan ere, elektronikoki egiten dute konpentsazioa atzealdeko argia oso altua denean. Hala, irudi hobea eta zehatzagoa lor daiteke; bestela, silueta iluna baino ez litzateke izango irudia Ezaugarri hori nahitaezkoa da tunelaren barruko aldeko kameretan, GADEk behar bezala funtziona dezaten.

SEINALEAREN ETA ZARATAREN ARTEKO ERLAZIOA (S/N)

Bideo-seinaleen zarata-mailen neurketa. Balio altuak hobeak dira; S/N erlazioak gutxienez 50 dB-koa izan behar du.

5.3. Seinalea transmititzeko sistema

Ahalik eta gutxien aldaraziko da ingurua edo protokoloa, CCTV-ren sistemaren bereizmena bereizmen txarrena duen bideo-sistemako zatiaren berdina izango da. Hori dela-eta aukeraturiko arkiteturaren arabera, transmisio-mota bat edo bestea hautatuko da.

Tunelen barruko aldeetan eta sarreretan erabilitako kamera-motaren arabera, bideo-seinalearen irteera analogikoa, digitala edo zuzenean IP bideoan izan daiteke. Kamera-motaren aukeraketa bideo sistemaren arkitekturaren arabera izango da. Hala, 1. eskemakoa bezalako arkitekturan transmisioa modu analogikoan egitea gomendatzen da. 2. eskemetan, komunikazio sare nagusian transmititu daiteke seinalea modu analogikoan edo digitalean. 3. eskemetan, berriz, sare nagusian modu analogikoan transmititu daiteke. Formatu digitala bada, irudia halako moldez konprimitu daiteke non banda-zabalera txikiagoa hartuko baita.

Maila fisikoari dagokionez, bideo-seinalea transmititzeko gehien erabiltzen diren transmisio moduak hauek dira: kable koaxiala, txirikorda itxurako bi kableak eta zuntz optikoa. Transmisio distantzia txikietara bidaltzeko (kilometro 1ekoa edo 2 km-koa baino txikiagoa), modu anitzetarako zuntza erabiltzea gomendatzen da. Komunikazio-enborrak egin eta seinaleak distantzia handiagoetara eramateko, modu bakarreko zuntz optikoa erabili beharko da.

Bideo-komunikazioen enborrean erredundantziak egotea gomendatzen da, zeren kanal horretako akats batek tunel osoko irudiak galaraziko bailituzke. Seinalerako bi ibilbide alternatibo emanda lor daitezke erredundantzia horiek. Garrantzitsua da erredundantzia maila fisikoan izatea eta kanal erredundanteak kanalizazio ezberdinetatik joatea, baita kanalizazio haustekak kanal nagusian eta kanal erredundantean akatsik ez eragitea ere. IP bideoa abiarazten bada, sare-mailan lortuko litzateke, eta gehitze-sistema gomendatzen da, karga-kulunkaz edota eraztun-itxurako sareko arkitekturaz.

5.3.1. Seinale-mota

ANALOGIKOA

Kamerak sortzen duen bideo-seinalea analogikoa da. 1. edo 2. eskemako transmisio arkitekturan, zuzenean transmititu daiteke seinale analogikoa. Lehenbiziko kasuan, puntuz puntu bidaltzen da seinalea analogikoa; bigarrenean, berriz, hainbat seinale modulatu dira kanal beretik transmititu ahal izateko.

Seinale analogikoak PAL sistema jarraitu behar du (Phase Alternation Line), Europako mendebaldeko lurraldeetan erabiltzen dena, besteak beste, Bizkaian. Estandar horrek 625 linea eta 50 eremu segundoko transmititzen ditu, elkarrekiko loturak dituen sistemarekin. Sistema hori irudiaren linea bakoitiek osaturiko lehen eremua transmititzean datza, eta ondoren linea bakoitiek osaturiko bigarren eremua transmititzen da. Hala, irudiak freskatu egiten dira, hain zuzen ere 25 irudi segundoko.

Kameratik irten eta irudiak ikusteko sisteman sartu arte seinale analogikoan gertaturiko galerek ez dituzte inoiz gaudituko 6 dBak, 5 MHz-ko frekuentzian.

CONTROL DEL DIAFRAGMA DE LALENTE

Sistema que controla la cantidad de luz que entra por la lente. Debe tener un sistema automático (Auto Iris) controlado por tensión o por amplificador comparador de vídeo.

COMPENSACIÓN DE CONTRALUCES (B.L.C.)

Características propia de las cámaras de CCD, las cuales electrónicamente realizan una compensación cuando la luz del fondo es muy elevada. Con ello se consigue presentar una imagen mejor y más detallada, que en otro caso sería simplemente una silueta oscura. Esta característica es obligatoria en todas las cámaras de interior de túnel para el correcto funcionamiento del DAI.

RELACIÓN SEÑAL / RUIDO (S/N)

Medida de los niveles de ruido en la señal de vídeo. Valores altos son mejores, la relación S/N no debe ser inferior a los 50 dB.

5.3. Sistema de transmisión de la señal

Se deben realizar las menores transformaciones de medio o protocolo ya que la resolución del sistema de CCTV será igual a la parte del sistema de vídeo con peor resolución. Ello hace que según sea la arquitectura escogida se realice un tipo de transmisión u otra.

En función del tipo de cámaras empleadas en el interior de los túneles y sus accesos, la salida de la señal de vídeo podrá ser analógica, digital o directamente en vídeo IP. La elección del tipo de cámara dependerá de la arquitectura del sistema de vídeo, así tenemos que en arquitecturas como el esquema 1 se recomienda que la transmisión se realice de forma analógica. En los esquemas 2 se puede transmitir la señal en el troncal de forma analógica o digital mientras que el 3 se digitalizará la imagen antes de su transmisión. Si el formato es digital permite comprimir la imagen de forma que ocupe menos ancho de banda.

Desde el punto de vista del nivel físico, los medios de transmisión más utilizados para la transmisión de la señal de vídeo son el cable coaxial, par trenzado y fibra óptica. Para realizar la transmisión a distancias pequeñas (inferior a 1 o 2 Km.) se recomienda emplear fibra multimodo. Para realizar los troncales de comunicación y llevar las señales a distancias mayores, se deberá usar fibra óptica monomodo.

Se recomienda que haya redundancias en el troncal de comunicaciones de vídeo ya que un fallo en ese canal produciría la pérdida de las imágenes de todo un túnel. Estas redundancias se pueden conseguir proporcionando dos rutas alternativas para la señal. Es importante que la redundancia sea a nivel físico y que los canales redundantes vayan por canalizaciones distintas y que una rotura en la canalización no produzca fallos en el canal principal y el redundante. En caso de implementación de vídeo IP la redundancia se conseguiría a nivel de red recomendándose sistemas de agregación con balanceo de cargas y/o arquitecturas de red en anillo.

5.3.1. Tipo de señal

ANALÓGICA

La señal de vídeo que genera la cámara es analógica. Para arquitecturas de transmisión como el esquema 1 o 2 se puede transmitir la señal analógica directamente. En el primer caso se envía la señal analógica punto a punto mientras en el segundo se modulan varias señales para transmitir las por el mismo canal.

La señal analógica debe seguir el sistema PAL (Phase Alternation Line) que es el usado en la mayoría de los territorios de Europa Occidental entre ellos Bizkaia. Este estándar transmite 625 líneas y 50 campos por segundo con un sistema de entrelazado que consiste en la transmisión de un primer campo compuesto por las líneas impares de la imagen y a continuación un segundo campo formado por las líneas pares. Con esto se consigue un refresco de imágenes de 25 imágenes por segundo.

Las pérdidas producidas en la señal analógica desde la salida de la cámara hasta la entrada en el sistema de visualización nunca deben superar los 6 dB a la frecuencia de 5 MHz.

DIGITALA

Bideo-seinaleak transmititzeko, baliteke irudiak digitalizatu behar izatea bidalketa egin baino lehen. Seinalea digitalizatzeak ez dakar kalitatea galtzerik; hala eta guztiz ere, bideo-komunikazioen enboreko sareko baliabideak optimizatzeko 2. eskema egiten bada, interesgarria da irudiak konprimitzea, kalitatea galduta ere. Banda-zabalerara hobetu nahi da, betiere transmisioa zentzuzko kalitate-indizeen bidez transmitituta.

Irudia ikusteko bereizmena gutxienez 352 X 288 pizelekoa izan behar da, 25 irudi segundoko. Baldin eta GADek erabiltzen dituzten irudiak digitalak badira, konprimituak zein ez, bideo-irudien gutxieneko bereizmena GAD sistemaren funtzionamendua egokia izateko modukoa izango da. Kasu honetan, GAD sistemaren hornitzaileen zurttagiria beharko da, sistema aukeraturiko soluzioarekin ondo dabilela egiaztatzeko.

Merkatuan hedapen handia duten digitalizazio edo ulermen protokoloak erabili beharko dira beti. Irudiak konprimitzeko H.264, MJPEG konprimitze-formatuak edo teknologiaren bilakaerari esker sortuz doazen beste prestazio hobe batzuk erabili behar dira.

5.4. Irudiak hautatzeko, kontrolatzeko eta ikusteko sistema

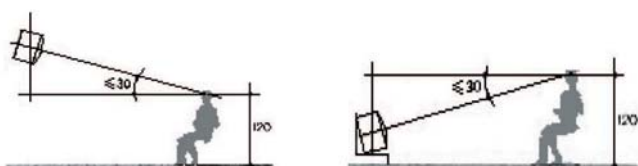
Kameretako seinaleak kontroleko zentzora iristen dira, eta bertan zainduko dituzte operadoreek irudiok. Kontroleko zentroan nahikoa ekipo eta toki izango da lana eraginkortasunez egiteko. Hauek dira kontroleko zentroan sistema bat eduki behar dutenak:

LANEKO ESTAZIOA

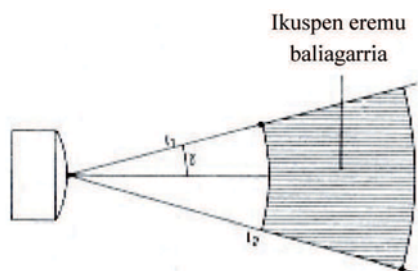
Kontrol-zentro bakoitzean gutxienez lan-estazio bat egongo da, eta, bertan, langileak zaindu- eta kontrol-lan guztiak burutuko ditu. Estazio bakoitzean tunelean ezarritako sistema guztiak kontsultatzeko aukera egon behar da, besteak beste, bideo-sistema. Hala ere, lan-estazioak bistaritze pantailak dituzten ekipoekin lan egiten dutenekin zerikusia duten segurtasunaren eta osasunaren gutxieneko xedapenei buruzko 488/1997 Errege Dekretuan jasotako inarreko arauketa bete behar du.

MONITOREA

Irudiak ikusteko funtsezko elementua da. 21 hazbeteko monitorea gomendatzen dira. Monitorean kokapenak egokia izan behar du, lan-estazioetatik ikuspen ona izateko moduan.



Monitorean oinplanoarekiko kokapenak normalak eta ikuspen-linea horizontalak definituriko angelua, gehienez, 30º-koa izango da.



Behaketa-gainazal baliagarria da laneko estazioak koka daitezkeen eremua. Distantziak (L) eta monitorea lan-estazioetatik bana ditzakeen angeluak emango dute gainazal hori, eta monitorean diagonalaren luzeraren arabera aldatuko da, taula honetan adierazten den bezala:

DIGITAL

Para la transmisión de señales de vídeo puede ser necesario digitalizar la imagen previamente al envío. Digitalizar la señal no implica pérdida de calidad, aunque si se realiza el esquema 2 para una optimización de los recursos de la red troncal de comunicaciones de vídeo es interesante comprimir las imágenes aunque suponga pérdidas de calidad. Se busca la optimización del ancho de banda transmitiendo con unos índices de calidad razonables.

En ningún caso la resolución de la imagen para la visualización será inferior a 352X288 píxeles y 25 imágenes por segundo. En el caso que las imágenes que emplee el DAI sean digitales, ya sean comprimidas o no, la resolución mínima de las imágenes de vídeo debe ser la que al menos permita el correcto funcionamiento del sistema DAI. En este caso, será necesario un certificado del suministrador del sistema DAI en el que certifique el correcto funcionamiento de su sistema con la solución adoptada.

Se deben usar siempre protocolos de digitalización y/o compresión de amplia difusión en el mercado. Para comprimir las imágenes se debe emplear los formatos de compresión de imágenes H.264, MJPEG u otros de mejores prestaciones que la evolución de la tecnología vaya generando.

5.4. Sistema de selección, control y visualización de las imágenes

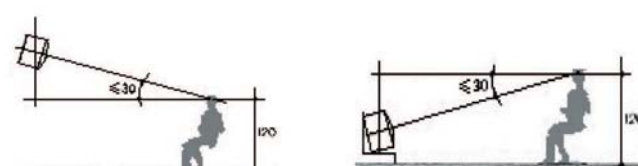
Las señales procedentes de las cámaras llegan al Centro de Control donde deben ser vigiladas por los operadores. El Centro de Control debe disponer de equipos y espacio suficiente para realizar el trabajo de forma eficiente. Los equipos que debe tener un sistema en centro de control son:

ESTACIÓN DE TRABAJO

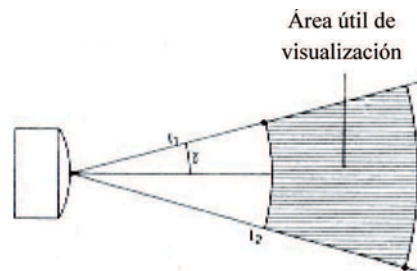
En cada centro de control habrá al menos una estación de trabajo donde el operador realice todas las labores de vigilancia y control. Desde cada estación se debe tener una disponibilidad total de todos los sistemas instalados en el túnel entre ellos el de vídeo. La estación de trabajo debe cumplir con la normativa vigente al respecto, Real Decreto 488/1997 disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.

MONITOR

Elemento básico de visualización de imágenes. Se recomienda monitores de 21 pulgadas. La ubicación de los monitores debe ser adecuada para que se tenga una buena visualización desde las estaciones de trabajo.



El ángulo definido por la normal al plano del monitor y la línea horizontal de la línea de visión será de 30º como máximo.



El área útil de observación, es aquella donde se puede ubicar las estaciones de trabajo, vendrán definidas por la distancia (L) y ángulo que puede separar los monitores de las estaciones de trabajo y variara según la longitud de la diagonal del monitor, según la tabla siguiente:

Tamaina diagonal (hazbeteak)	Gutxieneko luz. (cm)	Gehiengo luz. (cm)	Angelua (°)
15	120	330	40
19	140	420	40
21	170	470	40

Ahal dela, ez da monitorerik jarriko atzean jarritako argi-fokuek eragindako argi kontrakoak aurreikusten diren tokietan, ezta pantailaren aurreko argi-fokuek pantailan erreflexioak eragin ditzaketen ere.

Erretroproiektotreak

Kontrolako zentroak nahikoa handiak direnean, tamaina handiko sistema bat jarri behar da irudiak ikusteko, non hainbat lagunek argi eta garbi ikusi ahal izango baitituzte bideo irudiak edo kontrolaren aplikazioa. Horretarako, erretroproiektoreak jarri ohi dira; izan ere, mosaiko gisa eratu daitekeenez, gero handitu egin daitezke beharrezkoa bada. Zentro txikien kasuan, pantaila zapal handiak jartzeko erabakia har daiteke. Halaber, planteatzeko moduko beste zenbait soluziotan, aurkezpena pantaila zapaleko monitore integratuen mosaiko baten bidez egingo da; horiek aukera eman gote dute hautaturiko seinalea pantaila bakartzat ikuskatzeko.

Kokapenari dagokionez, monitoreen antzeko irizpideak dauka erretroproiektoreen inguruan.

BIDEOAREN KUDEATZAILEA

Honako funtzio hauek emateko ekipoa:

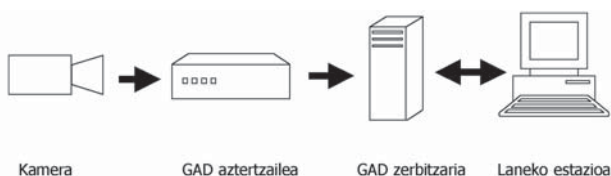
- Monitore eta erretroproiektore guztietako irudien eskuzko konmutazioa edozein lan-estaziotatik.
- Aurrez programaturiko sekuentziak ikustea monitore guztietan, edozein lan-estaziotatik konfiguratu daitezkeenak.
- Hainbat irudi (4 oro har) monitore berean aldi berean ikustea gomendatzen da. Tunel bereko irudi guztiak ikusi behar dira, sua dagoenean ebakuazioa behar bezala egiteko.
- Kontrolako zerbitzaritik badator alarma, hurbilen dauden kameretako irudia erakutsiko du bideo-kudeatzaileak aurretik finkatu den eta konfiguratu daitezkeen monitore batean.

Jarritako CCTV sistemaren teknologiaren eta arkitekturaren arabera, teknologia desberdina izango du bideo-kudeatzaileak. Irudiak formatu digitalean iristen badira, bideo-zerbitzaria (ordenagailua) izango da kudeatzailea. Seinale analogikoak badira, berriz, bideo-matrizea izango da, sarrerak eta irteerak alarma-kudeatzaile batekin konmutatzen dituena. Azken kasu horretan, funtzio horietako batzuk lortzeko, beharrezkoa izan daiteke bestelako ekipa-motak jartzea hala nola quadak; izan ere, irudiak konprimatu egiten dituzte, horietako 4 monitore beretik ikusi ahal izateko.

5.5. Gorabeherak Automatikoki Detektatzea (GAD)

Gorabeherak denbora errealean detektatzeko sistema da GAD, irudien prozesatze digitaleko edo ikuste artifizialeko teknika batean oinarritua.

I. motako tunelek GAD sistema bat izan beharko dute. Teletaxi sistema itxia duten gainerako tuneletan GAD sistema instalatzea gomendatzen da.



Tamaño diagonal (pulgadas)	L. mínima (cm)	L máxima (cm)	Ángulo (°)
15	120	330	40
19	140	420	40
21	170	470	40

Se evitará la colocación del monitor, en lugares donde se prevén contraluces provocados por focos luminosos colocados detrás, así como donde puedan producirse reflexiones en la pantalla por focos luminosos frente a la misma.

RETROPROYECTORES

Quando los centros de control tienen un tamaño importante se debe instalar sistema de visualización de grandes dimensiones, donde distintas personas pueden ver de forma clara las imágenes de vídeo o la aplicación de control. La solución habitual es la instalación de retroproyectores que al poder componerse en mosaico puede ampliarse posteriormente si hiciese falta. En el caso de centros pequeños puede optarse por la instalación de pantallas planas de grandes dimensiones. También se podrán plantear soluciones en las que la presentación se realice mediante un mosaico de monitores de pantalla plana, integrados, y que permitan visualizar como una única pantalla la señal elegida.

Los criterios de ubicación de los retroproyectores son similares a los de los monitores.

GESTOR DE VIDEO

Equipo encargado de proporcionar las siguientes funciones:

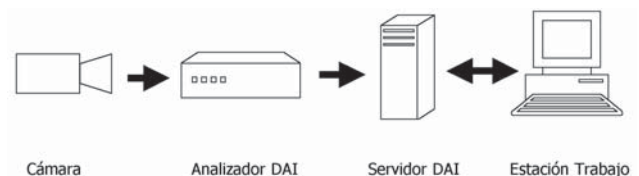
- Conmutación manual de las imágenes de todos los monitores y retroproyectores desde cualquier estación de trabajo.
- Visualización de secuencias preprogramadas en todos los monitores, configurables desde cualquier estación de trabajo.
- Se recomienda el visionado simultáneo de varias imágenes (típicamente 4) en el mismo monitor. Se debe poder ver todas las imágenes de un mismo túnel para verificar en caso de incendio que la evacuación se ha efectuado adecuadamente.
- En caso de alarma desde el servidor de control, el gestor de vídeo mostrará la imagen de la cámara más cercana en un monitor prefijado y configurable.

Según la tecnología y arquitectura del sistema de CCTV instalado, el gestor de vídeo tendrá una tecnología diferente. Si las imágenes llegan en formato digital el gestor será un servidor de vídeo (ordenador) mientras que si son señales analógicas será una matriz de vídeo que conmuta entradas y salidas con un gestor de alarmas. En este último caso, para conseguir algunas de estas funciones puede ser necesaria la instalación de otro tipo de equipo como los quad, que comprimen las imágenes para permitir que se vean 4 de ellas por el mismo monitor.

5.5. Detección Automática de Incidentes (DAI)

El DAI es un sistema de detección de incidentes en tiempo real basado en técnica de procesado digital de imágenes o visión artificial.

Los túneles de tipo I deberán disponer de un sistema DAI. Se recomienda que el resto de túneles que dispongan de sistema cerrado de televisión instalen un sistema DAI.



5.5.1. GAD sistemaren arkitektura

Irudiak digitalizatzeko eta tratatzeko ekipo batek (aztertzailea) eta sistemaren kontroleko zerbitzu nagusi batek osatzen dute GAD sistema.

1. eta 2. eskemetan, GAD aztertzaileak Kontroleko Zentroan instalatzen dira, eta konprimatu gabeko bideo-irudi analogikoekin eta digitalekin egingo dute lan. 3. eskeman, monitoreek erakutsi beharreko irudiak transmititzen dira; hori dela-eta GADen aztertzaileak eta etengabeko grabazio sistema tunelean kokatzen dira, irudi guztiak prozesa ditzaten, ez bakarrik kontroleko zentrorira iristen direnak. Kasu honetan, irudi analogikoekin edo transmisio sistemek digitalizaturiko irudiekin egin ahal izango dute lan GADen aztertzaileak.

5.5.2. GADen elementuak**AZTERTZAILEA**

Honako hauek ditu: prozesuko unitate zentrala, irudiak prozesatzeko softwarea, bideo-seinaleak digitalizatzeko sistema bat eta komunikazio-txartela. Ondoren azaltzen direnak dira aztertzaileak burutu beharreko atazak:

- Bideo-seinaleak, sinkronizatzea, digitalizatzea (beharrezkoa bada) eta eskuratzea. GADek jasotako bideo-seinaleak analogikoak direnean soilik digitalizatuko da irudia.
- Gorabeherak detektatzea eta bideo-kamera bakoitzaren trafikoko neurriak.
- Kameretako irudiak etengabe grabatzea. Gorabeheraren bat dagoenean, kameretako irudiak eskuratu ahal izango dira gorabehera gertatu baino 2 minutu lehenagotik hasita.
- Alarmak, trafikoko neurriak eta irudiak biltzea.

GADeko kontroleko zerbitzaria

Ordenagailu bat da zerbitzari nagusia, analizatzaileekin eta tune-la kudeatzeko sistemarekin konektatuta dagoena. Hauexek dira GADeko kontroleko zerbitzariaren eginkizun nagusiak:

- Aztertzaileekin komunikatzea eta GAD sistema osoa ikuskatzea.
- Alarmak zentralizatzea eta trafikoa eta bideo sekuentziak neurtzea.
- Gorabeheren bideoen sekuentzien datu-basean sartzeko sistema kudeatzea.
- Tunela kudeatzeko duen sistemarekin komunikatzea.
- GAD aztertzaileak konfiguratzea.

5.5.3. GAD sistemaren ezaugarriak**IKUSIRIKO GORABEHERAK**

Gutxienez honako gorabehera hauen gaineko abisua eman behar du sistemak:

- Ibilgailua geldirik, galtzadan, bide-bazterrean edo baztergunean.
- Trafiko motela: ukituriko ibilgailuen taldea noiz hasi eta noiz amaitzen den adierazi beharko da.
- Trafiko motela galtzadan edo bidebazterrean: parametroetan adieraz daiteke atalasea trafikoaren egoera normala denean.
- Oinezkoak izatea galtzadan, bide-bazterrean, bazterguneetan edo espaloietan.
- Oztopoa izatea galtzadan.
- Kontrako noranzkoan doan ibilgailua, galtzadan edo bidebazterrean.
- Ibilgailuen arteko distantzia konfiguratu daitekeen atalasea batekoa baino txikiagoa izatea.
- Parametroetan adieraz daitekeen atalasekoa baino abiadura handiagoa daraman ibilgailua.

5.5.1. Arquitectura del sistema DAI

El sistema DAI está compuesto por un equipo de digitalización y tratamiento de imágenes (analizador) y de un servidor central de control del sistema.

En el esquema 1 y 2 los analizadores DAI se instalan en el Centro de Control, y trabajarán con las imágenes de vídeo analógicas o digitales, sin comprimir. En el esquema 3, únicamente se transmiten las imágenes que van a ser mostradas por los monitores, por lo que los analizadores del DAI y el sistema de grabación continua se ubican en el túnel, para que procesen todas las imágenes y no solamente las que lleguen al Centro de Control. En este caso los analizadores DAI podrán trabajar con las imágenes analógicas o con las imágenes digitalizadas por los sistemas de transmisión.

5.5.2. Elementos del DAI**ANALIZADOR**

Consta de una unidad central de proceso, un software para el procesamiento de imágenes, un sistema para digitalizar señales de vídeo y una tarjeta de comunicaciones. Las tareas que realiza un analizador son las que se describen a continuación:

- Adquisición, digitalización, si es necesaria, y sincronización de las señales de vídeo. Únicamente se digitalizará la imagen cuando las señales de vídeo que reciba el DAI sean analógicas.
- Detección de incidentes y medidas de tráfico de cada imagen de vídeo.
- Grabación continua de las imágenes de las cámaras. En caso de incidente se podrá disponer de las imágenes de las cámaras desde 2 minutos antes de que se produzca el incidente.
- Almacenamiento de alarmas, medidas de tráfico e imágenes.

SERVIDOR CONTROL DAI

El servidor central es un ordenador, que se encuentra conectado a los distintos analizadores y al sistema de gestión del túnel. Las principales funciones del servidor de control DAI son:

- Comunicación con los analizadores y supervisión de todo el sistema DAI.
- Centralización de las alarmas, mediciones de tráfico y secuencias de vídeo.
- Gestión del acceso a la base de datos de secuencias de vídeo de incidente.
- Comunicación con el sistema de gestión del túnel.
- Configuración de los analizadores DAI.

5.5.3. Características del sistema DAI**INCIDENTES DETECTADOS**

El sistema debe avisar de al menos los siguientes incidentes:

- Vehículo parado, ya sea en la calzada, en el arcén o en apartaderos.
- Tráfico lento, indicando en comienzo y el final del grupo de vehículos afectados.
- Vehículo lento en calzada o arcén, con umbral parametrizable en condiciones de tráfico normal.
- Presencia de viandantes, ya sea en la calzada, en el arcén, en apartaderos o en las aceras.
- Presencia de obstáculo en la calzada.
- Vehículo en sentido contrario, en calzada o arcén.
- Distancia intervehicular menor que un umbral configurable.
- Vehículo que exceda una velocidad umbral parametrizable.

- Ibilgailu-pilaketak, ilarako azkeneko ibilgailuaren atalaseko luzera konfiguratu egin daitekeela, sistemak ilararen luzera eman behar du.
- Kea edo behe-lainoa.

Sistemak gorabeherak antzeman behar ditu, gorabehera berak eragindako alarma ugari eman ez ditzan.

ALARMA TEKNIKOAK

- Erreferentziako kokagunetik mugitu den kamera.
- Kameraren seinalea galtzea.
- Kalitate eskasa bideo-seinalean.
- Sistemako ekipotako baten hutsa.
- Komunikazio-sareko arazoa.

DETEKZIO-INDIZEA

Sistemak gorabeherak detektatzeko duen ahalmena erakusten duen ratioa da. Detektaturiko gorabehera-kopurua zati guztizko gorabehera-kopurua egin behar da indizea kalkulatzeko. GADek %95etik gorako detekzio-indizea izan behar du.

ALARMA FALTSUEN INDIZEA

Sistemak alarma faltsuak ez sortzeko duen sendotasuna erakusten duen ratioa. Alarma faltsuen kopurua zati sistemak sortutako guztizko alarma-kopurua egin behar da indizea kalkulatzeko. Alarma faltsuen indizeak %10ekoa izan behar du gehienez.

DETEKZIO-DENBORA

Sistemak gorabeherak detektatzeko duen arintasuna adierazten du. Detekzio-denborak 10 segundokoa baino laburragoa izan behar du.

ETENGABEKO GRABAZIOA

Gorabehera izan deneko kameretako irudiak gordeko ditu sistemak, gutxienez gorabehera hasi baino 2 minutu lehenagotik hasita gorabehera bukatutzat eman arte. GADek sortutako alarman zein kanpoko alarman abiarazi behar da sistema. Gainera, edozein kameratako edozein irudi gorde ahal izango da, gorabehera batekin lotuta ez badago ere.

5.6. Grabazio ekipiak

Telebistako zirkuitu itxia duen edozein tuneletan jarri behar dira irudiak grabatzeko sistemak, non gorabehera garrantzitsu guztiak erregistratuko baitira helburu hauetarako:

- Jarduketa-protokoloen ahalmena ondoren egiaztatzeko historikoak eta erabiltzaileen jarduketari buruzko azterlana.
- Erregistroa egitea erabiltzaileen eta ustiapeneko kideen jarduketak egiaztatzeko.
- Bideoak, erabiltzaileak eta ustiatzaileak etengabe trebatzeko.

Edozein kameratako irudia operadorearen erabakiaren arabera eskuz grabatzeko modua egon behar da, eta automatikoki egin ahal izango da tuneleko toki batean gertatzen bada alarma, kamera horrek estaldura ematen duen tokian, hain zuzen.

Gorabeheren aurreko uneen irudiak izateko, etengabeko grabazioa egin behar da, baina modu iraunkorrean gordeko da, soilik operadoreak hala eskatzen badu.

Hainbat teknologia daude, jasotako bideo-seinalea eta bildutako irudia analogikoa edo digitala izatearen arabera. Teknologiararen arabera, grabazio sistemak hainbat ekipa espezifikotakoak izan daitezke, bideo-sisteman dagoeneko jarrita dauden elementuen funtzioak (GADen bideratzaileak, kameretarako IP zerbitzariak, software aplikazioak bideo-kudeatzailean...). Nolanahi ere, grabazio sistemak irudiak aldi berean erreproduzitzeko eta grabatzeko modua eman behar du, betiere CCTV eta GAD sistemen funtzionaltasuna kaltetu barik.

Irudien euskarriek (DVD, HD, etab.) oso zabaldua egon behar dute merkatuan, eta formatu estandarrek edukiko dituzte, adibidez, AVI, MPEG, etab.

— Congestión de vehículos, siendo configurable la longitud umbral de la cola, el sistema deberá proporcionar la longitud de cola.

— Humo o niebla.

El sistema debe poder reconocer incidentes para no dar múltiples alarmas producidas por el mismo incidente.

ALARMAS TÉCNICAS

- Cámara movida de su posición de referencia.
- Pérdida de señal de una cámara.
- Calidad pobre en la señal de vídeo.
- Fallo en uno de los equipos del sistema.
- Problema en la red de comunicaciones.

ÍNDICE DE DETECCIÓN

Ratio que muestra la bondad del sistema para detectar incidentes. Se calcula dividiendo el número de incidentes detectados entre el total de incidentes. El DAI debe tener un índice de detección superior al 95%.

ÍNDICE DE FALSAS ALARMAS

Ratio que refleja la robustez del sistema para no generar falsas alarmas. Se calcula dividiendo el número de falsas alarmas entre las alarmas totales generadas por el sistema. El índice de falsas alarmas no debe superar el 10%.

TIEMPO DE DETECCIÓN

Indica la rapidez del sistema para detectar incidentes. El tiempo de detección debe ser inferior a 10 segundos.

GRABACIÓN CONTINUA

El sistema guardará las imágenes de las cámaras donde se produce el incidente, desde por lo menos 2 minutos antes de que este se inicie hasta que se dé por concluido el incidente, este sistema se debe activar tanto para una alarma generada por el DAI como por una alarma externa. Además se podrá salvar cualquier imagen de cualquier cámara aunque no este asociado a ningún incidente.

5.6. Equipos de grabación

Cualquier túnel que disponga de circuito cerrado de Televisión debe instalar sistemas de grabación de imágenes donde se registrarán todos los incidentes importantes para:

- Históricos para una posterior verificación de la bondad de los protocolos de actuación y estudio de la actuación de los usuarios.
- Registro en caso de verificación de actuaciones de los usuarios y miembros de la explotación.
- Utilización de los vídeos para la formación continua de los explotadores.

Se debe poder realizarse la grabación de la imagen de cualquier cámara de forma manual a criterio de los operadores y automáticamente cuando se produzca una alarma en el túnel en un punto que cubra esa cámara.

Para disponer de las imágenes de los momentos anteriores al inicio del incidente se debe realizar una grabación continua que solo se salvará de forma permanente cuando el operador así lo requiera.

Existen diversas tecnologías dependiendo de si la señal de vídeo recibida y la imagen almacenada sea analógica o digital. Según la tecnología los sistemas de grabación pueden ser uno o varios equipos específicos, funciones de elementos ya instalados en el sistema de vídeo (analizadores del DAI, servidores IP para cámaras, aplicaciones de software en el gestor de vídeo...). De cualquier forma el sistema de grabación debe permitir la grabación y reproducción de imágenes de forma simultánea sin que produzca ninguna merma en la funcionalidad del sistema CCTV y DAI.

Los medios en los que almacene las imágenes deben ser amplia difusión en el mercado, DVD, HD, etc. y con formatos estándar tipo AVI, MPEG, etc.

Komenigarria da ekipoak kamera guztien irudiak gutxienez 7 egunetan gordetzeko gaitasuna izatea. Sistemak tresna erraza eduki beharko du CCTVko edozein kameratako edozein sekuentzia kudeatzeko, hautatzeko, ateratzeko eta ezabatzeko. Gomendagarria da sistemak aldi berean kamera baten baino gehiagoren grabazioa ikustea ahalbidetzea eta seinalean kamera bakoitzaren grabazioaren eguna eta ordua adieraztea. Helburua gorabeherak edo simulazioak eremuko kamerak alderatuz analizatzea da.

6. KOMUNIKAZIO SISTEMAK

6.1. SOS zutoinak

6.1.1. Sarrera

SOS zutoinen sistema klasikoa da errepideetako larrialdietako komunikazioan; izan ere, gertaturiko gorabeherari buruzko informazio-fluxua errazten du eta erabiltzaileek laguntza eskatzea ahalbidetzen du. Bestalde, kontrolko zentroko operadorearekin komunikabide azkarrak eta fidagarria ematen du, erabiltzaileak deia egiteko botoia sakatu eta eskaera egin ondoren ezartzen den ahotskanal baten bidez.

Telefonia mugikorra gizartean erabat hedatuenez eta 112 zerbitzua sortuenez, SOS zutoinak ez dira hain ezinbestekoak, baina esperientziak frogatu duen moduan, oso baliabide erabilgarria izaten jarraitzen dute.

Tuneleko ikuspenaren baldintza txarrak eta espazio txikiak direla-eta, tunelaren barruan geldirik dauden ibilgailuak edota pertsonak arriskutsuak dira, aire zabaleko egoera berean baino askoz arriskutsuagoak. Gainera, tunelak itzal-gune naturalak dira telefonia mugikorrean erabiltzen diren irrati-seinaleetarako; izan ere, telefonia mugikorra kasu batean soilik egongo da erabilgarri, hain zuzen ere seinaleak erretransmititzeko ekipo espezifikoak dituzten tunelak direnean.

Ohiko gorabeheraz gain, SOS zutoinak egoera larrietan ere lagungarriak dira, ebakuazio batean esaterako. Hori dela eta, ebakuazio-galerietan (tunel-zulo paraleloen arteko komunikazioa edo kanporako zuzeneko irteerak) ere jarri behar dira laguntza eskatzeko zutoinak, behar izanez gero laguntza eskatu ahal izateko, adibidez, bere kabuz ebakutzeko modurik ez duten pertsonak izatea, atea blokeatzea, etab.

6.1.2. SOS zutoinen sistemaren arkitektura

SOS zutoinen sistemak, funtsean, honako elementu hauek ditu:

- SOS zutoinak: errepidearen ondoan kokaturiko komunikazio-elementuak.
- SOS zutoinen Komunikazio-sareak, bus linealeko topografiarekin, oro har, koardateen kableak edo zuntz optikoak eta komunikazioetarako front-end bat oinarritzat hartuta.
- SOS zutoinen zentrala: ordenagailu bat eta foniako elementuekin dago osatuta eta jasotako deiak kudeatzea ahalbidetzen du, zertarako-eta deiak behar bezala erregistratzeko eta lehentasunaren arabera erantzuteko lanpostu batetik edo hainbat lanpostutatik. Komenigarria da SOS zutoinen zentrala tuneletako instalazio guztien kontrolko aplikazioan integratzea.

Errepideetako SOS zutoinak, oro har, binaka jartzen dira errepidean, galtzada batean eta bestean. Hala izango ez balitz, galtzada bateko erabiltzaileek bidea gurutzatu behar izango lukete zutoinera iristeko; beraz, arriskutsua izan daiteke.

SOS zutoin-bikote bakoitzean zutoin nagusia eta bigarren mailako zutoina daude, eta komunikazio kable batekin lotuta daude elkarrekin. Sistemak funtzionatzeko beharrezkoa den elektronikak du zutoin nagusiak, eta bigarren mailako zutoinak dei egiteko pulsadorea, mikrofono bat, bozgorailu bat eta alarma-kontaktu bat edo batzuk besterik ez ditu.

Se recomienda que el equipo tenga capacidad para guardar las imágenes de todas las cámaras como mínimo durante 7 días. El sistema deberá disponer de una sencilla herramienta que permita la gestión, selección, extracción y borrado de cualquier secuencia de cualquier cámara del CCTV. Se recomienda que el sistema permita la visualización de la grabación de varias cámaras a la vez y que la señal contenga la fecha y hora de la grabación de cada cámara. El objetivo sería poder analizar incidentes o simulacros comparando diferentes cámaras de la zona del evento.

6. SISTEMAS DE COMUNICACIONES

6.1. Postes SOS

6.1.1. Introducción

Los postes SOS es un sistema clásico de comunicación de emergencia en las carreteras, que facilita el flujo de información sobre los incidentes ocurridos y permite a los usuarios solicitar ayuda. Proporcionan un medio de comunicación rápido y fiable con un operador del centro de control a través de un canal de voz que se establecerá tras la solicitud del usuario, al pulsar el botón de llamada.

La incorporación masiva a la sociedad de la telefonía móvil y la creación del servicio 112 ha hecho de los postes SOS una herramienta menos crítica, aunque la experiencia ha demostrado que sigue siendo un recurso de gran utilidad y uso.

Las desfavorables condiciones de visibilidad y las limitaciones de espacio en los túneles, hacen que la presencia de vehículos detenidos y/o personas en su interior suponga un riesgo considerablemente superior al que se genera por esta misma situación a cielo abierto. Además, los túneles son naturales zonas de sombra para las señales de radio utilizadas para la telefonía móvil, servicio que sólo estará disponible en los túneles que cuenten con equipos específicos para la retransmisión de las señales correspondientes.

Además de los incidentes más comunes, los postes SOS serán también de ayuda en circunstancias más extremas, como puede ser una evacuación. Por ello, en las galerías de evacuación (intercomunicación entre tubos paralelos o bien salidas directas al exterior) también deberán instalarse poses de auxilio que permitan solicitud de ayuda en caso de necesidad, como por ejemplo, por la presencia de personas que sean incapaces de evacuar por sí solas, el bloqueo de una puerta, etc...).

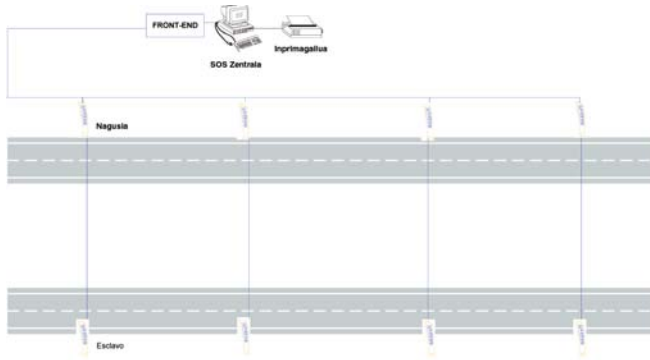
6.1.2. Arquitectura del sistema de postes SOS

El sistema de postes SOS consta principalmente de los siguientes elementos:

- Postes SOS: elementos de comunicación situados junto a la carretera:
- Red de comunicaciones de postes SOS, con una topografía en bus lineal, generalmente basada en cable de cuadretes o fibra óptica y un front-end de comunicaciones.
- Central de postes SOS: constituida por un ordenador y los correspondientes elementos de fonía que permite gestionar las llamadas recibidas para que estas sean convenientemente registradas y atendidas según su prioridad, desde uno o varios puestos de trabajo. Se recomienda la integración de la central de postes SOS en la aplicación de control de todas las instalaciones de los túneles.

En general, los postes SOS de carretera se suelen distribuir por parejas a lo largo de la misma, en una y otra calzada. Si no fuera así, los usuarios de una calzada se verían obligados a cruzar la vía para acceder al poste, asumiendo con ello un cierto riesgo.

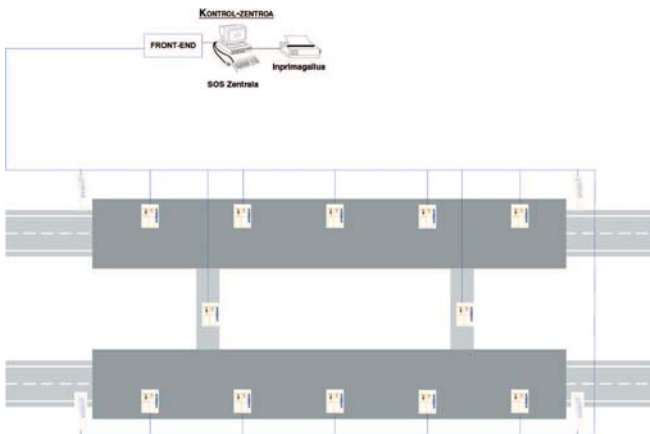
Cada pareja de postes SOS está formada por un poste maestro y un poste esclavo, conectados entre sí por medio de un cable de comunicaciones. El poste maestro es el que contiene la electrónica necesaria para el funcionamiento del sistema, y el poste esclavo sólo contiene un pulsador de llamada, un micrófono, un altavoz, y uno o varios contactos de alarmas.



Zutoin nagusia zentralarekin zuntz optikoko sarearen bidez konektatzen da IP sare batean.

Baldin eta erabiltzaileak zutoineko laguntza-botoia sakatzen badu, erabiltzailea aurkitzeko datuak identifikatzen diren kontrolerako zentrora igortzen da mezua. Aldi berean, fonía-mezu bat igortzen dio erabiltzaile horri, deia bideratu dela adierazteko. Horrenbestez, erantzuna emateko zain gelditu behar du.

Tunelen barruko galtzada bateko eta besteko zutoinak ezin dira zutoin nagusiari eta bigarren mailako zutoinari dagokien komunikazioaren arabera kokatu, zeren eta fisikoki ezinezkoa baita bi zutoinen arteko kable bat jartzea neurrizko prezio batean (tunel-zulo ezberdinetan daude). Horren ondorioz, zutoin guztiak nagusiak dira, ebakuazio galerietan jarritako zutoinak izan ezik; izan ere, nagusiak edo bigarren mailakoak izan daitezke. Bi komunikazio galeria dituzten bi tunel-zulo paralelo dituen tunel baterako SOS zutoinen sareko arkitekturaren eskema tipikoa agertzen da irudian; galerietako zutoinak zutoin nagusiak dira.



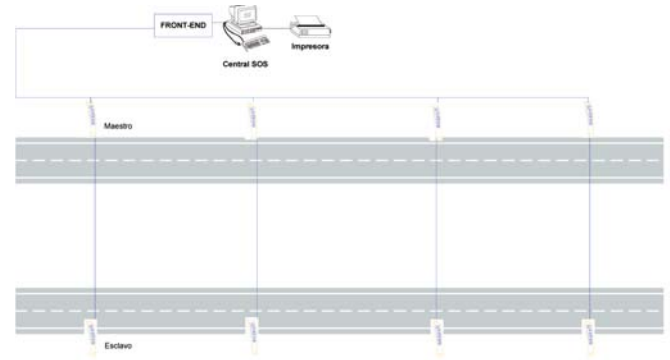
Kudeaketa Zentroarekiko komunikazioak zuntz optiko baten bidez egingo dira IP sare batean.

6.1.3. SOS zutoinak tuneletan jartzeko eskakizunak

Tuneletan jarri beharreko SOS zutoinen sistemak UNE 135702 arauan («Laguntza sistemak eta datuak SOS zutoinen bidez transmititzea. 2. partea: zutoinaren elementuak, funtzioak eta ezaugarri teknikoak») eta UNE 135701 arauan («Laguntza sistemak eta datuak SOS zutoinen bidez transmititzea. 1. partea: Eskakizun orokorrak») ezarritako eskakizunak bete behar ditu.

I. eta II. motako tunel guztiak (Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuaren definizioaren arabera) SOS zutoinak izan behar dituzte. Toki hauetan kokatuko dira zutoinak:

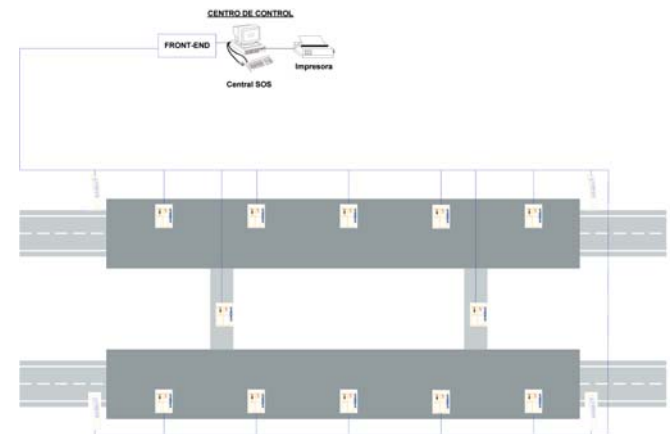
- Tunelaren barruan, tarte jakin batzuetan, eskuineko horma pikoan. Zutoinen arteko distantzia gehienez 150 metrokoa izango da, oinezkoak hurbilen dagoen SOS zutoinerainoko duen distantzia murrizteko.
- Ebakuazio-bideetan (zuloen edo kanpoko aldearekin komunikatzen duten beste korridore batzuen edo eskaileren arteko komunikazio-galeriak). Atondoa edo ebakuazio-bidea luzea bada edo bere trazadura kurbak baditu, eba-



El poste maestro se conecta con la central a través de la red de fibra óptica sobre una red IP.

Cuando un usuario pulsa el botón de auxilio de un poste, éste envía un mensaje al centro de control en el que se identifican los datos de localización. Al mismo tiempo emite un mensaje de fonía a dicho usuario indicándole que la llamada ha sido cursada, quedando a la espera de ser atendido.

En el interior de los túneles los postes de una y otra calzada no pueden disponerse en configuración maestro-esclavo por imposibilidad física de tender un cable entre ambos con un coste razonable (están en tubos distintos). En consecuencia, todos los postes son de tipo «maestro», excepto los postes instalados en las galerías de evacuación, los cuales pueden ser del tipo «maestro» o «esclavo». En la figura se representa un esquema típico de la arquitectura de red de postes SOS para un túnel de dos tubos paralelos con dos galerías de intercomunicación, donde los postes de las galerías son del tipo «maestro».



Las comunicaciones con el Centro de Gestión se realizarán mediante fibra óptica sobre una red IP.

6.1.3. Requerimientos de instalación de postes SOS en los túneles

El sistema de postes SOS a instalar en los túneles, deberá cumplir con los requisitos que establece las UNE 135702 «Sistemas de ayuda y transmisión de datos mediante postes SOS. Parte 2: elementos, funciones y características técnicas del poste» y la UNE 135701 «Sistemas de ayuda y transmisión de datos mediante postes SOS. Parte 1: Requisitos Generales».

Todos los túneles de Tipo I y II, (según la definición del Decreto Foral de Seguridad en Túneles) deben estar dotados de postes SOS. Estos se ubicarán:

- En el interior de los túneles, cada cierta distancia, en el hastial derecho. Con objeto de minimizar el recorrido de un viandante en el interior del túnel hasta al poste SOS más cercano, la distancia entre los mismos no debe superar los 150 metros.
- En las vías de evacuación (galerías de intercomunicación entre tubos u otros pasillos o escaleras que comuniquen con el exterior). En el caso de que exista vestíbulo o la vía de evacuación sea larga o tenga curvas en su trazado, debe-

kuazio ibilbide osoan SOS zutabe bat ikusgarri eta erabilgarri egongo da.

- Sarrerako eta irteerako ahoetan. Horrekin lortu nahi dena da kanpoan gertatzen den gorabehera baten ondorioz erabiltzailea tunelera SOS zutoin baten bila sartzea saihestea.
- Tunelak bazterguneak baldin baditu, SOS zutabearen kokapena bat etorriko da baztergunearen kokapenarekin.

6.1.3.1. SOS zutoinak

Honako elementu hauek osatzen dute SOS zutoina:

- *Zirkuitu elektronikoa*: IP65 ingurutzailer batekin babestu beharko dira.
- *Laguntza-pultsadore*: Erabat estankoa, eta laguntza behar denean sakatu behar dela adierazten duen seinalea duela.
- *Erabilera-jarraibideak*: SOS zutabe guztiak izan beharko dituzten erabilera-jarraibideak euskaraz, gaztelaniaz, ingelesez eta frantsesez egongo dira, gutxienez. Era berean, SOS zutabearen identifikazioa erabiltzaileek ikusteko moduan izan beharko dute; hartara, operadorearekin hitz egitean, okerrik gabe eta argi eta garbi identifikatu ahalko da deia egiteko erabiltzen ari den SOS zutabea.
- *Zerbitzu-deiaren detektagailua*: Sareko kapsula zigitatu bat izan behar du, zutoinaren barruan jarrita eta barrutik iman batekin abiaraziko dena.
- *Ate irekiko detektagailuak*: Kontaktukoak edo magnetikoak izan daitezke.
- *Bozgorailuak eta mikrofonoak*: Errendimendu akustiko altua lortzeko eta fonía testa ahalbidetzeko bereziki diseinaturiko multzoa osatuko dute. Paraleloki kokatutako bi bozgorailuen artean muntatuko da mikrofonoa.
- *Elikatze-moduluak*: 12 Vcc-ko bateria batekin elikatuko dira, 20 eguneko zutoina funtzionatzeko moduan kargatu barik. Zutoinaren elikatzearen bidez kargatuko da bateria; honako hauek izan ditzake elikatzeak:
 - 5 W-ko eguzki-panelaren bidezko elikatzea (kanpoko zutoinak).
 - 220 Vca-ko sarearen bidezko elikatzea (tuneleko zutoinak).
 - Karkasa:
 - Kanpoko SOS zutoinak beirazko zuntzarekin sendoturiko poliesterrekoak izango dira, IP-55 eta IK05 bete beharko dituzte eta SOS hitza eta jarraibideak dituzten islatzaileak eduki beharko dituzte.
 - Tunelerako SOS zutoinaren kasuan, 1,5 mm-ko lodierako altzairu herdoilezinezko armairu bat izango da karkasa, lehenago azalduetako elementu guztiak izango dituena, gehi konexioen eta babesen kaxa eta bi itzalgailu sartzeko tokia. Toki horretako ateak ate irekiko alarma izango du, alarma elektronikoko bera izan daitekeena, edo ate itzalgailu gisa jar daiteke.

SOS zutoinen barruko armairuaren eta konexioen eta babesen armairuaren babes-maila IP-65 edo IP-66 malari dagokiona izango da; gutziz estankoa izan behar dute.

Kanpoko SOS zutoinak (errepide erakoak) eta tuneletako barrukoak sare berean daude integratuta, funtzioaren aldetik antzekoak baitira, eta horien artean diferentzia txikiak baino ez daude ingurutzailerari dagokionez.

6.1.3.2. SOS zutoinen funtzionaltasuna

Hauexek dira jarritako SOS zutoinek bete behar dituzten gutxienezko funtzioak:

- Laguntza deia sortzea: Erabiltzaileak laguntza-pultsadore sakatzan badu, zutoinak mezu bat bidaltzen du kontrolko zentrorra eta horren jakinarazpena jaso izanaren zain gelditzen da. Hori jasotzen ez badu, mezua bi aldiz gehiago errepikatuko du, eta orduan ere jasotzen ez badu, mezua grabaturik emango du: «Zerbitzuan ez dagoen zutoina», eta hartuta dagoen linearen tonuarekin geldituko da. Baiezta-

rá ser siempre visible y accesible un poste SOS para los usuarios en todo el trayecto de evacuación.

- En las bocas de entrada y salida. Con ello se pretende evitar que un incidente en el exterior pudiera incitar a algún usuario a entrar en el túnel, en busca de un poste SOS.
- En el caso de que el túnel disponga de apartaderos, se hará coincidir la ubicación del poste SOS con el apartadero.

6.1.3.1. Postes SOS

Un poste SOS está compuesto por los siguientes elementos:

- *Circuitos electrónicos*: Deberán de estar protegidos por una envolvente IP65.
- *Pulsador de auxilio*: Totalmente estanco y con una indicación de pulsar en caso de auxilio.
- *Instrucciones de uso*: Todos los postes SOS deberán llevar las instrucciones de uso en varios idiomas, como mínimo en Euskera, Castellano, Inglés y Francés. También deberán llevar una identificación del poste SOS de forma visible para el usuario, de tal forma que en el transcurso de la conversación con el operador pueda indicar de forma unívoca y clara la identificación del poste SOS desde el que está haciendo la llamada.
- *Detector de llamada de servicio*: Deberá ser una cápsula reed sellada colocada en el interior del poste, y que se activará desde el exterior con un imán.
- *Detectores de puerta abierta*: Podrán ser de contacto o magnéticos.
- *Altavoces y micrófonos*: Formarán un conjunto especialmente diseñado para obtener un alto rendimiento acústico y permitir el test de fonía. El micrófono estará montado entre dos altavoces en paralelo.
- *Módulos de alimentación*: La alimentación será una batería de 12 Vcc. Que permita el funcionamiento del poste durante 20 días, sin recargarse. La carga de la batería se realiza por medio de la alimentación del poste, que podrá ser:
 - Alimentación por panel solar de 5 W. (postes de exterior).
 - Alimentación por red de 220 Vca. (postes de túnel).
 - Carcasa:
 - En los postes SOS exteriores deberá de fabricarse en políester reforzado con fibra de vidrio, cumplir un IP-55 e IK05, y tener reflectantes con SOS e instrucciones.
 - En el caso de SOS para túnel ésta carcasa será un armario de acero inoxidable de 1,5 mm de espesor, que contenga todos los elementos antes descritos, más una caja de conexiones y protecciones y un alojamiento para dos extintores. La puerta de éste alojamiento tendrá una alarma de puerta abierta que puede ser la misma que la de la electrónica, o estar individualizada como puerta extintor.

El grado de protección del armario interior de Poste SOS y del armario de conexiones y protecciones tendrán un IP-65 o IP-66, debiendo ser totalmente estancos.

Los postes SOS exteriores (tipo carretera) y los del interior de los túneles están integrados dentro de una misma red, ya que son funcionalmente similares, existiendo entre ellos tan sólo ligeras diferencias en lo que se refiere a su envolvente.

6.1.3.2. Funcionalidad de los postes SOS

Las funciones mínimas que deberán permitir los postes SOS instalados son las siguientes:

- Generar llamada de auxilio: Cuando un usuario oprime el pulsador de auxilio, el poste envía un mensaje al Centro de Control y espera recibir el acuse de recibo de éste. Si no lo recibe repite el mensaje hasta dos veces más y si sigue sin recibirlo emite el mensaje grabado, en el sintetizador de voz, de «poste fuera de servicio», y quedando con un tono de línea ocupada. Si recibe la confirmación emitirá un men-

pena jasotzen badu, itxaroteko mezu hau transmitituko du: «Zure deia bideratzen ari gara. Itxaron mesedez», eta zain egoteari dagokion lineako tonuarekin geldituko da sistema fonian abiarazi arte.

- Zerbitzu deia sortzea: Mantentze-lanetako pertsonalak deiak eta probak egingo ditu dei horrekin lehentasunezkoa ez dela adierazteko.
- Komunikazioa erabiltzailearekin:
 - Tonu akustikoen bidez: lehenago azaldu dira (itxaron beharra eta hartuta).
 - Ahots-sintetizadorearen bidez: lehenago azaldu dira (itxaron beharra eta zerbitzutik kanpo egotea, hainbat hizkuntzatan).
 - Full-duplex foniatzen eta Kudeaketa Zentroaren arteko konezioaren bidez.
- Sistemaren proba, automatikoa edo operadoreak eskatuta, honako hauek barne hartuz:
 - Zutoinaren proba osoa (nagusia-bigarren mailakoa): Mantentze-testaren bidez, zutoin nagusiaren, bigarren mailako zutoinaren (bidezkoa denean), sarrerako indargabetezko gailuaren, zutoin nagusiaren bolumenaren eta bigarren mailako zutoinaren bolumenaren egoera egiaztatzen da.
 - Linearen proba: Sistemak frekuentzia puruak transmitituko ditu, linearen egoera zein den ezagutu ahal izateko (TX-RX).
 - Foniaren proba: Mikrofonoan berriz elikatuko den tonua transmitituko du sistemak bozgorailutik, eta bien egoera zein den ezagutzeko modua emango du.
 - Elikatze proba: zutoinak elikatze eta bateria mailak egiaztatuko ditu.
- Audio amplifikadorearen irteerako bolumena doitzea: Automatikoan utzi daiteke, edo eskuzko mekanismoan kontrolatu zentrotik.
- Alarmak automatikoki sortzea:
 - Zutoinaren konexiorik eza (ez du komunikatzen).
 - Elikatze-hutsa.
 - Ate irekia.
 - Itzalgailua (tuneleko zutoinaren kasua).
- Datuen transmisioa:
 - 1. azpibandaren bidezko datuak.
 - 2. azpibandaren bidezko datuak.
- SOS zutoinaren operatibitatea komunikazioa amaitu ondoren: SOS zutoina, Kontrol Zentroarekiko komunikazioa moztu ondoren, denbora laburrean igaroko da egoera eragilera, eta, zehazki, erabiltzaileak berriz Kontrol Zentroarekin harremanetan jarri behar badu, operadorearen esku-haritzea beharrezkoa izan gabe egin ahal izango du.

6.1.3.3. SOS zutoinak tuneleko barruko aldean

SOS zutoinen erabilera erabiltzaileei errazteko, tunel guztietan itxura bera izatea gomendatzen da, bai neurri (irudiaren arabera) eta koloreari (RAL 2004, laranja purua) dagokienez, bai elementuen kokapenari dagokionez (pultsadorea eta mikrofonoa eskuinean eta itzalgailua erdian).

Gainera, SOS zutoinak hutsune bat eta ate bat dituzten hobiengan instalatzen badira, hobiaren sarrera-atean mezu bat jarri behar da, erabilera-argibideen hizkuntza beretan, eta larrialdi-egoeretan ez dela toki seguru bat eta laguntza eskatzeko deia egiteko bakarrik erabili behar dela adieraziko da. Hobiaren atea SOS zutoinen kolore berekoa izango da.

Tunelen barruko SOS zutoinetako armairuak modularrak izango dira, eta kasuan kasuko beharrezko moduluak jarriko dira. Ondorengo irudian modulu bakoitzaren neurrien eta banaketaren adibide bat ikus daiteke.

saje de espera «Su llamada está siendo cursada. Por favor, espere», y quedará con un tono de línea en espera, hasta la puesta en fonía del sistema.

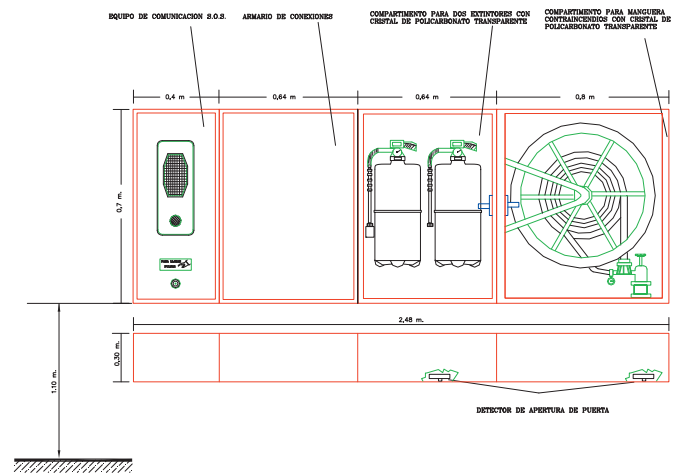
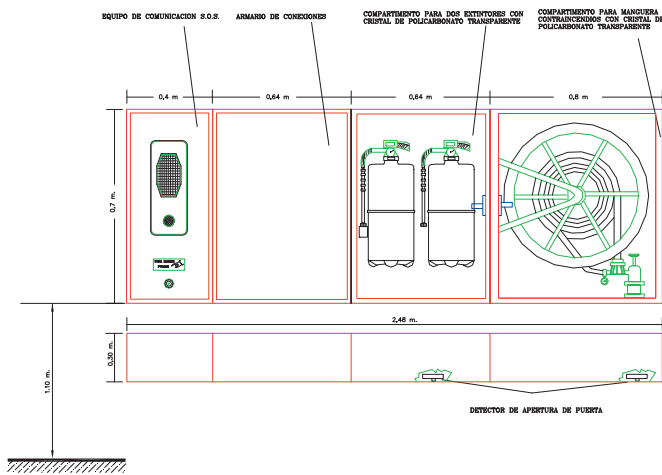
- Generar llamada de servicio: El personal de mantenimiento realizará las llamadas y las pruebas con esta llamada para indicar que no es prioritaria.
- Comunicación con el usuario:
 - Mediante tonos acústicos: Comentados anteriormente (espera y ocupado)
 - Mediante sintetizador de voz: Comentados anteriormente (espera y fuera de servicio, en varios idiomas).
 - Mediante conexión de fonía full-duplex con el C.G.
- Prueba del sistema, automática o por petición del operador, incluyendo:
 - Prueba completa del poste (maestro-esclavo): Mediante el test de mantenimiento se comprueba el estado del poste maestro, poste esclavo (cuando proceda), atenuador de entrada, atenuador de salida, nivel de volumen del maestro, y nivel de volumen del esclavo.
 - Prueba de línea: El sistema emitirá frecuencias puras que le permitirán conocer el estado de la línea (TX-RX).
 - Prueba de fonía: El sistema emitirá por el altavoz un tono que se realimentará en el micrófono, y permitirá conocer el estado de ambos.
 - Prueba de alimentación: El poste chequeará los niveles de alimentación y de batería.
- Ajuste del volumen de salida del amplificador de audio: Puede dejarse en automático, o en manual desde el centro de control.
- Generación automática de alarmas:
 - Desconexión del poste (no comunica).
 - Fallo de alimentación.
 - Puerta abierta.
 - Extintor (caso de poste de túnel).
- Transmisión de datos:
 - Datos por sub-banda 1.
 - Datos por sub-banda 2.
- Operatividad del poste SOS una vez finalizada la comunicación: El poste SOS, una vez se corte la comunicación con el Centro de Control, deberá pasar a operativo en un tiempo reducido, de tal forma que si el usuario necesita volver a contactar con el Centro de Control pueda hacerlo sin necesidad de la intervención del operador.

6.1.3.3. Postes SOS en el interior de los túneles

Con objeto de facilitar el uso de los postes SOS a los usuarios, se recomienda que todos ellos presenten un mismo aspecto en todos los túneles, tanto en sus dimensiones (según figura), color (RAL 2004, naranja puro) como en la disposición de sus elementos (pulsador y micrófono a la derecha y extintor en el centro).

Además, en aquellos túneles en los que los postes SOS se instalen en nichos con un habitáculo y puerta, deberá colocarse, en la puerta de entrada al nicho, un mensaje en los mismos idiomas que las instrucciones de uso en el que se especifique claramente que en caso de emergencia no es un lugar seguro, solo se debe utilizar para realizar la llamada de auxilio. El color de la puerta del nicho será el mismo que el del poste SOS.

Los armarios de los postes SOS del interior de los túneles serán modulares, instalándose los módulos necesarios en cada caso. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de las dimensiones y distribución de cada uno de los módulos.



Itzalgailua dagoen tokia seinale fotoluminiszentearen bidez identifikatu behar da, UNE 23-033 arauaren arabera.

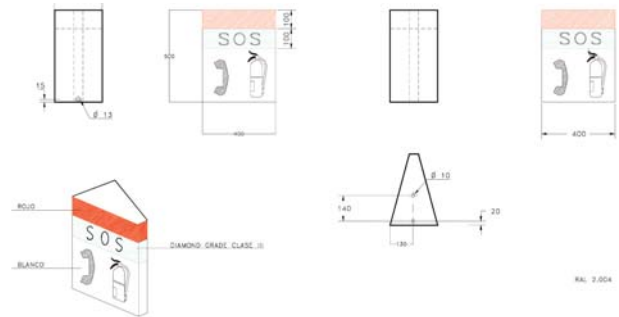
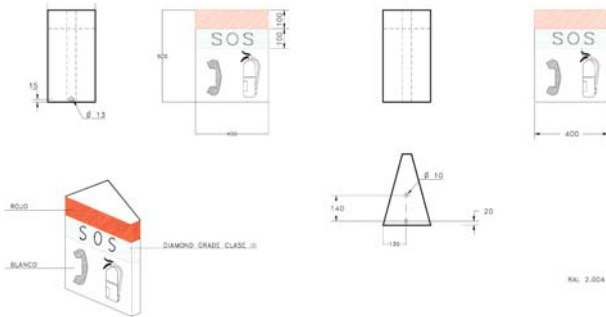
SOS zutoinak tunelaren barruan errazago aurki daitezten, SOS zutoinaren ondoan argidun baliza bat adierazteko seinala jarriko da 2,5 metroko altueran. Bi elementu izango ditu baliza horrek:

- (1) Argidun panel bat; bertan itzalgailuaren eta telefonoaren ikonoak jarriko dira, irudian agertzen den moduan. Argidun panel horrek argiztapen egokia izango du, zutoinaren kokapena errazago aurkitzeko.
- (2) Seinaleztapen-pilotua, 10 mm-ko zabalerako banda gorri bat duena. Erabiltzaileak SOS zutoineko pulsadorea sakatzen duenean deia eskatzeko, argi keinukaria piztuko da pilotuan harik eta deia hartzen den arte.

El alojamiento del extintor deberá estar identificado con una señal foto luminiscente según norma UNE 23-033.

Con objeto de facilitar la localización de los postes SOS en el interior del túnel, cada poste estará señalado con una baliza luminosa situada junto al poste SOS a una altura de 2,5 metros. Esta baliza constará de dos elementos:

- (1) Un panel luminoso en la que se mostrará un icono de un extintor y un teléfono, según se muestra en la figura. Este panel luminoso deberá estar permanentemente iluminado, facilitando la localización del poste.
- (2) Un piloto de señalización, constituido por una banda roja de 10 mm de anchura. Cuando un usuario active el pulsador del poste SOS para solicitar una llamada, el piloto se iluminará de manera intermitente, hasta que la llamada haya sido atendida.

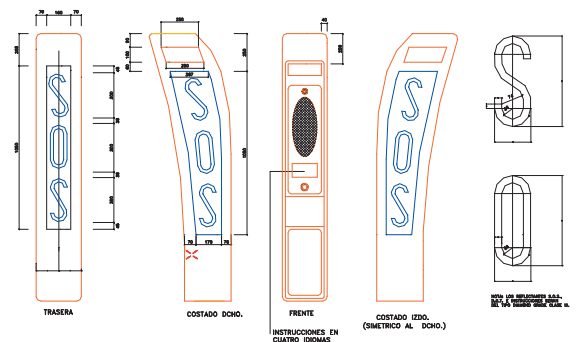
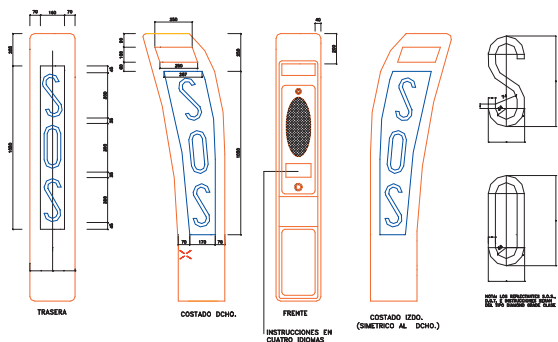


6.1.3.4. Kanpoko SOS zutoinak

Kanpoko SOS zutoinak tuneletako sarreren eta irteeren inguruan kokatuko dira horietatik 75 metrora gehienez ere; nolahi ere, sarreretatik eta irteeretatik ikusteko modukoak izan beharko dute, ahal dela. SOS zutoinaren ingurutzaila irudian agertzen diren neurri eta ezaugarri lotuko zaie.

6.1.3.4. Postes SOS de exterior

Los postes SOS exteriores se ubicarán en las proximidades de las bocas de entrada y salida a una distancia no superior a 75 metros de estas, procurando en todo caso que sean visibles desde las mismas. La envolvente de los postes SOS se ajustará a las dimensiones y características reflejadas en la imagen.



6.1.4. *SOS zutoinen armairuetako ekipamenduak tunelen barruko aldean*

Tuneletako horma pikoetan dauden SOS zutoinen konexioetako armairuan landako hainbat ekipa eta dispositibo jartzen dira; konexioak babestuko ditu airearen eraginetik, eta gainera elikatzea, babes elektrikoa eta TUEUrekiko komunikazioa emango dizkie. Hala, kontroleko sistemari integratuko ditu.

Hauexek dira SOS zutoinetako konexioen armairuan jar daitezkeen ekipaok:

- CCTV sistemaren telebistako kameraren bideo-igorlea.
- I/S-ko moduluak.
- CO, NOx eta ikuspena detektatzeko elektronika.
- Begizta inдукtiboaren detektagailu bikoitzak.
- Landako ekipaok hornitzeko erregeletak eta bornak.

SOS zutoinetako konexioen armairuetan kokatuko dira SOS zutoinean jarritako dispositibo bakoitza hornitzeko beharrezko babes elektrikoak.

Halaber, honako hauen banaketa egingo da armairu horretan: tunelaren barruko zuntz optikoa eta komunikazio-kableak.

6.1.5. *SOS zutoinen komunikazio sareak*

Tunel berrietan, SOS zutoinen eta kontrol zentroaren arteko komunikazioa ezingo da koadreteren kablea erabiliz egin. Dagoeneko dauden tunelen kasuan, ondoren planteatzen diren bi aukeretako edozein onartuko da informazioaren transmisioaren euskarri gisa:

1. Koadreteren kablea.
2. Zuntz optikoaren bidez.

Jarraian, hiru motarik ohikoenak azalduko dira:

6.1.5.1. *Koadreteren kable bidezko konexioa*

Tunel laburren kasuan, hurbileko tuneletarako eta hurbileko kontroleko zentrorako gomendatzen da egitura hau. Hala ere, egingarria bada, zuntz optikoan oinarrituriko soluzioak aukeratuko dira, koadreteren kableek arazo asko sortzen baitituzte (ekaitzak, interferentziak, etab.).

Komunikazioen Front-End eta zutoin-sarearen arteko konexioa hiru koadretereko kable baten bidez egiten da; pupinizaturik dago kable hori, 1.840 metroko tarteetan bobinak eta linea amaierako kargak dituela.

Kontroleko zentroko sarrera babesten duten elementuetatik pasa behar du komunikazioetako kableak (deskargadoreak, diodoak, fusibleak...) Front-End-ekin konektatu baino lehen. Azken horrek komunikazioetako B1 eta B2 azpibandak iragazgaitu, modulatu, demodulatu, kodifikatu eta deskodifikatu eta gainbegiratu egiten du automatikoki SOS zutoinen sarea (mantentzearen, foniarren, alarman, bateriaren egoeraren eta abarren testak...). Zerbitzaritik kudeaturiko zutoinekiko audio-komunikazioa ere ezartzeko mikrotelefonoa du.

SOS zentroaren bidez konektatzen dira operadorearen postua eta Front-End delakoa; izan ere, SOS zentral horrek komunikazioak kudeatzeko programa, eragiketa-aplikazioa, mantentzea, gainbegiratzea, kontrola, datu-baseak eta zutoinen sarearen gertaerei buruzko fitxategi historikoak ditu.

Operadorearen postuak audio-terminala du zutoinekin komunikatzeko.

6.1.5.2. *Zuntz optikoaren bidezko konexioa*

Komunikaziorako bitarteko fisiko lez zuntz optikoa erabiltzen bada, modu analogikoan egin daiteke transmisioa, transmisio biderako bihurtzaileak erabiliz edo informazioa digitalizatuz eta TCP/IP protokoloaren bidez transmitituz; SOS IP zutoinak deritze horiei.

Baldin eta zuntz optikoaren bidezko transmisio analogikoa bada, hauxe aukeratzen da: komunikazioen Front-End delakoari koadretek

6.1.4. *Equipamiento en los armarios de los postes SOS en el interior de los túneles*

En el armario de conexiones de los postes SOS ubicados en los hastiales de los túneles se instalan diversos equipos y dispositivos de campo, protegiéndolos de la intemperie además de procurarles alimentación y protección eléctrica y proporcionarles comunicación con la ERUT integrándolos en el sistema de control.

Los equipos que se pueden instalar en el armario de conexiones de los postes SOS son:

- Emisor de vídeo de las cámaras de televisión del sistema CCTV.
- Módulos de E/S.
- Electrónica de los detectores de CO, NOx y visibilidad.
- Detectores dobles de los lazos inductivos.
- Regleteros y bornas para la alimentación de los distintos equipos de campo.

En los armarios de conexiones de los postes SOS se ubicarán las protecciones eléctricas necesarias para la alimentación de cada uno de los dispositivos instalados en el poste SOS.

Asimismo en este armario se realizará la distribución de fibra óptica y cable de comunicaciones en el interior de los túneles.

6.1.5. *Red de comunicaciones de postes SOS*

En túneles nuevos la intercomunicación entre los postes SOS y el centro de control no se podrá realizar mediante el empleo de cable de cuadro. Para túneles ya existentes se aceptará cualquiera de las dos soluciones que se plantean a continuación como soporte de transmisión de la información:

1. Cable de cuadretes.
2. Fibra óptica.

A continuación se presentan las tres topologías más comunes:

6.1.5.1. *Conexión mediante cable de cuadretes*

Esta estructura se recomienda para túneles cortos, cercanos, y un centro de control próximo. Aunque si es posible, se debería optar por soluciones basadas en fibra óptica, ya que los cables de cuadretes producen muchos problemas, tormentas, interferencias, etc.

La conexión entre el Front-End de comunicaciones y la red de postes se realiza a través de un cable de tres cuadretes pupinizado con bobinas cada 1.840 metros y cargas de final de línea.

El cable de comunicaciones debe de pasar por los elementos de protección de entrada al centro de control. (descargadores, diodos, fusibles...) antes de conectarse al Front-End. Éste se encarga de filtrar las subbandas, B1 y B2, de comunicaciones, modular y demodular, codificar y decodificar, y supervisar automáticamente la red de postes SOS (tests de mantenimiento, de fonía, de alarmas, estado de batería etc.). También dispone de un microteléfono con el que puede establecer comunicación de audio con los postes gestionada desde el servidor.

La conexión entre el puesto de operador y el Front-End se realiza a través de la central SOS, que contiene el programa de gestión de comunicaciones, las aplicaciones de operación, mantenimiento, supervisión, control, banco de datos y ficheros históricos de eventos de la red de postes.

El puesto de operador tiene un terminal de audio para la comunicación con los postes.

6.1.5.2. *Conexión mediante fibra óptica*

Quando se emplea como medio físico de comunicación la fibra óptica, la transmisión puede realizarse de modo analógico, empleando conversores de medio de transmisión, o digitalizando la información y transmitiéndola a través del protocolo TCP/IP, lo que se ha denominado postes SOS IP.

Quando a través de la fibra óptica la transmisión es analógica, se opta por añadir al Front-End de comunicaciones un equipo

zuntz optiko bihurtzeko ekipo bat gehitzea. Beste muturrean, SOS zutoin guztiek zuntz-kable bihurtzailea izango dute komunikazioen zuntz nagusira iristeko.

Transmisio digitala denean TCP/IP protokoloaren bidez, berriz, audio eta datuen IP bihurtzaileak erabiliko dira, seinale analogikoak IP seinale digital bihurtzeko; bihurtzaile horiek kontrolako zentroarekin konektatuko dira Ethernet sare baten bitartez.

Sarea luzeegia denean, seinale optikoa birsortu beharko da (40-50 Km-ko tarte bakoitzean, gutxi gorabehera).

6.1.5.3. Zuntz optikoen eta koadreteen sare konbinatuak

Egitura hau gomendatzen da elkarrengandik eta kontrolako zentrotik urrutituta dauden hainbat tunel biltzen dituen kudeaketarako.

Tunel guztietan egongo da koadreteen linea pupinizatua, jarritako SOS zutoinei zerbitzua emango diona (kanpokoak eta barrukoak). Kabletik zuntzera aldatzeko gailu baten bidez, bitarteko fisikoaren seinalea aldatu egiten da eta zuntz gisa iritsiko da zentroraino. Bertan, zuntza kable bihurtzeko gailu batekin tratatzen da seinalea eta komunikazioen Front-End batekin konektatzen da. Tunelen kopurua eta Front-End-ena berbera izango da sistematan, betiere horien arteko interferentziarik izan barik.

6.1.6. SOS ekipamendua kontrolako zentroan

Kontrolako zentroan jarri beharreko SOS zutoinen sistemako ekipamendua PNE 135703 arauan («Laguntza sistemak eta datuak SOS zutoinen bidez transmititzea. 3. parte: Kontrolako zentroa») ezarritako eskakizunak bete beharko ditu.

6.2. Megafoniaz arduratzea

6.2.1. Sarrera

Megafonia tuneleko segurtasun sistema bat da, eta haren xedea tuneleko erabiltzaileei mezu akustikoak transmititzea da. Megafoniako sistema gorabeheretan erabiltzen da (sua, heriotza eragin dezakeen CO maila, etab.) edo erabiltzaileei arriskuaz ohartarazi behar zaienean; aldi berean, kasu bakoitzean nola jokatu behar duten jakinarazten zaie (motorra itzali, autotik alde egitea...).

Erabiltzaileak babesteko hartu beharreko neurriei buruzko informazio ulergarria ematea ahalbidetu behar du larrialdietarako megafoniako sistemak.

Megafoniako sistema seinalez tapen dinamikoaren sistemaren lagungarria da, zeren eta megafoniak adierazi nahi dituen ingurubarren berri ematen baitie erabiltzaileei, baina baliagarria izan daiteke erabiltzaileak lasaitzeko eta jarraibideak emateko ebakuazioa egin behar bada.

Megafoniako sistema bat jarri behar da I. motako tuneletan, Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan emandako definizioaren arabera. Hauexetarako estaldura eman behar du megafoniako sistemak:

- Tunel-zulo bakoitzaren barruko alde.
- Tunel-zulo bakoitzaren sarreretan.

Ebakuazio-galeriak. Ebakuazio-galeria duten II. motako tuneletan, megafonia sistema instalatuko da ahoetan eta ebakuazio galerian.

Mezuak sektoreka bidaltzeko modua eman behar du sistemak, hots, soilik alde jakin batzuetan igortzen direnak. Megafoniaren sektORIZAZIO hori oso baliagarria izango da ebakuazioan laguntzeko, mezu ezberdinak emateko tuneleko tartearen arabera.

Mezu horiek bi modu hauetan igortzeko modua egon behar da: kontrolako zentroko operadorearen mahai bakoitzean jarritako mikrofono batetik, gela teknikoan jarritako mikrofonoaren bidez, edo aurrez grabaturiko mezuak ordenagailuaren bidez erreproduzitzen.

Aurretik grabaturiko mezuak berriz transmititzeko modua eman behar du sistemak tunela ebakutzeko laguntza gisa, betiere operadoreak mezu bakoitzean esku hartu behar izan barik.

de conversión de cuadrete a fibra óptica. En el otro extremo, cada poste SOS tendrá su conversor fibra-cable para acceder a la fibra principal de comunicaciones.

Mientras que cuando la transmisión es digital a través del protocolo TCP/IP, se emplearán conversores IP de Audio y Datos, para convertir las señales analógicas a señales digitales IP, el cual se conecta al Centro de Control a través de una red Ethernet.

Cuando la longitud de la red sea excesiva, será necesario la regeneración intermedia de la señal óptica (cada 40-50 Km. aprox.).

6.1.5.3. Redes combinadas de fibra óptica y cuadretes

Esta estructura se recomienda para el caso de un Centro de Control que concentra la gestión de varios túneles alejados entre ellos y de dicho centro.

En cada túnel se dispondrá de una línea pupinizada de cuadretes que dará servicio a los postes SOS instalados (exteriores e interiores). Por medio de un conversor de cable a fibra, se cambia la señal de medio físico, llegando en fibra hasta el centro. Allí la señal es tratada con un conversor de fibra a cable, que se conecta a un Front-End de comunicaciones. El sistema tendrá tantos Front-End como túneles, sin interferencia entre ellos.

6.1.6. Equipamiento SOS en el centro de control

El equipamiento del sistema de postes SOS a instalar en el Centro de Control, deberá cumplir con los requisitos que establece la Norma PNE 135703 «Sistemas de ayuda y transmisión de datos mediante postes SOS. Parte 3: Centro de Control».

6.2. Megafonía

6.2.1. Introducción

La megafonía es un sistema de seguridad del túnel, que tiene como objetivo transmitir mensajes acústicos a los usuarios del túnel. El sistema de megafonía se emplea en caso de incidentes o para informar a los usuarios de la presencia de riesgos inminentes (fuego, concentración letal de CO, etc.) a la vez que se les da indicación de cómo actuar en cada situación (apagar el motor, abandonar el coche, etc.).

Un sistema de megafonía para emergencias debe permitir la emisión inteligible de información sobre medidas a tomar para la protección de los usuarios.

El sistema de megafonía sirve de apoyo al sistema de señalización dinámica, al avisar esta a los usuarios de las mismas circunstancias que la megafonía quiere poner de manifiesto, aunque puede resultar útil para calmar a los usuarios e indicarles las acciones a realizar en caso de evacuación.

Se debe instalar sistema de megafonía en los túneles de Tipo I según la definición realizada en el Decreto Foral de Seguridad en Túneles. El sistema de megafonía debe cubrir:

- El interior de cada uno de los tubos que constituyen los túneles.
- En las bocas de acceso de cada uno de los tubos.

Galerías de evacuación En los túneles de tipo II que dispongan de galería de evacuación se instalará el sistema de megafonía en las bocas y en la galería de evacuación.

El sistema deberá permitir enviar mensajes sectorizados que sólo se emitan en zonas determinadas. Esta característica de sectorización de la megafonía será muy útil a la hora de ayudar a la evacuación, para dar mensajes distintos según el tramo del túnel.

Estos mensajes se deberán poder emitir: desde un micrófono instalado en cada mesa de operador en el centro de control, mediante micrófono en sala técnica, o mediante mensajes pregrabados reproducidos por ordenador.

El sistema deberá permitir la emisión reiterativa de mensajes de megafonía pregrabados, sin necesidad de intervención del operador en cada uno de ellos, como medio de ayuda a la evacuación del túnel.

Honako hauek dira megafoniako sistema baten elementu nagusiak:

- Bozgorailua: kontrolako zentrotik tuneleko erabiltzaileei transmititzen zaizkie mezu akustikoak transmititzeko elementuak.
- Anplifikadorea: jasotzen duen seinalearen potentzia eta intentsitatea areagotzen eta seinale anplifikatua bozgorailuetara transmititzen duen gailu da.
- Megafoniako tokiko kudeatzailea: aukeraturiko aldeetara bideratzen ditu abisuak eta bolumena kontrolatzen du. Bozgorailu-lineak eta horien anplifikadoreak gainbegiratu ditzake, eta anplifikadoreak huts egiten badu, erreserbako anplifikadore batera konmuta dezake.

Ordenagailu nagusi batek edo hainbat ordenagailuk kontrolatzen ditu tokiko kudeatzaileak.

- Seinalea transmititzeko sistema: audio seinaleak eta kontrolako datuak transmititzen ditu kontrolako zentrotik megafoniako tokiko kudeatzaileetara. Megafoniako zentralako kontrolaren sistema, ordenagailuen bidez kontrolatua.
- audio sarrera eta irteera ugari ditu (mikrofonoak dituzten mahaiak), aldeak/areak hautatzeko aukera, mezuak grabatzea edota erreproduzitzea, urrutiko kontrola, anplifikadoreen monitorizazioa eta lineak.

6.2.2. Megafoniako sistemaren arkitektura

Megafoniako sistema megafoniako zerbitzari nagusi batek kontrolaturiko sistema mikroprozesatua da, eta megafoniako mezuak eta musika hedatzeko diseinaturatuta dago. Zerbitzari hori zentralako kontrolako zerbitzu nagusiarekin komunikatzen da LAN Ethernet sarearen bitartez, kontrolako zentroan dagoen TCP/IP protokoloarekin. Zerbitzari nagusiak megafoniako sistema kontrolatzen du, megafoniako zerbitzu nagusiak tuneleko alde bakoitzean emititu behar dituen mezuak transmitituz.

Operadoreek, operadorearen (bezeroak) laneko estazioetatik, mezuak emititu (aurrez grabaturikoak edo langileak berak sortutakoak), megafoniako sistemaren landako ekipoak kontrolatu, aurrez grabaturiko mezuak egin eta tuneleko erabiltzaileei mezuak igor diezazkiekete, eremua edo eremu-multzook hautatuz (gunek deritze eremu horiei).

Laneko estazioek mikrofonoak dituzten mahaiak dauzkate. Mezuak emateko eta aldeak aukeratzeko ahalmena duten mahai horien bitartez, kontrolako zentralako operadoreak emandako mezuak bidal ditzakete edozein aldetara.

Hauexek osatzen dute sistema funtsean: megafoniako zerbitzari batek, sistemaren kudeaketak, kontrolako softwarea duten bezeroek eta mezuak alde bakoitzeko aparteko zirkuituetara bideratzen dituzten megafoniako tokiko kudeatzaileak.

Megafoniako sistemaren kontrolako datuak megafoniako zerbitzari nagusitik transmititzen dira tuneletan dauden megafoniako tokiko kudeatzaileetaraino, garraioko sare nagusi baten eta landako kontrolako sarearen bitartez; hala, zerbitzari nagusia tuneletan dauden megafoniako tokiko kudeatzaileekin komunikatzen da. Audio seinalea megafoniako zerbitzari nagusitik transmititu daiteke megafoniako tokiko kudeatzaileetaraino, garraioko sare nagusiaren edo landako kontrolako sarearen bitartez, edo bestela garraibide eskusiboaren bitartez. Lehenengo aukera gomendatzen da, kontrolako zentroaren eta tunelen arteko komunikazio moduak hobetzeko.

Megafoniako tokiko kudeatzaile orok du aparteko bozgorailu-zirkuituen multzoa (soinu-proiektoreak), eta zirkuitu bakoitzak eremu bat hartzen du. Tokiko kudeatzaileak estazio anplifikadoreak kontrolatzen ditu; izan ere, horietatik ateratzen da audio seinalea megafoniako sistema banatuta dagoen sektore bakoitzera. Megafoniako tokiko kudeatzaile horiek bozgorailu-lineak eta horien anplifikadoreak gainbegiratzen dituzte, hutsuneak edo akatsak antzemateko eta megafoniako zerbitzari nagusiarri jakinarazteko.

Los principales elementos de los que consta un sistema de megafonía son:

- Altavoz: elementos de transmitir los mensajes acústicos que se transmiten desde el centro de control a los usuarios del túnel.
- Amplificador: es el dispositivo que aumenta la intensidad y la potencia de la señal de audio que recibe y trasmite la señal amplificada a las líneas de altavoces.
- Gestor local de megafonía: direcciona los avisos hacia las zonas seleccionadas, así como realizar el control de volumen. Puede realizar la supervisión de las líneas de altavoces y de su correspondiente amplificador, y en caso que este falle poder conmutar a uno de reserva.

Lo gestores locales se encuentran controlados por uno o varios ordenadores centrales.

- Sistema de transmisión de la señal: es el encargado de transmitir las señales de audio y los datos de control, desde el Centro Control hasta los gestores locales de megafonía.
- Sistema de control central de megafonía, controlado por ordenador/es, el cual contiene múltiples entradas y salidas de audio (pupitres microfónicos) con selección de zonas/áreas, grabación/reproducción de mensajes, control remoto, monitorización de amplificadores y líneas.

6.2.2. Arquitectura del sistema de megafonía

El sistema de megafonía se trata de un sistema microprocesado controlado por un servidor central de megafonía diseñado para la difusión de música y mensajes de megafonía. Este servidor se comunica con el servidor central de control del Centro a través de la red LAN Ethernet con protocolo TCP/IP existente en el Centro de Control. El servidor central realiza el control del sistema de megafonía transmitiéndole los mensajes que el servidor central de megafonía debe emitir en cada zona de cada túnel.

Desde las Estaciones de Trabajo de operador (clientes), los operadores podrán emitir mensajes (pregabados o generados por el operario), supervisar y controlar los equipos de campo del sistema de megafonía, elaborar mensajes pregrabados y emitir mensajes a los usuarios de un túnel seleccionando la zona o un conjunto de zonas, denominadas como áreas.

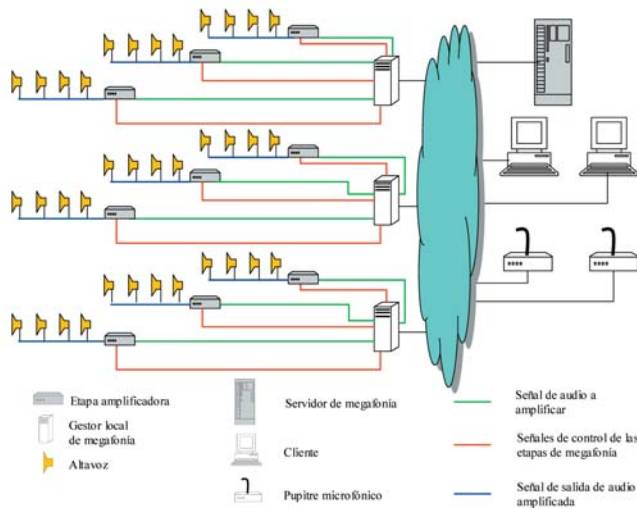
Las estaciones de trabajo disponen de pupitres microfónicos. A través de los pupitres microfónicos con capacidad para dar mensajes y seleccionar zonas, los operadores pueden difundir mensajes efectuados por operadores del Centro de Control a cualquier zona.

Básicamente, el sistema está formado por un servidor de megafonía, unos clientes con el software de gestión y control del sistema y los gestores locales de megafonía que redirigen los mensajes hacia los circuitos independientes de cada zona.

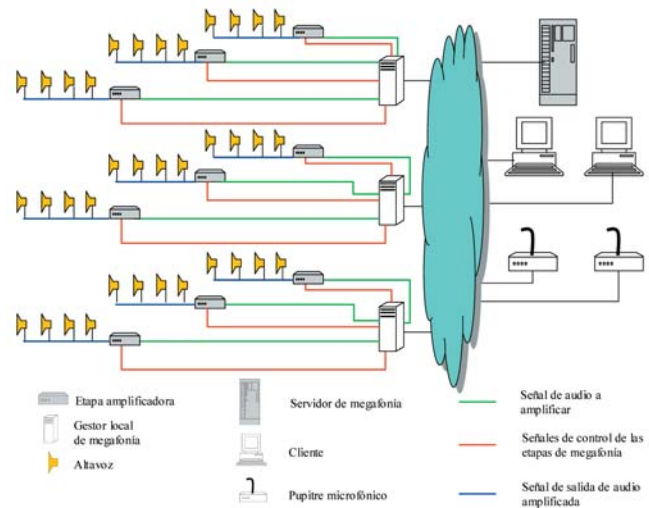
Los datos de control del sistema de megafonía se transmiten desde el servidor central de megafonía hasta los gestores locales de megafonía ubicados en los túneles a través de la red troncal de transporte y de la red de control de campo, comunicando de este modo el servidor central con los distintos gestores locales de megafonía ubicados en los túneles. La señal de audio se puede transmitir desde el servidor central de megafonía hasta los gestores locales de megafonía mediante la red troncal de transporte y de la red de control de campo o bien disponer de un medio de transporte dedicado y exclusivo. Se recomienda la primera opción para optimizar los recursos de comunicaciones entre el centro de control y los túneles.

Cada gestor local de megafonía contiene un conjunto de circuitos de altavoces (proyectores sonoros) independientes, abarcando cada circuito una zona. El gestor local controla las estaciones amplificadoras, de las que sale la señal de audio a cada uno de los sectores en los que está dividido el sistema de megafonía. Los gestores locales de megafonía supervisan las líneas de altavoces y sus correspondientes amplificadores, para detectar anomalías o fallos y comunicarlos al servidor central de megafonía.

Jarriaan, megafonia sistemaren arkitekturaren adibide bat jaso da:



A continuación se muestra un ejemplo de arquitectura del sistema de megafonía:



6.2.3. Sistemaren eskakizun orokorrak

Hona hemen megafoniako instalazioko elementuak: megafoniako zerbitzari nagusia, mikrofonoak dituzten mahaiak, aurre-amplifikadoreak eta kontroleko zentroan jarritako ordenagailuak, kontroleko zentrotik tuneleraino mezuak transmititzeko beharrezko elementuak barne. Gainera, landako ekipamendu hau ere sartzen da instalazioan: megafoniako tokiko kudeatzaileak, audio seinalea tunelean aplikatu barik transmititzeko ingurune fisikoa, etapa amplifikadoreak, bozgorailuen irteerako zirkuituak eta bozgorailuak eurak.

Megafonia instalazioak arauetan ezarritakoa beteko du:

- UNE-EN 60849 «Larrialdi zerbitzuetarako sistema elektroakustikoak».
- UNE-EN 54-4:2010 Suteak detektatzeko eta alarma jotzeko sistemak. 4. partea: elikadura-sistemak.
- UNE-EN 54-16:2010 Suteak detektatzeko eta alarma jotzeko sistemak. 16. partea: Alarmaren ahozko kontrola eta adierazleak.
- UNE-EN 54-24:2010 Suteak detektatzeko eta alarma jotzeko sistemak. 24. partea. Ahots bidezko alarma-sistemen osagaiak. Bozgorailuak. Aplikatu beharreakoak diren eta tunelean esparruan gauza daitezkeen alderdi guztietan.

Arau horretan, megafoniako sistemak bete behar dituen irizpideak agertzen dira, betiere tunel bakoitzerako irizpide zehatzak emanaz. Honako hauek dira:

1. Megafoniako instalazioa ez badago hondatuta larrialdia eragin duen gorabeheraren ondorioz, megafoniako sistemak erabilgarri egon behar du uneoro jardunean aritzeko.
2. Larrialdia badago, larrialdi-abisua emateko lehen seinalea igorri behar du sistemak, 4 s eta 10 s bitartean, betiere lehen mezua bidali baino lehen. Ondoz ondoko mezuen arteko tartea gehienez 30 segundokoa izan behar du, eta larrialdi-abisuen seinaleak igor daitezke isiluneak 10 segundokoak baino luzeagoak badira.
3. Megafoniako sistemak larrialdi-abisua eta ahots-mezuak gune batera edo gehiagotara aldi berean igortzeko gauza izan behar du. Gutxienez ahots-mezu egoki bat edo gehiago duen larrialdi-abisua egokia izan behar da.
4. Kontroleko zentroko operadoreek, edozein unetan, megafoniako sistemaren funtzionamenduaren edo sistema horretako osagaiak garrantzitsuenen egoera eskatu edo jasotzeko modua izan behar dute. Megafoniako sistemaren tokiko kudeatzaileek etapa amplifikadoreak eta horietako bozgorailu-lineak gainbegiratu eta funtzionamenduaren egoera transmititzen diote megafoniako zerbitzari nagusiarri, kontroleko zentroan dagoen kontrol zentralizatuko sistemaren bidez.

6.2.3. Requisitos generales del sistema

La instalación de megafonía comprende el servidor central de megafonía, pupitres microfónicos, preamplificadores y ordenadores clientes dispuestos en el Centro de Control incluyendo los elementos necesarios para transmitir los mensajes desde éste hasta el túnel. Además la instalación de megafonía incluye el siguiente equipamiento de campo: gestores locales de megafonía, medio físico de transmisión de la señal de audio sin amplificar en el túnel, etapas amplificadoras, circuitos de salida a altavoces y los propios altavoces.

La instalación de megafonía cumplirá con lo establecido en las normas:

- UNE-EN 60849 «Sistemas electroacústicos para servicios de emergencia».
- UNE-EN 54-4:2010 Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 4: sistema de alimentación.
- UNE-EN 54-16:2010 Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 16: Control de la alarma por voz y equipos indicadores.
- UNE-EN 54-24:2010 Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 24. Componentes de los sistemas de alarma por voz. Altavoces. en todos aquellos aspectos que son de aplicación y que puedan ser satisfechos en el ámbito de un túnel.

De estas Normas se desprenden los principales criterios que debe seguir el sistema de megafonía particularizándolos para el caso de un túnel. Estos son:

1. A menos que la instalación de megafonía se encuentre dañada por el incidente que provocó la emergencia, el sistema de megafonía debe encontrarse disponible para operación todo el tiempo.
2. Ante la presencia de una emergencia, el sistema deberá emitir una primera señal de alerta con una duración 4 s a 10 s que precederá a la emisión del primer mensaje. El intervalo entre mensajes consecutivos no debe exceder los 30 s y podrán emitirse señales de alerta cuando los periodos de silencio excedan los 10 s.
3. El sistema de megafonía deberá ser capaz de emitir señales de alerta y mensajes de voz a una o más áreas de forma simultánea. Deberá haber al menos una señal de alerta apropiada con uno o más mensajes de voz adecuados.
4. En cualquier momento los operadores del Centro de Control deberán poder recibir o realizar la petición del estado del funcionamiento del sistema de megafonía o bien de sus componentes más importantes. Los gestores locales de megafonía supervisan las etapas amplificadoras y sus líneas de altavoces y transmiten su estado de funcionamiento al servidor central de megafonía, a través del sistema de control centralizado, ubicado en el Centro de Control.

Operadoreek megafoniako sistemaren egoerari buruzko informazioa izango dute kontrolako zentroko laneko estazioen bitartez ingurune grafiko erraz eta atseginean.

5. Zirkuitu anplifikadore eta bozgorailu bakarraren akatsak ez dakar zerbitzua erabat galtzea bozgorailuen zerbitzua dagoen eremuetan.

6. Igorritako larrialdi-mezuak alde aurretik graba daitezke sekuentzia bati jarraituz baldin eta larrialdia tipifikatuta badago edo operadoreek laneko estazioetako ordenagailuetan jarritako mikrofonoen bidez transmititu baditzaizkete, edo mikrofonoak dituzten mahaien bitartez. Larrialdi planaren ebakuazio planaren arabera igorriko dira mezuak.

7. Mezu guztiek argiak, laburrak eta zalantzarik gabekoak izan behar dute eta, ahal dela, aurrez planifikatuak. Aurretik grabaturiko mezuek biltegitratze iraunkorreko sistemetan egon behar dute jasota.

8. Megafoniako sistemak larrialdietako bozgorailuen aldeetan banatzeko gauza izan behar du, baldin eta ebakuazio prozeduretan hala egin beharra badago. Megafoniako eremu hauek sortuko dira tuneleko zulo bakoitzean:

- Ondoz ondoko larrialdietako bi irteeraren artean.
- Tuneleko ahoen eta hurbilen dagoen larrialdiko irteeraren artean.
- Tuneleko zuloetako sarrerak.
- Zulo bateko baino gehiagoko tuneletan, zuloak konektatzeko galerietan jarritako bozgorailuek tuneleko zuloetako bozgorailuetakoak ez bestelako aldeetakoak izan beharko dute.

9. Alde batean igorritako mezuen ulergarritasunak, gutxienez, 6.2.4.1. ataleko eskakizunak bete beharko ditu, mezuak beste eremu batzuetan edo iturri baten baino gehiagoren bitartez igortzen direla-eta.

6.2.4. Sistemaren eskakizun teknikoak

6.2.4.1. Hitzaren ulergarritasuna

EN 60849 arauarekin bat etorritz, tuneletan jarritako megafoniako sistemak arau horretako 5.1. atalean ezarritakoa bete behar du (bertan, neurtu beharreko magnitudeak eta horien balioak zehazten dira), eta erreferentziazko balioetat hartuko dira tunel-hodien ahoetan eta ebakuazio-galerietan egindako neurketak.

6.2.4.2. Egoera automatikoaren adierazlea

Honako hauei buruzko informazioa eman behar dute kontrolako zentroan jarritako laneko estazioek interfaze grafiko baten bitartez:

- Megafoniako sistemaren erabilgarritasuna.
- Anplifikadorearen, bozgorailu-lineen eta megafoniako tokiko kudeatzailearen edozein akats.
- Bozgorailuen zein eremu aukeratu diren eta eremu bakoitzean jarduteko modua, eremu bakoitzean igortzen ari den mezua eta operadoreak mikrofono batetik edo mahai duen mikrofono batetik igortzen duen. Alarma mezuak ematen direnean, ebakuazioa egiteko eskakizunen arabera, sistemak modu egokian erakutsi behar du zein mezu igortzen ari den eta zein aldetan. Informazio hori etengabe erakutsi eta eguneratuko da.

6.2.4.3. Akatsen monitorizazio automatikoa

Kontrolako zentroan jarritako laneko estazioek honako hauei buruzko jarraibide argiak eman behar dituzte:

- Mikrofonoaren akatsa, kapsula elektrodinamikoa, aurre-anplifikadorea eta gainerako sistemarekiko funtsezko kableen akatsa.
- Seinaleko bide kritikoen akatsa anplifikazio-katearen bitartez, aparte identifikaturiko banako anplifikadorearekin.
- Megafoniako tokiko kudeatzaileen akatsa.

Los operadores dispondrán de la información del estado del sistema de megafonía a través de las Estaciones de Trabajo del Centro de Control en un entorno gráfico sencillo y amigable.

5. El fallo de un único circuito amplificador o altavoz no implicará la pérdida total de servicio en la zona de altavoces cubierta.

6. Los mensajes de emergencia que son emitidos podrán ser pregrabados siguiendo una secuencia si la emergencia se tiene tipificada o pueden ser emitidos por los operadores a través de micrófonos instalados en los ordenadores de las Estaciones de Trabajo o por medio de los pupitres microfónicos. Los mensajes emitidos estarán de acuerdo con el Plan de Evacuación del Plan de Emergencia.

7. Todos los mensajes deberán ser claros, cortos, sin ambigüedades y, hasta donde sea posible, preplanificados. Los mensajes pregrabados deberán estar en sistemas de almacenamiento permanente.

8. El sistema de megafonía deberá ser capaz de dividirse en zonas de altavoces de emergencia creando zonas de megafonía, si los procedimientos de evacuación así lo exigen. En los túneles se crearán para cada tubo las siguientes zonas de megafonía:

- Entre dos salidas de emergencia consecutivas.
- Entre las bocas del túnel y la salida de emergencia más cercana.
- Los accesos a cada uno de los tubos del túnel.
- En túneles de más de un tubo, los altavoces instalados en las galerías de interconexión entre los tubos deben pertenecer a zonas diferentes a las de los altavoces del interior de los tubos del túnel.

9. La inteligibilidad de la emisión de los mensajes en una zona no deberá disminuirse por debajo de los requerimientos del apartado 6.2.4.1 por la emisión de mensajes en otras zonas o por más de una fuente.

6.2.4. Requisitos técnicos del sistema

6.2.4.1. Inteligibilidad de la palabra

De acuerdo con la Norma EN 60849, el sistema de megafonía instalado en los túneles cumplirá con lo establecido en el apartado 5.1 de dicha norma, en el que se fija las magnitudes a medir así como los valores de las mismas, se tomarán como valores de referencia las mediciones realizadas en las bocas de los tubos y las galerías de evacuación.

6.2.4.2. Indicador de estado automático

Las Estaciones de Trabajo dispuestas en el Centro de Control deberán proporcionar, a través de un interfaz gráfico, información relativa a:

- La disponibilidad del sistema de megafonía.
- A cualquier condición de fallo de amplificadores, líneas de altavoces y gestor local de megafonía.
- Qué zonas de altavoces están seleccionadas y el modo de operación de cada zona, el mensaje que se encuentra emitiendo en cada una de las zonas y si el mensaje lo emite el operador desde un micrófono o pupitre microfónico. Donde se den mensajes de alarma diferentes, en función de los requisitos de evacuación, el sistema deberá mostrar de forma apropiada qué mensaje está siendo emitido y dentro de qué zona. Esta información se mostrará de forma continuada y actualizada.

6.2.4.3. Monitorización automática de fallo

Las Estaciones de Trabajo instaladas en el Centro de Control deberán proporcionar una indicación clara de:

- Fallo del micrófono, incluyendo la cápsula electrodinámica, el preamplificador y el cableado esencial al resto del sistema.
- Fallo de los caminos de señal críticos a través de la cadena de la cadena de amplificación, con amplificadores individuales identificados por separado.
- Fallo de gestores locales de megafonía.

- Anplifikadorerik edo modulu kritikorik eza.
- Edozein anplifikadore osagarriren akatsa.
- Edozein bozgorailu-zirkuituren akatsa, zirkuitu irekiko eta zirkuitu laburreko akatsak.
- Kontrolako zentroetako mikrofonoen edo mikrofonoak dituzten mahaien akatsa.
- Megafoniako zerbitzariaren akatsa.

Megafoniaren sisteman akatsa gertatzen bada, sistema kontrolako zentroaren operadorearekin komunikatzen da alarma baten bitartez.

6.2.4.4. Kontrol zentralizatuko sistemarekiko interfazea

Megafoniako zerbitzariak eta kontrolako zerbitzari nagusiak elkarri ematen dizkiote datuak eta informazioa kontrolako zentroan dagoen LAN TCP/IP sarearen bitartez. Komunikazioa galtzen bada edo megafoniako zerbitzariak huts egiten badu, horren berri emango da laneko estazioetan (operadorearen postuak).

Kontrol zentralizatuko sistemak megafoniako sisteman dauden akatsei buruzko informazioa jasotzeko modua izan behar du, eta akats horiek laneko estazioan erakutsiko ditu pantailan, seinale akustikoak emanez.

6.2.4.5. Gorde beharreko erregistroak

Kontrol zentralizatuko sistemak euskarri informatikoan gorde behar ditu zenbait erregistro, eta bertan jasoko dira megafoniako sistemaren erabilerak eta datak eta akatsa edo alarma egoerak, sisteman eginiko saioak eta sistemako eragiketa eta gertaera guztiak.

6.2.4.6. Klimaren eta ingurumenaren baldintzak

Bestela zehaztu ezean, sistemaren zehaztapenekin bat etorritik jardun behar du ekipoak, baldintza hauetan:

1. Megafoniako tokiko kudeatzaileak, anplifikadoreak:
 - Giroko tenperatura: -5°C / $+ 40^{\circ}\text{C}$.
 - Hezetasun erlatiboa: %25 - %90.
 - Airearen presioa: 86 kPa - 106 kPa.
2. Landako gainerako megafonia-ekipoak:
 - Giroko tenperatura: -20°C / $+ 55^{\circ}\text{C}$.
 - Hezetasun erlatiboa: %25 - %90.
 - Airearen presioa: 86 kPa - 106 kPa.

6.2.4.7. Konektoreak

Konektoreek CEI 60268-11 araua edo CEI 60268-12 araua bete behar dute. Agintari eskudunek finka ditzakete konektoreek suaren kontrako erresistentzian bete behar dituzten eskakizunak.

6.2.5. Megafoniako instalazioen eskakizunak

Megafoniako sistema CEI 60364 arauarekin, eta nahitaezko nazio edo tokiko arauarekin eta Tentsio Baxurako Araudi Elektroteknikoarekin bat etorritik jarri behar dira.

Babestuta egon behar dute edo suaren kontrako erresistentzian izan behar dute tuneletako ahoetako eta konexiorako galerietako bozgorailuen zirkuituetako kableak.

Tuneletan jarri beharreko estalkietarako eta kabletarako ezaugarriak bete behar dituzte kableak eta estalki-motek, Tuneletako Argien eta Energia Horniduraren gaineko Jarraibide Teknikoan ezarri denaren arabera.

6.2.6. Bozgorailua

Mezu akustikoak irteteko elementua da; izan ere, megafoniako tokiko kudeatzaileengandik jasotzen dituzten bultzada elektrikoak erabiltzaileek entzun eta uler ditzaketen soinu dardara bihurtzen ditu bozgorailuak. Hortaz, oso sendoak eta fidagarriak izan behar dute.

Halaber, tunelean dauden agente kaltegarriak jasan behar izango ditu, hala nola hautsa, hezetasuna, gasak, etab.

- Ausencia de amplificadores o módulos críticos.
- Fallo de cualquier amplificador auxiliar.
- Fallo de cualquier circuito de altavoces, fallos de circuito abierto y cortocircuito.
- Fallo de micrófonos o pupitres microfónicos en el Centro de Control.
- Fallo del servidor de megafonía.

En caso de detectarse un fallo en el sistema de megafonía, este se comunicará al operador del Centro de Control a través de una alarma.

6.2.4.4. Interfaz con el sistema de control centralizado

El servidor de megafonía intercambia datos e información con el Servidor de Central de Control, a través de la red LAN TCP/IP existente en el Centro de Control. En el caso de pérdida de comunicación o fallo del servidor de megafonía se indicará esta situación en las Estaciones de Trabajo (puestos de operador).

El sistema de Control Centralizado deberá ser capaz de recibir información relativa a fallos en el sistema de megafonía mostrándolos en las Estaciones de Trabajo a través de la pantalla indicándolo de forma acústica.

6.2.4.5. Registros a conservar

El sistema de Control Centralizado deberá mantener una serie de registros en soporte informático donde se conserven las fechas y usos del sistema de megafonía y de la ocurrencia de fallo o alarma, ensayos realizados al sistema y todas las operaciones y eventos del sistema.

6.2.4.6. Condiciones climáticas y medioambientales

Quando no se especifique de otra forma, el equipo deberá operar de acuerdo con la especificación del sistema bajo las siguientes condiciones:

1. Gestores locales de megafonía, amplificadores:
 - Temperatura ambiente -5°C a $+ 40^{\circ}\text{C}$.
 - Humedad relativa 25% a 90%.
 - Presión del aire 86 kPa a 106 kPa.
2. Demás equipos de megafonía en campo:
 - Temperatura ambiente -20°C a $+ 55^{\circ}\text{C}$.
 - Humedad relativa 25% a 90%.
 - Presión del aire 86 kPa a 106 kPa.

6.2.4.7. Conectores

Los conectores deberán cumplir con la Norma CEI 60268-11 o con la Norma CEI 60268-12. Los requisitos para resistencia al fuego de los conectores pueden ser estipulados por las autoridades competentes.

6.2.5. Requisitos de la instalación de megafonía

El sistema de megafonía deberá instalarse de acuerdo con la Norma CEI 60364 y con normas nacionales o locales obligatorias, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Los cables que conforman los circuitos de los altavoces de las galerías de interconexión y las bocas de los túneles, deberán estar protegidos o ser resistentes al fuego.

El cableado y el tipo de cubierta a instalar deben cumplir con las características para cables y cubiertas a instalar en túneles, según lo indicado en la Instrucción Técnica de Alumbrado y Suministro de Energía en Túneles.

6.2.6. Altavoz

Es el elemento de salida de los mensajes acústicos, encargado de convertir los impulsos eléctricos que reciben de los gestores locales de megafonía en vibraciones sonoras audibles y comprensibles por los usuarios. Su construcción deberá ser, por tanto, extremadamente robusta y fiable.

Deberá soportar, asimismo, las condiciones agresivas que reinan en el interior del túnel, tanto de polvo como de humedad, gases, etc.

Soinu zehatza erreproduzitu behar izateaz gain, ahal dela, ez du distortsiorik izango.

6.2.6.1. *Bozgorailuak kokatzea*

Tunelari buruz egingo den azterlan akustikoak finkatuko du bozgorailuak tunelean kokatzeko tokia, UNE-EN 60849 arauan ezarritakoarekin bat etorriz.

Konexioko galeria bakoitza megafoniako aparteko alde bat izango da eta, horrela, tunelaren barruan zabaltzen direnak ez diren beste mezu batzuk igorri ahal izango dira.

Ahal denean eta tunelerako eginiko azterlan akustikoan ezarritako ildoak jarraituz, ahaleginak egingo dira bozgorailuak norabide bakarreko tuneletan eskuineko horma pikoan jartzeko, zirkulazioaren noranzkoan, non ekipo guztiak jarriko diren eta, oro har, istripua dagoenean erabiltzaileek ibilgailua geldituko duten. Bi norabideko tuneletan, bi horma pikoetan kokatuko dira bozgorailuak, bi noranzkoetan doazen erabiltzaileak jakinaren gainean jartzeko. Azterlan akustikoak finkatuko du bozgorailuak jartzeko altuera, baina kontuan izan behar dira galiboaren balizko galera, tunelen estaldura eta horma pikoetan jarrita egon daitezkeen kable-erretiluak. Tunelaren barruko bozgorailuen altuera, gutxi gorabehera, 4,5 metro eta 6 metro bitartekoa izan daiteke.

6.2.6.2. *Ezaugarri teknikoak*

Barrunbea sonorizatzeko aukeraturiko bozgorailuek egokiak izan behar dute:

- Hitza erreproduzitzea (banda-zabalera).
- Errendimendu altukoa (eraginkortasuna eta sentsibilitatea).
- Direktibitate altua (Q).
- Eguraldi txarra jasateko bereziki prestatua (IP maila).

— Neurrien araberakoa.

Bozgorailuen beste eredu batzuekin egin daiteke azterlan akustikoa, baina tunel baten berezitasunak (giro gogorra), soinu presio maila handiak lortu beharra, soinua zabaldu beharreko guneetan soinua bideratzeko direktibitate handia izan beharra eta, hala, benetakoa erreberberazioa baino itxurazko erreberberazio txikiago izateko ahaleginak egin behar direla-eta, konpresio-motorra duen klaxon esponenzia gomendatzen da bozgorailu egoki lez.

6.2.7. *Etapla amplifikadoreak*

Etapla amplifikadorea aparatu bat da, zeinaren bidez eta kanpoko energia erabiliz sarrerako audio seinalearen potentzia handitzen baita; hala, seinalea entzuteko moduan bozgorailu-linea batera transmititzeko behar den potentzia duen seinalea ematen da.

Etapla amplifikadoreetako sarrerek karga simetrikoak eta kulunkatuak eduki behar dituzte. Gutxienez bi sarrera eskatzen dira etapla amplifikadore bakoitzeko: bata programakoa eta bestea lehenatasuna duena.

Etaparen irteerarekin konektatzen diren bozgorailu-lineen potentziaren arabera aukeratzen da etapla amplifikadoreen irteerako potentzia, baita horiek elikatzeke tentsioa ere (irteerako tentsioa linean), gehienbat 100 V, 70 V eta 50 V-koa. Irteerako bozgorailuen linearen inpedantzia, hots, etapla amplifikadorearen kargaren inpedantzia, etapla amplifikadorearen irteerako berezko inpedantziaren antzekoa izan behar da.

Korrante zuzenaren bidez elika daitezke etapla amplifikadoreak, 24 Vcc-ko tentsioarekin, edo korrante alternoaren bidez baina 230 Vca eta 50~60 Hz-ko tentsioarekin. Ohiko egoeran korrontetik deskonektatuta dago (maila baxua energia aurrezteko), eta maila altuan egongo da konektaturik megafoniako tokiko kudeatzailetik jardunean jartzen den unetik aurrera.

Etapla amplifikadoreak bozgorailu-linean gainkargen eta zirkuitu laburren kontrako babes termikoko zirkuituak barne hartu behar ditu.

Etapla amplifikadore bakoitzak etapla amplifikadoreak eta bozgorailu-lineak gainbegiratzeko sistema bat izan behar du, horien gaineko informazioa emango diona kontrol zentralizatuko sistemari mega-

Además deberá de tener una reproducción fiel del sonido, exenta, en lo posible, de distorsiones.

6.2.6.1. *Ubicación de los altavoces*

La ubicación de los altavoces en el túnel vendrá determinada por el estudio acústico que se realice del túnel, según lo establecido en la norma UNE-EN 60849.

Cada galería de interconexión será una zona independiente de megafonía y así poder emitir mensajes diferentes a los que se difundan en el interior del túnel.

Siempre que sea posible y siguiendo las pautas que establecerá el estudio acústico realizado para el túnel se procurará que en los túneles unidireccionales los altavoces se instalan en el hastial derecho según el sentido de la circulación, donde están ubicados todos los equipos y, como norma general, donde los usuarios detendrán sus vehículos en caso de incidente. En los túneles bidireccionales se ubicarán los altavoces en sendos hastiales para informar a los usuarios que circulan en ambos sentidos. La altura a la que se instalarán los altavoces la marca el estudio acústico, pero se debe tener en cuenta la posible pérdida de galibo, el revestimiento de los túneles y las posibles bandejas de cableado colocadas en los hastiales. Aproximadamente la altura de los altavoces en el interior del túnel puede variar entre los 4,5 y los 6 metros.

6.2.6.2. *Características técnicas*

Los altavoces elegidos para sonorizar el recinto deben ser un tipo de altavoz adecuado:

- Para reproducción de la palabra (ancho de banda).
- De alto rendimiento (eficacia y sensibilidad).
- Elevada directividad (Q).
- Especialmente preparado para soportar los agentes medioambientales desfavorables (grado IP).
- Por dimensiones.

Podría realizarse el estudio acústico con otros modelos de altavoces, pero por las particularidades de un túnel (ambiente agresivo), la necesidad de conseguir elevados niveles de presión sonora, de disponer una gran directividad para dirigir el sonido sobre las superficies a sonorizar y de este modo intentar tener una reverberación aparente inferior a la real, se recomienda como altavoz adecuado la bocina exponencial reentrante con motor de compresión.

6.2.7. *Etapas amplificadoras*

La etapa amplificadora es el aparato, mediante el cual, utilizando energía externa, aumenta la potencia de la señal de audio de entrada, proporcionando una señal con la potencia necesaria para transmitirla a una línea de altavoces para la difusión audible de la señal.

Las entradas de las etapas amplificadoras tendrán cargas simétricas y balanceadas. Al menos se exige dos entradas por cada etapa amplificadora: una de programa y otra de prioridad.

La potencia de salida de las etapas amplificadoras se selecciona en función de la potencia de la línea de altavoces que se conecten a la salida de la etapa, así como la tensión de alimentación de los mismos (tensión de salida en línea) típicamente 100 V, 70 V y 50 V. La impedancia de la línea de altavoces de salida, es decir, la impedancia de la carga de la etapa amplificadora debe ser lo más semejante a la impedancia característica de salida de la etapa amplificadora.

La alimentación de las etapas amplificadoras podrá llevarse a cabo por medio de corriente continua a una tensión de 24 Vcc, o corriente alterna a 230 Vca y 50~60 Hz. En estado normal se encuentra desconectado de la corriente, (nivel bajo para ahorro de energía) pasando a nivel alto —conectado— en el momento de su puesta en operación desde el gestor local de megafonía.

La etapa amplificadora debe incorporar circuitos de protección térmica contra sobrecargas y cortocircuitos en la línea de altavoces.

Por cada etapa amplificadora se debe disponer de un sistema supervisión de etapas amplificadoras y líneas de altavoces que informa del estado de los mismos, a través del gestor local de mega-

fonioa tokiko kudeatzailearen bitartez, edo zuzenean. Matxura bada, erreserbako etapa anplifikadoreara konmutatuko da.

Bozgorailuak potentzia-etapa desberdinekin hiruzuloka instalatzea barne hartzen duten konfigurazioak aukeratzeko gero, ez da derrigorrezkoa izango etapa horietarako potentzia-erreserbako etapa bat instalatzea.

6.2.7.1. *Etaparen anplifikadoreen kokapena*

Gomendagarria da etapa anplifikatzaileak megafonia gelako kudeatzaileen ondoan instalatzea, oro har tuneletako lokal teknikoetakoetan. Aparteko kasuetan, eta arrazoi justifikatu bat dela medio, etapa anplifikatzaileak hornidura-iturri dituzten SOS zutoinen armairuetan instalatu ahalko dira (interkomunikazio-ekipoari dagokion konpartimenduan).

6.2.7.2. *Audio seinalea etapa anplifikadoretik bozgorailuen-linean transmititzea*

Txirikorda gisa jarritako bi hari kable baten bidez transmititzen da audio seinalea etapa anplifikadoretik bozgorailuetaraino, betiere audio seinalea kanpoko zaratekiko sentikorra ez bada. Kasu honetan, txirikorda eta pantaila formako kablea erabiliko da lurra-ekin konektaturiko pantailarekin, inguruko zaratek audio seinalea galaraz ez dezaten eta frekuentzia altuak moteldu ez dituzten.

Seinalea transmititzeko erabilitako kablea pareekin txirikordatu egiten da linearen ahalmena murrizteko eta interferentzia elektromagnetikoak gutxitzeko inguruan dituen ondoko pareekin alderatuta.

Jarri beharreko kable elektrikoek eta estalki-motek tuneletan jarri beharreko kable elektrikoetarako eta estalkietarako ezaugarriak bete behar dituzte, Tuneletako Argien eta Energia Horniduraren gaineko Jarraibide Teknikoan ezarritakoarekin bat etorritik.

Audio seinale anplifikatuaren transmisio kableen sekzioa Tentsio Baxuko Araudi Elektroteknikoan zehaztu denaren arabera egin go da.

6.2.8. *Megafoniako tokiko kudeatzaileak*

Megafoniako tokiko kudeatzaileak landako (tuneletan) megafoniako sistemaren kontrolerako ekipoak dira. Tuneletako alde bakoitzean transmititu beharreko seinaleak jasotzen dituzte, eta gainera kontrol zentralizatuko sistemarekin komunikatzen dira, betiere megafoniako sistema kontrolatuz eta gainbegiratzuz.

Megafoniako tokiko kudeatzaileek audio seinaleak jasotzen dituzte eta aukeraturiko eremuetara bideratzen dituzte; gainera, audio seinale horiek tuneleko alde bakoitzarekin lotura duen bozgorailu-lineetako etapa anplifikadoreetara transmititzen dituzte.

Megafoniako tokiko kudeatzaileek audio seinaleak prozesatu, etapa anplifikadoreak eta horiei dagozkien bozgorailu-lineak gainbegiratu eta audio irteeren eta sarreraren edozein konbinaketa egin eta konbinaketa ahalbidetzeko modua izan behar dute. Kontrolerako zentroan dagoen megafoniako zerbitzariak kontrolatu behar ditu megafoniako tokiko kudeatzaileak.

Honako hauen bidez transmititu daiteke seinalea megafoniako kudeatzaileetatik etapa anplifikadoreetara:

- Txirikorda-itxurako kableen bidezko seinale elektrikoa, 5. kategoria.
- Modu anitzeko edo modu bakarreko zuntz optikoaren bidezko seinale optikoa, seinale optikoa seinale elektriko bihurtzeko transzeptoreak erabiliz eta alderantziz.

Megafoniako tokiko kudeatzaileek horiek lotuta dauden etapa anplifikadoreak kontrolatu eta gainbegiratu dituzte, etapa anplifikadoreen eta bozgorailu-lineen funtzionamenduaren egoerari buruzko informazioa jasoz eta etapa anplifikadore bakoitza aktibatuz abisu bat transmititu beharra dagoenean.

Megafoniako tokiko kudeatzaile bakoitzak horrekin lotura duten etapa anplifikadoreen funtzionamendua kontrolatu eta gainbegiratu du, etapa anplifikadoreak gainbegiratzeko sistemaren eta bozgorailu-lineen informazioa jasoz. Megafoniako tokiko kude-

atzaileak, al Sistema de Control Centralizado. En caso de avería se conmutará a la etapa de amplificación de reserva.

En el caso de que se opten por configuraciones en las que las líneas de altavoces se instalen al tresbolillo con etapas de potencia distintas, no será obligatorio instalar, para estas etapas, una etapa de potencia de reserva.

6.2.7.1. *Ubicación de las etapas amplificadoras*

Se recomienda que Las etapas amplificadoras se instalen junto a los gestores locales de megafonía, ubicados generalmente en los locales técnicos de los túneles. De forma excepcional y por una causa justificada, se podrán instalar las etapas amplificadoras en los armarios de los postes SOS desde los que se alimentan (en el compartimiento dedicado al equipo de intercomunicación).

6.2.7.2. *Transmisión de la señal audio desde la etapa amplificadora a la línea de altavoces*

La transmisión de la señal de audio desde la etapa amplificadora hasta los altavoces se realiza a través de un cable de dos hilos trenzados siempre que la señal de audio no sea sensible a ruidos externos. En este caso se empleará cable trenzado y apantallado con la pantalla conectada a tierra, para evitar que los ruidos presentes en el entorno deterioren la señal de audio y que no se atenúen en las frecuencias altas.

El par de cables empleados en la transmisión de la señal se trenzan para disminuir la capacidad de la línea y para reducir las interferencias electromagnéticas con respecto a los pares adyacentes que se encuentran a su alrededor.

El cable eléctrico y el tipo de cubierta a instalar deben cumplir con las características para cables eléctricos y cubiertas a instalar en túneles, según lo indicado de la Instrucción Técnica de Alumbrado y Suministro de Energía en Túneles.

La sección de los cables de transmisión de la señal de audio amplificada se realizará en base a lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

6.2.8. *Gestores locales de megafonía*

Los gestores locales de megafonía son los equipos de control del sistema de megafonía instalados en campo (en los túneles). Estos reciben las señales de audio a transmitir en cada una de las zonas del túnel además comunicarse con el Sistema de Control Centralizado, realizando el control y supervisión del sistema de megafonía.

Los gestores locales de megafonía reciben las señales de audio y las direccionan hacia las zonas seleccionadas, transmitiendo estas señales de audio hacia las etapas amplificadoras de las líneas de altavoces asociadas a cada zona del túnel.

Los gestores locales de megafonía deben ser capaces de procesar las señales de audio, supervisar las etapas amplificadoras y sus respectivas líneas de altavoces, mezclar y permitir realizar cualquier combinación de entradas y salidas de audio. Los gestores locales de megafonía son controlados por el servidor de megafonía ubicado en el Centro de Control.

La transmisión de la señal de audio desde los gestores de megafonía hasta las etapas amplificadoras se puede realizar a través de:

- Señal eléctrica a través de par trenzado, categoría 5.
- Señal óptica a través de fibra óptica multimodo o monomodo, empleando transceptores para la conversión de la señal óptica a eléctrica y viceversa.

Los gestores locales de megafonía controlarán y supervisarán las etapas amplificadoras asociadas a estos, recibiendo información del estado de funcionamiento de las etapas amplificadoras y de las líneas de altavoces, activando cada una de las etapas amplificadoras cuando deben transmitir un aviso.

Cada gestor local de megafonía controlará y supervisará el funcionamiento de las etapas amplificadoras asociadas a este, recibiendo información del sistema de supervisión de etapas amplificadoras y de sus líneas de altavoces. El gestor local de mega-

atzaileak etapa anplifikadorea aktibatzen du mezua transmititu behar duenean.

Halaber, megafoniako tokiko kudeatzailea eta etapa anplifikadorea ekipo berean integratzen duten ekipoak daude, eta horrek sinplifikatu egiten du instalazioa.

6.2.9. Megafoniako kontrol zentralizatuko sistema

Megafoniako zerbitzari nagusia jarriko da kontroleko zentroan, eta horren bidez gobernatuko da sistema; sistemaren eginkizun nagusia audio-seinaleen multiplexazioa izango da. Tunelen segurtasun, zaintza eta kontroleko zerbitzariarekin komunikatuko da zerbitzari hori eta aurrez grabaturiko mezuak igorri ahal izango ditu.

Honako hauek igor ditzakete mezuak:

- Igorle mikroprozesatuko mikrofonoa dakarten mahaiaik, mezuak emateko eta eremuak hautatzeko ahalmena izanik.
- Aldez aurretik grabaturiko mezuak erabiliz, ordenagailuak audio-txartel baten bidez erreproduzituak, ADC eta DAC bihurtzaileekin edo bestela aparteko ekipo batek sorturikoak. Mezuak programatu egin daitezke, behin eta berriz automatikoki errepika daitezzen harik eta operadoreak kontrakoa adierazi arte. Alde berean edo alde ezberdinetan elkarren atzetik erreproduzitzeko mezuen sekuentziak konfiguratu daitezke, zerbitzariako segurtasun, zaintza eta kontroleko aplikazioetatik automatikoki aktibatzeko.

Automatikoki aukeratuko da tuneleko entzuketa-maila, eta gutxienez maila hauek izango dira:

- Maila baxua, haizagailuak martxan ez daudenean.
- Maila altua, haizagailuak martxan daudenean.

Aparte ezarri beharko dira maila horiek sekzio bakoitzerako, eta gutxienez honako multzoak bereiziko dira:

- Ahoetatik hurbil dauden sekzioak.
- Tunel-zuloetako barne sekzioak.
- Tunel-zuloen arteko komunikazio galeria.

Sistema erabat eskalagarria izango da, estazio kudeatzaileen kopuruari dagokionez zein kontrolatzen dituen megafoniako tokiko kudeatzaileen kopuruari dagokionez.

6.2.9.1. Megafoniako kontrol zentralizatuaren sistemako elementuak

Honako elementu hauek bereizten dira sistema osatzen duten elementuen artean:

- Laneko estazioa: sistema kudeatu eta erreproduktoreak eta mezuak administratzeko modua ematen die operadoreei. Laneko estazioak mikrofonoa dakarren mahaia ere badu, eta bertatik mezuak bidal daitezke denbora errealean edo grabazioak egin daitezke, ondoren errepikatuzko.
- Megafonia zerbitzaria: kudeaketako sistemen eta mezuak automatikoki sortzen dituzten kanpoko sistemen eskariak biltzen ditu, eta sarean banatuta dauden megafoniako tokiko kudeatzaileei transmititzen dizkiete: urrutitik administra daitezke operadoreen estazioen bidez.

Aurreanplifikadoreak, abisuak automatikoki sortzeko elementuak, plaka elektronikoak, kontroleko eta sistema eragileko softwarea, etab. izan daitezke.

6.3. Irratitelefonia. Irrati bidezko erretransmisioa

Tunela toki itxia da, ezkutukoa, eta bertako segurtasunaz eta ustiapenez arduratzen diren zerbitzuek irrati bidezko komunikazioa etenik gabe izan behar dute esku hartu nahi dutenean. Era berean, erabiltzaileek balioetsi egiten dute emisore komertzialen eta telefonia mugikorraren seinalea jasotzen jarraitzea.

Hala ere, oso salbuespenezko kasuetan izan ezik, tunelak «itzalguneak» dira, non erabilitako HZ uhinak hedatzen ez diren.

fonía activa cada etapa amplificadora cuando ésta debe transmitir un mensaje.

También existen equipos que integran en un mismo equipo el gestor local de megafonía y la etapa amplificadora lo cual simplifica la instalación.

6.2.9. Sistema de control centralizado de megafonía

En el Centro de Control se instalará el servidor central de megafonía que gobernará el sistema y su principal función será la multiplexación de las señales de audio. Este servidor se comunicará con el servidor de seguridad, vigilancia y control de los túneles el cual podrá emitir mensajes pregrabados.

Los mensajes podrán ser emitidos:

- Desde pupitres con micrófono emisor microprocesado, con capacidad para dar mensajes y seleccionar zonas.
- Utilizando mensajes pregrabados, reproducidos por el ordenador a través de una tarjeta de audio con conversores ADC y DAC o bien generados por un equipo independiente. Los mensajes podrán programarse para que sean repetidos automáticamente hasta la indicación contraria por parte del operador. Se podrán configurar secuencias de mensajes para ser reproducidos uno tras otro en la misma o en distintas zonas, para ser activados automáticamente desde las aplicaciones de seguridad, vigilancia y control en el servidor.

El nivel de audio en el túnel será seleccionado automáticamente, contemplándose al menos dos niveles:

- Nivel bajo, cuando los ventiladores no están activados.
- Nivel alto, cuando los ventiladores están activados.

Estos niveles deberán ser establecidos para cada sección independientemente, diferenciando al menos los siguientes grupos:

- Secciones cercanas a las bocas.
- Secciones interiores en los tubos.
- Galería de intercomunicación entre tubos.

El sistema debe ser totalmente escalable tanto en el número de estaciones gestoras como en el número de gestores locales de megafonía que controle.

6.2.9.1. Elementos del sistema de control centralizado de megafonía

Entre los elementos que componen el sistema se distinguen los siguientes:

- Estación de trabajo: permite a los operadores de consola gestionar el sistema, administrar los reproductores y mensajes. La estación de trabajo incluye también el pupitre microfónico, desde el cual se puede enviar mensaje en tiempo real o realizar grabaciones para su repetición posterior.
- Servidor de Megafonía: concentra todas las peticiones de las estaciones de gestión y sistemas externos generadores de mensajes automáticos, transmitiéndolos a los diferentes gestores locales de megafonía distribuidos en la red, pudiéndose administrar en remoto a través de las estaciones de los operadores.

También se instalarán preamplificadores, elementos generadores automáticos de avisos, las placas electrónicas, el software de control y del sistema operativo, etc.

6.3. Radiotelefonia. Retransmisión por radio

El túnel es un medio cerrado y confinado donde los servicios encargados de la explotación y de la seguridad necesitan disponer de una continuidad de comunicación de radio cuando deban intervenir. De la misma forma los usuarios valoran conservar la recepción de la señal de emisoras comerciales e incluso de la telefonía móvil.

Ahora bien, excepto circunstancias muy excepcionales, los túneles representan «zonas de sombra» en las cuales las ondas hercianas utilizadas no se propagan.

Irratitefoniako edo tuneleko irratiaeren erretransmisioko sistemak irratifrekuentziako komunikazio zerbitzua ematen du tunelearen barruan, tuneletik kanpora ematen diren prestazio berak izanik; izan ere, egiten duen gauza bakarra tunelen barruko aldean dagoen estaldura irratielektrikoa kanpoko aldeetara hedatzea baino ez da.

Tunel guztien barruan irratitelekomunikazioen estaldura izan behar da larrialdietako zerbitzuetan. Hori lortu ahal izateko, I. eta II. motako galeriak dituzten tunel guztietan egongo da larrialdietarako eta ustiapenerako erabilera-frekuentzien irratitefoniako sistema bat. Oso ohikoak ez badira ere, era horretako sistema behar izango da gainerako tuneletan, edozein arrazoi dela-eta estaldurarik ez duten tuneletan, hain zuzen.

Ondoko zerbitzuen estaldura eman behar du, ahal dela, irratitefoniako sistemak: ustiapena, mantentzea, artapena eta larrialdietako zerbitzuak.

- Tunela osatzen duen tunel-zulo bakoitzaren barruko aldea.
- Tunel-zulo bakoitzeko sarreretan.
- Tunel-zuloen arteko komunikazio galerietan eta, egokia denean, tunelen artekoetan.

Gomendagarria da lokal teknikoek gutxienezko zerbitzuen estaldura erradioelektrikoa izatea, eta, hori ezinezkoa balitz, lokal teknikoek Kontrol Zentroarekin ahoz komunikatzeko bide bat izan beharko dute (telefono edo interfono bidez, hain zuzen).

6.3.1. Irratitefoniako sistemaren helburua

Funtsezko xedea betetzen du tunelen barruko irratikomunikazioak bermatu nahiak: Segurtasuna.

Irratitefoniako sistemak eraginkortasun handiagoa bermatzen die laguntzako eta segurtasuneko zerbitzuei; hala, tunelaren barruko segurtasuna hobetu egiten da, zeren eta larrialdietako zerbitzuek, edozein gorabeherak eragindako egoera larrietan, komunikazio sistema eraginkorra baitute, larrialdietan inplikaturik dauden zerbitzu guztiak koordinatzen dituen.

Baldin eta irratitefonia sistemaren barruan FM komertzialeko bandako emisoreen erradiodifusioa funtzionalitatea sartzen bada, beste abantaila bat du tunelean irratitefoniako bidezko entzuketa izateak: Erosotasuna.

Baldin eta erabiltzaileek tunelaren barruan denbora luzean egon behar badute nahitaez, tunel luzea delako edo auto-pilaketak daukelako, irratitefoniako programak entzuteko aukerari esker, klaustrofobiaren sententzia txikitu daiteke eta gainera erabiltzaileak erosoago egon daitezke.

Emisore komertzialen erretransmisioko zerbitzua sartzen bada, sistemak erabiltzaileentzako segurtasun-mezuak jartzeko aukera eman behar du, eta seinale komertzialaren emisioa eten egingo da.

Aurretik grabaturiko mezuak berriz transmititzeko modua eman behar du sistemak tunela ebakutzeko laguntza gisa, betiere operadoreak mezu bakoitzean esku hartu behar izan barik. Funtzionalitate osagarri horrekin, irratitefoniako sistema megafoniako sistemaren eta seinaleztapen dinamikoaren euskarria da.

Baldin eta irratitefoniako sistemak irratitefoniako mugikorren estaldura ematen badu tunelaren barruan, erabiltzaileek kanpoarekin komunikatzeko aukera dute, eta edozein gorabeherari buruzko informazioa eman dezakete.

6.3.2. Transmittitu beharreko irratikomunikazioak

Hauexek dira errepideko tuneletan erretransmittitu daitezkeen irratikomunikazio-motak:

- Irratitefonia pribatua.
- Ustiapen, mantentze, artapen eta larrialdietako zerbitzuek erabiltzen dituzte irratitefono pribatuak. Irratitefono horiek modu erdi-duplexean funtzionatzen dute, eta bi frekuentzia behar dituzte kanal bakoitzeko: bata emititzeko eta bestea jasotzeko.

El sistema de radiotelefonía o de retransmisi3n de radio del t3nel se encarga de proporcionar un servicio de comunicaciones de radiofrecuencia en el interior del t3nel, con prestaciones como las que se dan en el exterior del mismo, dado que lo 3nico que se hace es una extensi3n de la cobertura radioel3ctrica existente en el exterior de los t3neles al interior de los mismos.

Todos los t3neles, en su interior, deben disponer de cobertura de radiocomunicaciones para los servicios de emergencia. Para conseguir esto, todos los t3neles de tipo I y tipo II con galerías deben disponer de un sistema de retransmisi3n de se3ales de radio de las frecuencias de uso para emergencias y explotaci3n. Aunque sea poco frecuente, tambi3n ser3 necesario este tipo de sistema en el resto de t3neles que por cualquier motivo no dispongan de cobertura.

El sistema de radiotelefonía debe procurar cobertura de los servicios de explotaci3n, mantenimiento, conservaci3n y los servicios de emergencia:

- El interior de cada uno de los tubos que constituyen los t3neles.
- En los accesos de cada uno de los tubos.
- En galerías de comunicaci3n entre tubos y en su caso entre t3neles.

Se recomienda que los locales t3cnicos posean cobertura radioel3ctrica de los servicios m3nimos, en caso de no ser posible, los locales t3cnicos deber3n disponer de un medio de comunicaci3n por voz con el Centro de Control, mediante telefonía o interfonía.

6.3.1. Objetivo del sistema de radiotelefonía

La voluntad de garantizar las radiocomunicaciones en el interior de los t3neles contempla un objetivo esencial: La Seguridad.

El sistema de radiotelefonía garantiza a los distintos servicios de ayuda y seguridad una mejor eficacia, incrementando la seguridad en su interior, ya que en condiciones extremas producidas por cualquier incidencia, los servicios de emergencia disponen de un sistema de comunicaciones eficaz que posibilita la coordinaci3n de todos los servicios involucrados en el mismo.

En el caso de que el sistema de radiotelefonía incluya la funcionalidad de radiodifusi3n de emisoras en la banda de FM comercial, la continuidad de la escucha de radio en el t3nel tiene otra ventaja: La Comodidad.

En t3neles donde los usuarios se ven obligados a estar un tiempo importante, ya sea por su longitud o debido a congesti3n del tr3fico, la posibilidad de escucha de programas de radio comercial, permite reducir el efecto de claustrofobia adem3s de aumentar el confort de los usuarios.

En el caso de incorporar el servicio de retransmisi3n de emisoras comerciales, el sistema debe posibilitar la inclusi3n de mensajes de seguridad destinados a los usuarios, interrumpiendo la emisi3n de la se3al comercial.

El sistema deber3 permitir la emisi3n reiterativa de mensajes pregrabados de radio en las emisoras comerciales, sin necesidad de intervenci3n del operador en cada uno de ellos, como medio de ayuda a la evacuaci3n del t3nel. Con esta funcionalidad a3nada, el sistema de radiotelefonía sirve de apoyo al sistema de megafonía y a la se3alizaci3n din3mica.

Si el sistema de radiotelefonía dota de cobertura en el interior del t3nel de telefonía m3vil, los usuarios pueden comunicarse con el exterior, pudiendo informar sobre cualquier incidente.

6.3.2. Radiocomunicaciones a retransmitir

Los distintos tipos de radiocomunicaciones que es posible retransmitir en los t3neles de carretera son los siguientes:

- Radiotelefonía privada.

Los radiotel3fonos privados son utilizados por los servicios de explotaci3n, mantenimiento, conservaci3n y de emergencia. Estos radiotel3fonos operan generalmente en modo semid3plex, requiriendo dos frecuencias por canal: una para la emisi3n y otra para la recepci3n.

— Emisore komertzialen erradiodifusioa.

FM komertzialeko banda aurreikusi ohi da soilik (88 - 108 MHz). Tunelaren barruan edo irteeran gorabeheraren bat gertatuz gero, sistema hau baliatzen da emisore komertzialaren seinalea eteteko eta haren ordeaz erabiltzaileen zuzeneko abisua jartzeko.

Mezu horiek emisore komertzialeko frekuentzietan kontrolleko zentroko operadorearen mahai bakoitzean jarritako mikrofono batetik edo ordenagailuak erreproduzituriko eta aurretik grabaturiko mezuen bidez (hizkuntza batean edo hainbat hizkuntzatan) emittitzeko modukoak izan behar dute.

— RDS sistema.

Irrati bidezko datuen sistemak (RDS edo Radio Data System) FM-ko azpideramailea erabiltzen du datuak abiadura txikiarekin transmititzeko (250 bps gutxi gorabehera) seinale hori dekodifikatzeko bereziki prestatuak dauden hartzailerekin. RDSak hainbat zerbitzu dakartza, eta horietatik RDS-TA (Traffic Announcement) eta RDS-TMC (Traffic Message Channel) beren beregi daude diseinatuta trafikoko informazioa zabaltzeko.

Emisoreen erretransmisio sistemak, banda komertzialean, ez du RDS informazioa ukitu behar.

— Irratitelefonia mugikor zelularra.

GSM telefono mugikorren zerbitzuek, 900 MHz eta 1.800 MHz-ko frekuentzia bandak dituztenek, erretransmisio sistema behar izango dute tunelen barruko aldean, estaldura-mailari eutsi ahal izateko.

Tuneleko gainerako instalazioekin batera edo geroago instalatu daiteke sistema hau.

Geroago jartzen bada, kontuan hartu behar da sistema honetako eragiketa-frekuentziak nahikoa urrun daudela FMko emisore komertzialen frekuentzia-bandetatik eta irratitelefonia mugikor pribatuko bandetatik; hori dela-eta, ezin izango da kable irradiatzaile bera erabili. 2 km-ko tuneletan edo hori baino tunel laburragoetan, antena direktiboak erabiltzea aukeratu daiteke, tuneleko aho bakoitzeko barruko aldera bideratuta, baina tunel luzeagoetan baliteke kable irradiatzailea edo barruko antenak erabiltzea izatea irtenbide bakarra. Hor-taz, tunel luzeetan (2 km-koak baino luzeagoak) aurreikus daiteke hasieratik GSM irratitelefoniako erretransmisio mugikorra.

— Radiodifusión de emisoras comerciales.

Normalmente se contempla únicamente la banda de FM comercial (88 a 108 MHz). En caso de ocurrir un incidente en el interior o en la salida del túnel, se aprovecha este sistema para interrumpir la señal de la emisora comercial y sustituirla la por un aviso a los usuarios.

Estos mensajes se deberán emitir en las frecuencias de las emisoras comerciales, obteniendo la fuente de audio de un micrófono instalado en cada mesa de operador en el centro de control o de mensajes pregrabados reproducidos por ordenador, en una o varias lenguas.

— Sistema RDS.

El sistema de datos vía radio (RDS o Radio Data System), utiliza una subportadora de FM para transmitir datos a baja velocidad (unos 250 bps) a receptores especialmente preparados para decodificar esta señal. RDS contempla varios servicios, de los cuales RDS-TA (Traffic Announcement) y RDS-TMC (Traffic Message Channel) están específicamente diseñados para la difusión de información de tráfico.

El sistema de retransmisión de emisoras en la banda comercial no deberá afectar a la información RDS.

— Radiotelefonía móvil celular.

Los servicios de teléfonos móviles GSM, cuyas bandas de frecuencia son 900 MHz y 1.800 MHz, requerirán un sistema de retransmisión en el interior de los túneles para mantener la cobertura.

Este sistema podrá ser instalado a la vez que el resto de las instalaciones del túnel o con posterioridad.

Si se instala con posterioridad debe tenerse en cuenta que las frecuencias de operación de este sistema se alejan considerablemente de las bandas de frecuencia de emisoras comerciales en FM y de las de la radiotelefonía móvil privada, por lo no podrá utilizarse el mismo cable radiante. En túneles cuya longitud sea de unos 2 km o inferior se podrá optar por la utilización de antenas directivas orientadas hacia el interior del túnel en cada boca, pero en túneles de longitud superior es posible que el cable radiante o la utilización de antenas interiores sean la única solución, por lo que se recomienda que en túneles largos (más de 2 km) se contemple este la retransmisión de radiotelefonía móvil GSM desde un principio.

6.3.3. Irratitelefoniako sistemen egitura**6.3.3.1. Berriz transmititu beharreko frekuentzia espektroa**

Irratitelefoniako sistemak zerbitzu-multzoa ematen du tunelean, eta multzo hori proiektua idazterakoan zehaztu behar da. Eba-kuzazio-galeriak dituzten I. eta II. motako tunel guztietan eskatuko da gutxienez irratitelefoniako sistema bat jarrita izatea larrialdietako, ustiapeneko, artatzeko eta mantentzeko zerbitzuetarako nahikoa seinale-maila edo barruko aldean onartezina den seinale-maila duten tuneletan.

Horrela, ondoko zerbitzuetako irratitelefonia pribatuko sistemarako estaldura izan behar dute tunel guztiek:

- SOS Deiak.
- Su itzaltze eta salbamendu zerbitzua: Suhiltzaileak.
- Osasun zerbitzuak: DYA eta Gurutze Gorria.
- Ertzaintza.
- Tunelaren ustiatzailea.

Irratitelefoniako proiektua egitean, aipaturiko zerbitzu bakoitzaren laneko frekuentziek izan behar dute abiapuntua, baita tunelaren barruan gehituriko erradiodifusioko zerbitzuak ere.

6.3.3.2. Irrati bidezko erretransmisioaren sistemaren deskribapena**6.3.3.2.1. Tuneleko seinaleak hartzeko azpistema**

Tuneleko seinaleak hartzeko azpistema bat egiten du tuneleko kanpoko aldeetan komunikazio sistemaren estaldura ematen

6.3.3. Estructura de los sistemas de radiotelefonía**6.3.3.1. Espectro de frecuencias a redifundir**

El sistema de radiotelefonía proporciona un conjunto de servicios en el túnel que debe ser definido en el momento de la redacción del proyecto. Se exige como mínimo que todos los túneles de tipo I y tipo II con galerías de evacuación, tengan instalado un sistema de radiotelefonía en los túneles que tengan un nivel de señal insuficiente o no admisible en su interior, para los servicios de emergencias, explotación, conservación y mantenimiento.

De este modo, todos los túneles deben tener cobertura en los túneles para los sistemas de radiotelefonía privada de los siguientes servicios:

- SOS Deiak.
- Servicio de extinción de incendios y salvamento: Bomberos.
- Servicios sanitarios: DYA y Cruz Roja.
- Ertzaintza.
- Explotador del túnel.

En la realización del proyecto de radiotelefonía se deberá partir de las frecuencias de trabajo de cada uno de los servicios indicados, así como de los servicios de radiodifusión añadidos en el interior del túnel.

6.3.3.2. Descripción del sistema de retransmisión de radio**6.3.3.2.1. Subsistema de captación de señales del túnel**

El subsistema de captación de señales del túnel se encarga de enlazar con las estaciones radio que proporcionan cobertura

duten irratiko estazioekin. Azpisistemaren xedea tuneleko komunikazio sisteman sartu beharreko zerbitzuen kanpoko errepikatzaileen seinaleak hartzea da, baita erretransmisioko azpisistemara bidaltzea ere; izan ere, tunelaren barruko estaldura emateko funtzioa du azpisistema horrek.

Azpisistema hau mastan jarritako lotura-antenen sare batekin dago osatuta. Lotura-antenen sistemak tuneleko komunikazio sisteman sartu nahi diren irratiko komunikazio kanaletako estazio errepikatzaileetarako seinaleak transmititzen eta horietatik datozen seinaleak jasotzen ditu, baita emisore komertzialak dagozkien seinaleak ere.

Jarri beharreko antenak antena direktiboak izango dira RF seinaleak transmititu eta jaso behar direnean hurbilen dagoen estazio errepikatzailearekin (larrialdi zerbitzuak, telefonia mugikorra,...); eta norabide oroko antenak izango dira estazio errepikatzaileetatik jasotzen dituen seinaleak (emisore komertzialak).

Antena bakoitza elikatze azpisistemarekin konektatzen da kable koaxial baten bitartez.

6.3.3.2.2. RF seinalea elikatze azpisistema

Antenen azpisistemak kanal-anplifikadoreen (bi norabidekoak edo norabide bakarrekoak) edo transzeptoreen sistema baten bidez hartzen dituen RF seinaleak amplifikatzen ditu. Kontrako norabidean, berriz, azpisistema honek sistema irradiatzaileko RF seinaleak hartu, amplifikatu eta antenen sistemara transmititzen ditu.

Seinalea tratatzeko dispositibo-multzo batek osatzen du azpisistema (transmisoreak, hartzaileak, konbinatzaileak eta amplifikadoreak).

Banda anitzeko sistema multiakoplatzailearen sistemak sarra-bakarra ematen du transmisio bidetik, eta irteera bakarra tuneletik datozen eta tunelera doazen seinaleak jasotzeko bidetik; hartara, frekuentzia-banda ezberdinetan dauden seinaleak konbinatzen dira.

Sistema honetako ekipoak tuneleko ahoetako baten inguruan edo barruan daude jarrita, eta RF seinaleak azpisistema irradiatzailea elikatuz, eta alderantziz hartzen ditu azpisistema irradiatzailearen RF seinaleak eta antenen azpisistemara transmititzen ditu, estazio errepikatzaileara transmititu ditzan.

6.3.3.2.3. Seinaleak tunelean erretransmititzeko sistema

Tunelaren barruko seinaleak erretransmititzeko sistemak tune-laren barruko estaldura irratiektrikoa ematen du. Tunelean komunikazioei ahalik eta fidagarritasun eta segurtasun handiena eskatzen zaie, eta honako unitate hauek osatzen dute sistema:

- Sistema irradiatzailea.
- Tuneleko estaldurako ekipo amplifikadoreen sistema.

SISTEMA IRRADIATZAILEA

Bi teknika erabiltzen dira tunelen barruan irratifrekuentziaren potentzia jasotzeko eta transmititzeko, antena direktiboak edo kable irradiatzailea, hain zuzen, eta azken hori erabiltzea gomendatzen da.

- Antena direktiboak erabiltzeko, aukera hori planteatzen bada, frekuentzia-banda, kanalen arteko frekuentzien arteko tar-tea, tunelaren zoladura (metalezkoa edo ez) eta tunelaren sekzioa (sekzio txikiagoak babes txikiagoa emango du, ibilgailuak eurak direla-eta) kontuan hartzen dituen azterlan bat egin beharko da, eta planteatutako aukerak seinalearen kalitatea bermatu beharko du tunel osoan zehar.

Oro har, ez da sistema hau gomendatzen tunel luzeetan edo erabilitako frekuentzia kopuru altua erabiltzen denean.

Horrenbestez, kable irradiatzaileko erradiazio sistema erabiliko da beti, eta antenen bidezko sistema proposatuko da soilik hura jartzea justifikatzen duen azterlana badago.

- Kable irradiatzaileak, erradiazio sistema den aldetik, etengabe hedatzen ditu seinale irratielektrikoak tunel osoan zehar. Era horretako instalazioak erabiliz, kable berean hainbat frekuentzia hedatu daitezke.

del sistema de comunicaciones en las zonas exteriores de los túneles. Su función es capturar las señales de los repetidores externos de los servicios a incorporar al sistema de comunicaciones del túnel y de su envío al subsistema de retransmisión, encargado de realizar la cobertura interior del túnel.

Este subsistema se compone de una red de antenas de enlace instaladas en mástil. El sistema de antenas de enlace es el encargado de transmitir y recibir las señales procedentes y destinadas a las estaciones repetidoras de los canales de comunicaciones radio que se desean incorporar al sistema de comunicaciones del túnel, así como de recibir las señales correspondientes a las emisoras comerciales.

Las antenas a instalar son directivas cuando se debe transmitir y recibir señales de RF con la estación repetidora más cercana (servicios de emergencia, telefonía móvil,...) u omnidireccionales cuando únicamente ésta recibe las señales de las estaciones repetidores (emisoras comerciales).

Cada una de las antenas se conecta a su respectivo subsistema de alimentación de señal a través de un cable coaxial.

6.3.3.2.2. Subsistema de alimentación de señal de RF

Este subsistema amplifica las señales de RF captadas por el subsistema de antenas mediante amplificadores de canal (bidireccionales o unidireccionales) o por un sistema de transceptores. En sentido contrario este subsistema toma las señales de RF del sistema radiante, las amplifica y las transmite al sistema de antenas.

El subsistema se compone del conjunto de dispositivos de tratamiento de la señal (transmisores, receptores, multiacopladores, combinados y amplificadores).

El sistema multiacoplador multibanda se encarga de proporcionar una única salida de la vía transmisión y una única salida de la vía de recepción de las señales procedentes y destinadas al túnel, mediante la combinación de las señales que se encuentran en bandas de frecuencias diferentes.

Los equipos de este sistema se encuentran instalados en las proximidades de una de las bocas del túnel o en su interior, alimentando al subsistema radiante de las señales de RF, y de modo inverso toman las señales de RF del subsistema radiante y las transmite hasta el subsistema de antenas para que las radie a la estación repetidora correspondiente.

6.3.3.2.3. Sistema de retransmisión de señales en el interior del túnel

El sistema de retransmisión de señales en el interior del túnel se encarga de realizar la cobertura radioeléctrica en el interior del túnel. Con la estructura de máxima fiabilidad y seguridad de las comunicaciones en su interior exigida, este sistema está compuesto por las siguientes unidades:

- Sistema radiante.
- Sistema de equipos amplificadores de cobertura en túnel.

SISTEMA RADIANTE

Dos son las técnicas empleadas en la transmisión y recepción de potencia de radiofrecuencia dentro de los túneles, las antenas directivas o cable radiante, recomendándose el empleo de éste último.

- El uso de antenas directivas, si se plantea esta solución se tendrá que realizar un estudio que tenga en cuenta la banda de frecuencias, de la separación de frecuencias entre canales, del trazado del túnel, del revestimiento del túnel (metálico o no) y de la sección del túnel (una menor sección aumenta la atenuación debida a los propios vehículos), y que asegure que la solución planteada garantice la calidad de la señal a lo largo de todo el túnel.

En general, no se recomienda este sistema en túneles largos o cuando el número de frecuencias utilizadas es elevado.

En conclusión, se utilizará siempre un sistema de radiación basado en cable radiante, y sólo se propondrá un sistema basado en antenas con un estudio que lo justifique.

- El cable radiante como sistema de radiación difunde de manera continua en toda la longitud del túnel señales radioeléctricas. Esta clase de instalación permite difundir sobre un mismo cable varias frecuencias.

Kable irradiatzaileak aldi berean nahi beste kanal izan ditzake, betiere kable irradiatzailearekiko konexioa egiteko beharrezko unitate multiakoplatzaileak badira. Gainera, irratitelefonia zelularreko sistemak jartzeko modua ere bada, baita FM edo AM emisore komertzialetako seinaleak igortzeko ere.

Kable irradiatzailea kable koaxiala da, kanpoko hodian zenbait irekiera egin zaizkiona, eta irekiera horiei esker, tuneleko seinaleen eta kableen irradiazioa gertatzen da. Izan ere, komunikazioa ere gerta daiteke tuneleko terminalen artean edo oinarritzko estazioarekin.

Kable irradiatzailearen bidezko komunikazioei ez diete eragiten tuneletako neurriek edo frekuentzia-bandek; eragozpen gisa aipa daiteke kostu materiala eta instalazioaren kostuak ohiko antenen sistemakoak baino handiagoak direla. Sistemaren diseinu egokiari esker, beste inguruabar batzuek ukitzen ez duten seinale-maila bermatzen da, tuneletako trazaketa osoko komunikazioa.

6.3.4 Irrati-telefoniaren sistemaren eskakizunak

Kontrol zentralizatuko sistemak gainbegiratu eta kontrolatu behar du irratitelefoniaren sistema.

Baldin eta tunelaren barruan emisore komertzialei dagokien zerbitzua jartzen bada, irratitelefoniako sistemak erabiltzaileei segurtasun mezuak frekuentzia horietan erretransmititzeko modua eman behar du.

Mezu horiek emisore komertzialetako frekuentzietan kontrolleko zentroko operadorearen mahai bakoitzean jarritako mikrofono batetik edo ordenagailuak erreproduzituriko eta aurretik grabaturiko mezuen bidez (hizkuntza batean edo hainbat hizkuntzatan) emititzeko modukoak izan behar dute.

6.3.4.1. Sistemaren komunikazioaren erraztasunen deskribapena

Komunikazioak erretransmititzeko sistemari esker, hainbat zerbitzu izango dira tunelaren barruan dauden irratit terminalen komunikazioetan hura osatzen duten kanal eta zerbitzu bakoitzean. Jarraian, horietako bakoitzak komunikaziorako ematen dituen zerbitzuak azalduko dira:

- Irrati mugikorreko edo eramangarriko terminala tunelaren barruan; terminal mugikorra edo eramangarria du tunelaren barruan ere.
- Irrati mugikorreko edo eramangarriko terminala tunelaren barruan, oinarritzko estazioa edo kontrolleko zentroa zerbitzuak ematen diren tokian izanik eta alderantziz
- Irrati mugikorreko edo eramangarriko terminala tunelaren barruan, tuneletik kanporako irratit mugikorreko edo eramangarriko terminala izanik errepikagailuen estaldurapean edo zerbitzuko estazioaren estaldurapean eta alderantziz.

7. KONTROL ZENTRALIZATUKO SISTEMA

7.1. Sarrera

Kontrol zentralizatuko sistemari esker, kontrolleko zentroko operadoreek segurtasun eta zaintza sistemak osatzen dituzten ekipoak eta instalazioak (argiteria, aireztapena, trafikoaren kudeaketa, CCTV eta GAD, suaren kontrako sistemak, komunikazio sistemak, etab.) gainbegiratzeko, monitorizatzeko eta horietan jarduteko modua dute. Aldi berean, horretarako alarma teknikoak dituzten instalazioak edo sistemak kontrolatzen ditu sistemak. Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan ezarri denez, I. eta II. motako tunel guztiak kontrol zentralizatu izan behar dute segurtasun eta zaintzako sistemak aurkeztean.

Kontrol zentralizatuaren xedea larrialdiak detektatzea eta halakoetan sistema ezberdinetan berehala jardutea da. Segurtasuna izateko lehentasunezko helburuaz gain, kontrol zentralizatuako sistemak, tuneletako zaintza, kontrol eta segurtasuneko instalazioak kontrolatu, kudeatu eta koordinatzeko arduraduna den aldetik, honako baldintza hauek lortzea du helburu:

El cable radiante puede simultanear tantos canales como se deseen siempre y cuando se disponga de las unidades multiacopladores necesarias para su conexión al cable radiante. También permiten incorporar sistemas de radiotelefonía celular así como la emisión de señales procedentes de emisoras de FM o AM comerciales.

El cable radiante es un cable coaxial al que se le han practicado una serie de aberturas en el conductor exterior, las cuales permiten la radiación de señales y tendido a lo largo de un túnel, las comunicaciones entre terminales que se encuentran en su interior o bien con su estación base.

Las comunicaciones mediante cable radiante no se ven condicionadas por las dimensiones de los túneles o bandas de frecuencias; como aspecto negativo podemos indicar que los costes materiales e instalación son superiores a los de los sistemas de antenas convencionales. Un adecuado diseño del sistema asegura con un nivel de señal no afectado por otras circunstancias, la comunicación en todo el trazado de los túneles.

6.3.4. Requisitos del sistema de radiotelefonía

El sistema de radiotelefonía debe ser supervisado y controlado por el Sistema de Control Centralizado.

En el caso que se incorpore en el interior del túnel el servicio de redifusión emisoras comerciales, el sistema de radiotelefonía deberá permitir la retransmisión de mensajes de seguridad en estas frecuencias a la atención de los usuarios.

Estos mensajes se deberán poder emitir en las frecuencias de las emisoras comerciales desde un micrófono instalado en cada mesa de operador en el Centro de Control o mediante mensajes pregrabados reproducidos por ordenador, en una o varias lenguas.

6.3.4.1. Descripción de las facilidades de comunicación del sistema

El sistema de retransmisión de comunicaciones permitirá una serie de facilidades de comunicación de los terminales radio que se encuentran en el interior del túnel para cada uno de los canales o servicios que lo integran. A continuación se describen las facilidades de comunicación de cada uno de ellos:

- Terminal radio móvil o portátil dentro del túnel con terminal móvil o portátil también dentro del túnel.
- Terminal radio móvil o portátil dentro del túnel con su estación base o centro de control en la población en donde presta sus servicios y viceversa.
- Terminal radio móvil o portátil dentro del túnel con terminal radio móvil o portátil fuera del túnel que se encuentre bajo la cobertura de los repetidores o estación de cobertura del servicio correspondiente y viceversa.

7. SISTEMA DE CONTROL CENTRALIZADO

7.1. Introducción

El control centralizado es un sistema que permite a los operadores del centro de control supervisar, monitorizar y actuar sobre los equipos e instalaciones del túnel que forman los sistemas de seguridad y vigilancia (Alumbrado, Ventilación, Gestión de Tráfico, CCTV y DA), Sistemas Contra Incendios, Sistemas de Comunicaciones, etc.). Al mismo tiempo, el sistema realiza un control de las distintas instalaciones o sistemas que dispongan de alarmas técnicas para tal fin. Todos los túneles de Tipo I y II según se indica en el Decreto Foral de Seguridad en Túneles deben disponer de control centralizado al presentar sistemas de seguridad y vigilancia.

El control centralizado tiene por objetivo principal la rápida detección de las emergencias y su inmediato tratamiento con actuación sobre los distintos sistemas. Además del objetivo primordial de la seguridad, el sistema de control centralizado, como encargado de controlar, gestionar y coordinar las instalaciones de vigilancia, control y seguridad de los túneles, tiene como objetivo conseguir las siguientes condiciones:

- Gidatzeko baldintzetan ahalik eta segurtasun eta erosotasun handiena ematea erabiltzaileari tuneletik doanean, baita tunela ustiatzen eta mantentzen duten operadoreei ere.
- Gailuen errendimendu egokia: ekipoen segurtasuna, beren bizitza erabilgarria luzatzea, energia-baliabideak minimizatzea.
- Sistema guztien funtzionamendu erregularra, egonkorra eta koordinatua.

Landako ekipoen datuak eta informazioa eskuratzen ditu kontrol zentralizatuko sistemak, ezarritako kontrolko algoritmoen arabera agindu egokiak sortuz prozesatzen du informazioa, eta landako elementuei transmititzen die.

Landako ekipoei lorturiko datuak eta informazioa kontrolko zentrori transmititzen dira, non tunelaren eta instalazioen egungo egoera erakusten baita eta sistemen gaineko jarduketak egiten baitira. Jarduketa horiek landako ekipoei transmititzen zaizkie. Hala, honako ataza hauek bete ditzake tuneletako kontrol zentralizatuko sistemak:

- Landako ekipoei sortutako datuak eta informazioa eskuratzea. Datu horien artean, sentsoreek eginiko neurketak zein landako sistemaren eta ekipoen funtzionamenduaren egoeraren gaineko alarma teknikoak daude.
- Neurketa eta alarma tekniko guztiak transmititzea landako ekipoi bakoitzetik kontrolko zentroraino.
- Sentsoreetako informazio guztia prozesatzea, tunelaren egoerari buruzko informazioa denbora errealean erakutsiz eta segurtasun eta zaintzako sistemak emandako informazioa eskuratzeko modua emanez.
- Gorabeherak antzematea sentsoreek sortutako alarman eta neurketen bidez. Ekintzak gorabehera horien arabera bete-araziko dira.
- Tuneletan eta sarreretan jarritako ekipoei eta sentsoreei aginduak transmititzea, eskuz edo programaturiko jarduketa-estrategien arabera.
- Historikoen erregistroa eta ondorengo kontsulta.

Kontrol zentralizatuko sistemak tuneleko segurtasun eta zaintzako gainerako sistemekin batera jardun behar du, guztiak batera kudeatuta tunela unitate bakar baten gisa kontrolatzeko, hala, modu ezberdinetan emandako datuek automatikoki jarduteko modua emango baitute inplikaturiko beste edozein sistematan.

Kontrol zentralizatuko sistemak honako hauek egiteko modua eman behar die kontrolko zentroko operadoreei:

- Sistemetako landako gailu guztien funtzionamenduaren egoera denbora errealean jasotzea eta erakustea.
- Modu automatikoan, erdi automatikoan (kontrolko zentroko operadoreak baieztatuta) edota eskuz jardutea horretarako jarriko dira gailuetan.

Zentro batetik gainbegiratu eta kontrolatu behar dira sistema guztiak; zentroa tunelekoa izan daiteke soilik, edo bestela hainbat tuneletakoa. Ustiapen bereko tunel guztiak kontrolko zentro bakarretik kontrolatuko dira. Horretarako, zentralizazioa gela bakarrean izatea ahalbidetzen duen komunikazio sistema jarriko da.

Baldin eta Aldundiak duen Kontrolko Zentrotik kontrolatzen bada tunela, sistemak Aldundiaren kontrolko softwarean integratu behar dira. Tunelak bere kontrolko zentroa badu, datu guztiak, informazioa eta jasotako irudiak esportatzeko ekipoei eta bitartekoak izan behar dituzte eta, gainera, Aldundiaren zentrotik denbora errealean erabilgarri izan behar dute. Bestalde, sistema guztiak Aldundiaren kontrolko softwarean integratu behar dira.

Kontrolaren arkitekturaren oinarria Kontrol Zentralizatuko Logika Banatuko Sistema bat da. Sistemetako kontrolaren logika (kontrolko algoritmoak), UNE 135411 arauan oinarritua, tunelean zehar banatuta dauden eta landako ekipoei toki mailan kon-

- Una máxima seguridad y comodidad en las condiciones de conducción para el usuario en el tránsito por el túnel, así como para los operadores que realizan la explotación y mantenimiento del mismo.
- Un óptimo rendimiento de los dispositivos: seguridad de los equipos, alargamiento de su vida útil, minimización de recursos de energía.
- Funcionamiento regular, estable y coordinado de todos los sistemas.

El sistema de control centralizado adquiere los datos e información de los elementos instalados en campo, procesa la información generando las órdenes adecuadas según los algoritmos de control implementados y las transmite a los elementos de campo.

Los datos e información obtenidos de los equipos de campo son transmitidos a un centro de control en el que se muestra el estado actual del túnel y de sus instalaciones y se realizan actuaciones sobre los distintos sistemas. Estas actuaciones se transmiten a los equipos situados en campo. De esta forma, el sistema de control centralizado de túneles realiza las siguientes tareas:

- La adquisición de la información y datos generados por los equipos instalados en campo. Entre estos datos se encuentran tanto las medidas realizadas por los sensores como las alarmas técnicas del estado de funcionamiento de los equipos y sistemas de campo.
- La transmisión de todas las medidas y alarmas técnicas desde cada uno de los equipos de campo hasta el Centro de Control.
- Procesado de toda la información proveniente de los diferentes sensores, mostrando la información del estado del túnel en tiempo real y permitiendo el acceso a toda la información proporcionada por los sistemas de seguridad y vigilancia.
- Detección de incidentes a partir de las medidas y alarmas generadas por los sensores. Ejecución de acciones en función de estos incidentes.
- Transmisión de órdenes a los equipos y sensores instalados en los túneles y sus accesos, bien manualmente o a partir de estrategias de actuación programadas.
- Registro de históricos y su posterior consulta.

El sistema de control centralizado deberá interactuar con el resto de sistemas de seguridad y vigilancia del túnel, gestionándolos de forma conjunta para controlar el túnel como una sola unidad, de forma que los datos suministrados por un sistema permitan actuar de forma automática sobre cualquier otro sistema implicado.

El sistema de control centralizado debe permitir a los operadores del centro de control:

- Obtener y mostrar el estado de funcionamiento en tiempo real de todos los dispositivos de campo de los distintos sistemas.
- Actuar de forma automática, semiautomática (con confirmación del operador del centro de control) y/o manual sobre los dispositivos instalados a tal fin.

Todos los sistemas deben ser supervisados y controlados desde un centro, que puede ser exclusivo de un túnel o común para varios túneles. Todos los túneles que pertenezcan a una misma Explotación se controlarán desde un Centro de Control único. Para ello se instalará un sistema de comunicaciones que permita esta centralización en una única sala.

Si el túnel se controla desde el Centro de Control de la Diputación, los sistemas deben integrarse en el software de control de la Diputación. Si el túnel dispone de Centro de Control de túneles propio, deberán disponer de equipos y medios para exportar todos los datos, información e imágenes adquiridas y que éstos estén disponibles en tiempo real desde el centro de la Diputación, e integrar todos los sistemas en el software de control de la Diputación.

La arquitectura del control se basa en un Sistema de Lógica Distribuida con Control Centralizado. La lógica de control (algoritmos de control) de los sistemas se encuentra integrada en equipos ERUT (Estación Remota Universal de Túneles), basada en la

trolatzeko ahalmena duten TUEUko ekipoetan (Tuneletako Urrutiko Estazio Unibertsala) daude integratuta. Kontrol zentralizatua da, zeren segurtasun eta zaintzako sistemetako kontroleko zentrotik alda baitaitezke algoritmoak.

Hauexek dira kontrol zentralizatuko sistema osatzen duten elementu nagusiak:

— *Landako kontroleko zentroa*: Tunelean edo sarreretan sortutako datuak eta informazioa eskuratzeko eginkizuna du, baita aginduak kontroleko zentrotik landako ekipoetara transmititzeko ere. Hauexek osatzen dute:

- Landako ekipoak. Modu zentralizatuan tuneletan edo sarreretan jarritako ekipoak kontrolatu nahi direnean.
- I/S-ko moduluak. Landako ekipoen sarrerak eta irteerak, analogikoak zein digitalak, eta serieko loturen bidez transmitituriko horien informazioa urrutiko I/S-ko modulu bidez integratzen dira sisteman. TUEUen eta tuneletako instalazioen landako ekipoen arteko interfaze funtzioa betetzen dute. Datuak kontzentratzaileekin eskuratzeko arkitekturan erabiltzen dira.
- TUEU (Tuneleko Urrutiko Estazio Unibertsalak Erredundanteak). UNE 135411 araua bete behar du, eta, batik bat, 3-2:2004 zatia, «Bide-seinaleztapenerako ekipamendua. Urrutiko estazioak. 3-2 zatia: Ezaugarri funtzionalak. Tuneleko urrutiko estazioak». Haien helburua da tunelean jarritako landako ekipoek lortutako datuak eta informazioa biltzea, kontrolatu eta gainbegiratu beharreko instalazioen edo sistemen kontrol logiko banatua egitea, landako ekipoen datuak eta informazioa kontroleko zentrori transmititzea eta kontroleko zentrotik sortutako aginduak tuneleko sistema eta instalazio guztietara igortzea.

Prozesatzeko ahalmena dute, eta instalazioak kontrolatzeko logika ezarria dute oro har; gainera, horiekin lotuta dauden sistemak kontrolatzen dituzte toki-mailan.

Datuak biltzeko, kudeatzeko eta transmititzeko elementuak dira, eta ekipoen eta kontroleko zentroaren arteko komunikazioa eta lotura egiten du. Urrutiko estazioek kontroleko oinarriko funtzioak eta komunikazioko funtzioak bete behar dituzte (mezuak prozesatzen dituzte, kontroleko eta komunikazioko aginduak ematen dituzte eta haien menpeko elementuen eta kontroleko zentroaren arteko komunikazioak kudeatzen dituzte).

- Landako tokiko aldearen sarea. LAN komunikazio sarea (Local Area Network) eta LAN eta TUEU konektatzeko ekipamendua biltzen ditu. Sare horrekin komunikatzen dira elkarrekin tunel bereko TUEUak, edo hurbileko tuneleko komunikazioaren bidez. Ethernet sareak ezarri dira oinarritzat, baliabide tipiko gisa F.O. transmisioa izanik. Sare horien gainean TCP/IP protokoloak ezarri dira.

— *Garraioko sare nagusia*: Garraioko sare nagusia, tuneletan jarritako TUEU eta kontroleko zentroaren arteko komunikazioa ahalbidetzen duena. Komunikazio guneen bidez egiten dira sare nagusiaren eta TUEUen arteko konexioak.

— *Kontrolako zentroa*: Tuneletik edo tunel-multzotik datorren informazioa zentralizatzeko tokia da, eta bertatik bidaltzen dira landako ekipoetan jarduteko aginduak, zentroan programaturiko jarduketara-estrategiak abiapuntutzat hartuta.

TUEUek atzemandako informazio guztia kontroleko zentrori transmititzen da eta bertan prozesatu, gorde eta operadoreari erakusten zaio, tunelaren egoerari buruzko ikuspegi orokorra denbora errealean izan dezan. Operadoreak, kontroleko zentroko operadorearen postuetatik, tuneletan dauden segurtasun eta zaintzako instalazio guztiak gainbegiratu eta kontrolatuko dituzte.

norma UNE 135411, que se encuentran distribuidos por el túnel y disponen de capacidad para controlar de forma local a los distintos equipos de campo. El control es centralizado ya que los algoritmos de control de los sistemas de seguridad y vigilancia, son modificables desde el centro de control.

Los principales elementos de los que consta el sistema control centralizado son:

— *Red de control en campo*: Es la encargada de la adquisición de la información y datos generados por los equipos instalados en el túnel o en sus accesos, y de transmitir las órdenes desde el centro de control hasta los equipos instalados en campo. Está constituida por:

- Equipos de campo. Equipos instalados en el túnel o en sus accesos que se pretenden controlar de un modo centralizado.
- Módulos E/S. Dispositivos capaces de adquirir y transmitir señales analógicas y digitales y/o comunicarse con equipos instalados en campo, a través de enlaces tipo serie. Sirven de interfaces entre las ERUTs y los equipos de campo de las instalaciones del túnel. Se emplean en la arquitectura de adquisición de datos con concentradores.
- ERUT (Estaciones Remotas Universales de Túnel Redundantes). Deberá cumplir con la norma UNE 135411, destacando la parte 3-2:2004 «Equipamiento para la señalización vial. Estaciones remotas. Parte 3-2: Características funcionales. Estaciones remotas de túnel». Su labor es concentrar los datos e información generada por los equipos de campo instalados en el túnel, realizar un control lógico distribuido de las distintas instalaciones o sistemas a supervisar y controlar, transmitir al centro de control los datos e información de los equipos de campo y de forma inversa enviar las órdenes generadas desde el centro de control a cada uno de los sistemas o instalaciones del túnel.

Las ERUTs poseen capacidad de proceso, disponiendo de forma integrada de la lógica de control de las instalaciones y realizan un control a escala local de los sistemas asociados a ella.

Son elementos de adquisición y transmisión de datos, realizando la conexión y comunicación de los diferentes equipos con el centro de control. Las remotas deben realizar tanto funciones básicas de control como de comunicaciones (procesan mensajes, emiten órdenes de control y comunicación y gestionan las comunicaciones entre los elementos que dependen de ellas y el centro de control).

- Red de área local de campo. Incluye la red de comunicaciones LAN (Local Área Network) y el equipamiento para conectar a las ERUTs a la misma. Con esta red se comunican entre sí las distintas ERUTs del mismo túnel o incluso las de túneles próximos. Se establece como base la utilización redes Ethernet, empleando como medio típico de transmisión F.O. Sobre estas redes se establecen protocolos TCP/IP.

— *Red Troncal de Transporte*: Red troncal de transporte que permite la comunicación entre el centro de control y las ERUT instaladas en los túneles. La conexión de las ERUT a la red troncal se realiza mediante Nodos de Comunicaciones.

— *Centro de Control*: Lugar donde se centraliza la información procedente del túnel o conjunto de túneles, desde donde se envían las órdenes para actuar sobre los equipos de campo a partir de estrategias de actuación programadas en el centro.

Toda la información capturada por las ERUTs es transmitida al Centro de Control donde es procesada, almacenada y mostrada al operador para que este tenga una visión global y en tiempo real del estado del túnel. Desde los puestos de operador del Centro de Control el operador supervisará y controlará todas las instalaciones de seguridad y vigilancia que poseen los túneles.

7.2. Landako kontroleko zentroa

Landako kontroleko sarea TUEUen eta landako ekipoen artean komunikatzeko bidea da. Gainera, TUEUek eginiko landako sistemen kontrol logiko osoa egiten du.

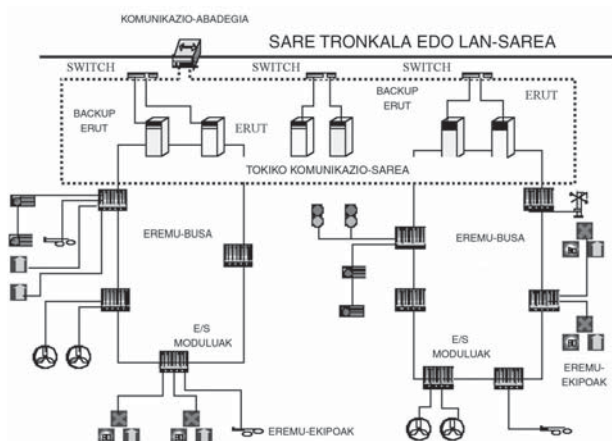
Landako kontroleko sareak honako eginkizun hauek bete behar ditu:

- Landako ekipoei sortutako datuak eta informazioa eskuratzea; kontrolatu beharreko sistemen alarma teknikoak eta sentsoreak neurtzea.
- Kontrolatu eta gainbegiratu beharreko sistemen kontrol logikoa, betiere kontroleko aginduak landako ekipoei transmititzen.
- Tuneleko segurtasun eta zaintza sistemak osatzen dituzten landako ekipoei lotutako datu guztiak eta informazioa kontroleko zentroari transmititzea.
- Kontroleko zentrotik sortutako aginduak jasotzea eta jarduketak horiek landako ekipoei transmititzea.

7.2.1. Landako ekipoen sarearen arkitektura

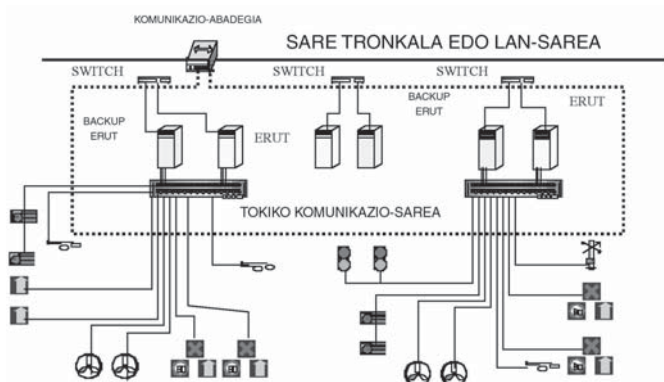
Arkitektura 1

Datuak kontzentratzaileekin eskuratzea. I/S-ko moduluak eskuratzen dituzten datuak, tunelean zehar landako ekipoei puntu-puntu edo puntu anitzeko loturen bidez banatuak. I/S-ko moduluak TUEUei transmititzen dizkiete datuak eta informazioa merkatuan oso hedatuta dagoen eta hornitzaile bat baino gehiago duen landako bus estandarren bidez.



Arkitektura 2

Datuak puntu-puntu eskuratzea. TUEUek eskuratzen dituzte zuzenean landako ekipoei sortutako datuak eta informazioa, horiek puntu-puntu loturen edo puntu anitzeko loturen bidez.



7.2. Red de control en campo

La red de control de campo es el medio de comunicaciones entre las ERUTs y los equipos de campo. Además de realizar todo el control lógico de los sistemas de campo realizado desde las ERUTs.

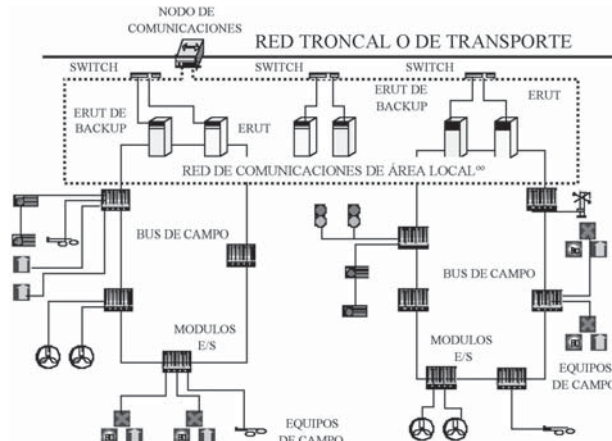
La red de control de campo tiene la siguiente funcionalidad:

- Adquisición de los datos e información generada por los equipos de campo; medida de los sensores y alarmas técnicas de los distintos sistemas a controlar.
- Control lógico de los sistemas a controlar y supervisar, transmitiendo las órdenes de control a los equipos de campo.
- Transmisión al centro de control de todos los datos e información adquiridos de los equipos de campo que forman todos los sistemas de seguridad y vigilancia del túnel.
- Recepción de las órdenes generadas desde el centro de control y la transmisión de estas actuaciones a los equipos de campo.

7.2.1. Arquitectura de la red de control de campo

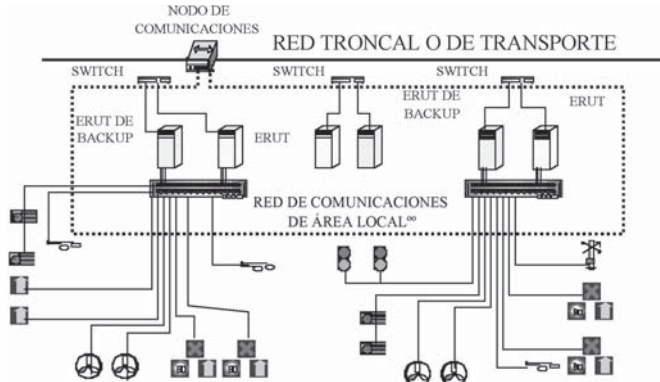
Arkitektura 1

Adquisición de datos con concentradores. La adquisición de datos la realizan los módulos de E/S, distribuidos a lo largo del túnel a través de enlaces punto a punto o multipunto con los equipos de campo. Los módulos de E/S transmiten los datos e información de los equipos de campo a las ERUTs a través de un bus de campo estandarizado, de amplia difusión en el mercado y con más de un proveedor.



Arkitektura 2

Adquisición de datos punto a punto. La adquisición de los datos e información generada por los equipos de campo es realizada directamente por las ERUTs., a través de enlaces punto a puntos o multipunto con estos.



Hirugarren arkitektura aurreko bien konbinaketa izango litza-teke: TUEUek hurbil dauden ekipoetatik eskuratzen dituzte datuak, betiere datuak eskuratzeko arkitektura kontzentratzaileekin erabiliz, TUEUetatik urrutien dauden landako ekipoekin komunikatu ahal izateko.

7.2.2. Landako ekipoak

Tuneletan jarritako ekipoak dira, segurtasun eta zaintzako sistema osatzen dutenak. Kontrol zentralizatuak kudeatzen ditu landako ekipo horiek; izan ere, bi jarduketa-mota egiten ditu, oro har, ekipoetan:

- *Datuak eskuratzea*: Tuneletan jarritako kameraren, sentsoreen eta detektagailuen informazioa jasotzea. Neurketak edo alarmak izan daitezke informazioak.
- *Jarduteko modua*: Aireztapen, argiztapen, jardule eta bidean jarritako bestelako landako ekipoen gain jarduteko aginduak.

Jarraian, kontrol zentralizatuko sistemak segurtasun eta zaintzako sistemetatik jaso edo sortu behar dituen neurriak, alarmak eta aginduak zehaztuko dira. Hala egin behar da nahitaez baldin eta datuak eskuratzeko eta jarduteko behar diren landako ekipoak jarri behar badira; jarduketa hori segurtasun eta zaintzako sistema bakoitzari dagokion atalean agertzen da zehatz-mehatz.

- Argiteria:
 - Tunelaren kanpoko eta barneko aldean arteko kontrastea neurtzea.
 - Argiztapena aktibatzea.
 - Argien zirkuituaren egoera.
 - Luminariaren hutsa.
- Aireztapena:
 - Ikuspenaren neurketa.
 - Airearen osasungarritasunaren neurketa (CO, NOx).
 - Haizearen abiaduraren neurketa eta noranzkoa, tunelaren barruan zein sarreretan.
 - Aireztapena aktibatzea.
- Trafikoaren kudeaketa:
 - Seinaleztapen dinamikoa piztea (semaforoak, panelak, barrerak...).
 - Trafikoa neurtzea eta sailkatzea.
 - Tunelen sarreren ingurumen-baldintzak neurtzea.
 - Ibilgailuak detektatzeko alarmak gehiegizko galiboa dagoenean.
 - Detekzio automatikoen sistemek sortutako alarmak, espi-retan oinarrituriko sistemek hain zuzen.
- CCTV eta GAD:
 - Bideoan oinarrituriko detekzio sistema automatikoen eragindako alarmak.
 - Sistema motorizatuaren kontrola eta ezaugarri horiek dituzten kameraren zooma.
 - Irudiak grabatzeko sistema.
- Suaren kontrako sistemak:
 - Su alarmak (sensore espezifikoaren bidez edo beste alarma batzuk konbinatuz).
 - SUS aktibatzeako alarma edo itzalgailua kentzea.
 - Ebakuazioko atea irekitzeko alarma, lokal teknikoan.
 - Ponpaketa-multzoak huts egitearen ondoriozko alarma.
 - Ur-tangaren edo suteen kontrako deposituaren mailaren ondoriozko alarma.
- Ahotsa komunikatzeko sistemak:
 - Deia eskatzeko alarma SOS zutoinetan.
 - Megafonia jartzea SOS zutoinetan.

Una tercera arquitectura sería una combinación de las dos anteriores, adquiriendo los datos directamente las ERUTs de los equipos de campo próximos a ella, y empleando la arquitectura de adquisición de datos con concentradores para establecer comunicación con los equipos de campo más alejados de las ERUTs.

7.2.2. Equipos de campo

Son los equipos instalados en el túnel que integran los distintos sistemas de seguridad y vigilancia. Estos equipos de campo son gestionados por el sistema de control centralizado que de forma general realiza dos tipos de actuaciones en ellos:

- *Adquisición de datos*: Recepción de la información procedente de cámaras, sensores y detectores instalados en los distintos túneles. Esta información puede ser medidas o alarmas.
- *Actuación*: Órdenes para actuar sobre la ventilación, iluminación, señalización, actuadores y otros equipos de campo instalados en el viario.

A continuación se detalla las medidas, alarmas y ordenes que el sistema de control centralizado deberá recibir o generar de los distintos sistemas de seguridad y vigilancia. La obligación vendrá dada por la instalación de los distintos equipos de campo necesarios para la adquisición de datos y actuación que viene detallada en cada uno de los capítulos correspondientes a cada uno de los sistemas e seguridad y vigilancia.

- Alumbrado:
 - Medida del contraste entre la luminosidad exterior y la del interior del túnel.
 - Activación de iluminación.
 - Estado de circuito de alumbrado.
 - Fallo de luminaria.
- Ventilación:
 - Medida de visibilidad.
 - Medida de salubridad del aire (CO, NOx).
 - Medida de velocidad y dirección del viento tanto en el interior como en los accesos de túnel.
 - Activación de ventilación.
- Gestión de Tráfico:
 - Activación de la señalización dinámica (semáforos, paneles, barreras...).
 - Medidas de aforo y clasificación del tráfico.
 - Medida de las condiciones medioambientales en los accesos al túnel.
 - Alarmas de detección de vehículo con exceso de galibo.
 - Alarmas generadas por sistemas de detección automáticos basados en espiras.
- CCTV y DAI:
 - Alarmas generadas por sistemas de detección automáticos basados en vídeo.
 - Control del sistema motorizado y zoom de las cámaras que dispongan de estas características.
 - Sistema de grabación de imágenes.
- Sistemas Contraincendios:
 - Alarmas de fuego (generadas mediante sensores específicos o combinación de otras alarmas).
 - Alarma de activación de BIE o retirada de extintor.
 - Alarma de apertura de puerta de evacuación, local técnico.
 - Alarma por fallo en grupo de bombeo.
 - Alarmas por nivel del aljibe o depósito contra incendios.
- Sistemas de Comunicación de voz:
 - Alarma de solicitud de llamada en poste SOS.
 - Apertura de fonía en poste SOS.

- Megafonia mezuak igortzea.
 - Irrati sistema konbentzionalen bidezko larrialdi mezuak igortzea (sistema hori tunelean badago).
- Alarma teknikoak:
- Elikatze elektrikoen eta komunikazioen sistemei buruzko alarma teknikoak.
 - Ekipo (ekipoaren egoera, matxurak detektatzea) eta sistema bakoitzak dakartzan neurri eta alarma tekniko espezifikoak.

7.2.3. I/S-ko modulua

Landako ekipoen sarrerak eta irteerak, analogikoak zein digitalak, eta serieko loturen bidez transmitituriko horien informazioa urrutiko I/S-ko moduluen bidez integratzen dira sisteman, betiere bakoitzari dagokion TUEUrekin lotuta (Tuneleko Urrutiko Estazio Unibertsala) landako bus estandar, ireki eta oso hedatuaren bidez, eta Profibus delakoa gomendatzen da IEC 61185/EN 50170 arauaren arabera, homogeneizazioa dela eta. Modulu horien oinarriak «Field Independent Terminal Block» deritzen teknologia izan behar du. Modulu-bloke bakoitza goiburu batekin dago osatuta, eta goiburu horrek landako busarekiko komunikazio lanak egiten ditu; gainera, I/S-ko txartel modularrak ere baditu, hain zuzen ere seinaleak eskuratzeko eta landako ekipoen transmititzeko eginkizuna betetzen dutenak.

I/S modulua, landako busarekin duen goiburuko interfazea izanik, tuneleko horma pikoetan jarritako SOS zutoinetako armairuetan banatzen dira. Banaketa horri esker, neurtu beharreko sentsoreetara eta jardun beharreko elementuetara hurbiltzen dira modulua; hala, errazagoa da instalazioa egitea.

I/S moduluei esker, kontzentratzaileak dituen eskuratzeko-egitura lortzen da, eta egitura horrek abantaila hauek ditu:

- Arkitektura malguagoa. I/S modulua erraz integratu daitezke landako busean; busa handitu egin daiteke.
- Askoz kable gutxiago behar da eta, beraz, akatsak izateko probabilitateak murriztu eta kostuak gutxitu egiten dira.
- Instalazio modularra, eta horrek sendotasun eta erraztasun handiagoa ematen du.

Urrutiko estazioek jarduten dute zuzenean tuneleko elementuetan I/S moduluen bidez. Aipaturiko modulu horiek kasuan kasuko tuneletako sentsore eta jardule seinale moten arabera egokitzen dira betiere. Honako ezaugarri hauek izan behar dituzten seinaleak:

- Sarrera analogikoak.
- Irteera analogikoak.
- Sarrera digitalak.
- Irteera digitalak.
- Serieko loturak: RS-232C (V.24).
RS-422 / RS-485 (X.27).

7.2.3.1. I/S moduluen ezaugarri teknikoak

- Komunikazio-protokoloa: Landako bus estandarra, ahal dela, Ethernet-en, esate baterako, Modbus/TCP, Profinet, EtherNet/IP, etab.
- Transmisio-modua: Zuntz optikoaren bidez.
Kable koadretea: RS-485, 422, 232.
- Informazioa transmititzeko gutxieneko abiadura (gomendatua): 9.6 kbp.
- Gutxieneko babes-maila: IP20.
- Giroko tenperatura: 0 °C - +60 °C.
- Modularitate granularra. Sarrerako edota irteerako txartel modularrekin konfiguratu daitezke.
- Zaraten kontrako immunitatea.

7.2.4. Tuneletako urrutiko estazio unibertsalak (TUEU)

Kontrol banatuaren egitura da kontrol zentralizatuaren sistema, gainbegiratu eta kontrolatu beharreko landako ekipoak zuzene-

- Emisión de mensajes de megafonía.
 - Emisión de mensajes de emergencia por sistema de radio convencional (si dispone de este sistema el túnel).
- Alarmas técnicas:
- Alarmas técnicas sobre los sistemas de alimentación eléctrica y comunicaciones.
 - Medidas y alarmas técnicas específicas que generen cada uno de los equipos (estado del equipo, detección de averías) y sistemas.

7.2.3. Módulos de E/S

Las entradas y salidas de los equipos de campo, tanto analógicas como digitales así como la información del mismo transmitida a través de enlaces serie, se integran al sistema por medio de Módulos de E/S remotos asociados a su respectiva ERUT (Estación Remota Universa de Túnel), por medio de un bus de campo estándar, abierto y de amplia difusión, recomendándose Profibus según IEC 61185/EN 50170, por homogeneización. Estos módulos deben basarse en la tecnología denominada «Field Independent Terminal Block». Cada bloque de módulos se compone de una cabecera que realiza la labor de comunicaciones con el bus de campo, y tarjetas modulares de E/S que son los que tienen la función de adquisición y transmisión de señales con los equipos de campo.

Los módulos de E/S, con su cabecera interfaz al bus de campo, se distribuyen por el túnel instalándose en los armarios de los postes SOS situados en los hastiales del túnel. Con esta distribución los módulos se acercan a los sensores a medir y a los elementos sobre los que actuar, facilitando la instalación.

Con los módulos de E/S se obtiene una estructura de adquisición de datos con concentradores, la cual tiene unas ciertas ventajas:

- Arquitectura más flexible. Se puede integrar fácilmente módulos de E/S en el bus de campo, pudiéndose ampliar el bus.
- Se produce un ahorro significativo de cable y, por tanto, una menor probabilidad de fallos y se disminuye costos.
- Instalación modular, lo que redundará en su robustez y sencillez.

La actuación sobre los elementos del túnel lo realizan de forma directa las estaciones remotas mediante los módulos de E/S. Estos módulos se adecuan para cada caso a los tipos de señales de los sensores y actuadores del túnel. Las señales deben tener las siguientes características:

- Entradas Analógicas.
- Salidas Analógicas.
- Entradas Digitales.
- Salidas Digitales.
- Enlaces serie: RS-232C (V.24).
RS-422 / RS-485 (X.27).

7.2.3.1. Características técnicas de los módulos de E/S

- Protocolo de comunicación: Bus de campo estándar, preferentemente sobre Ethernet, como Modbus/TCP, Profinet, EtherNet/IP, etc.
- Medio de transmisión: Fibra óptica.
Cable cuadrado: Serie RS-485, 422, 232.
- Velocidad mínima (recomendada) de transmisión de información: 9.6 kbps.
- Nivel mínimo de protección: IP20.
- Temperatura ambiente: 0 °C a +60 °C.
- Modularidad granular. Configurable con tarjetas modulares de entrada / salida.
- Inmunidad a los ruidos.

7.2.4. Estaciones remotas universales de túneles (ERUT)

El sistema de control centralizado está basado en la estructura de un Control Distribuido, que permite gestionar directamen-

nean kudeatzeko modua ematen duena, betiere sistema gisa tratatuz. TUEUak ekipoak dira, modu autonomoak aipaturiko sistema horiek gobernatzeko dituztenak, betiere toki mailan kontrol inteligentea eginez, baina gorengo mailarekin (kontrolako zentroa) erabat koordinatuta.

Haien helburua da tunelean jarritako landako ekipoek lortutako datuak eta informazioa biltzea, kontrolatu eta gainbegiratu beharrek instalazioen edo sistemen kontrol logiko banatua egitea, landako ekipoen datuak eta informazioa kontrolako zentrori transmititzea eta kontrolako zentrotik sortutako aginduak tuneleko sistema eta instalazio guztietara igortzea.

Prozesatzeko ahalmena dute, eta instalazioak kontrolatzeko logika ezarria dute oro har; gainera, horiekin lotuta dauden sistematik kontrolatzen dituzte toki mailan. Elkarrekiko lotura dute tunelean kontrolatzeko sistema guztiek, eta kontrol zentralizatua duen Logika Banatuko Sistema batean daude integratuta.

Datuak biltzeko, kudeatzeko eta transmitzeko elementuak dira, eta ekipoen eta kontrolako zentroaren arteko komunikazioa eta lotura egiten du. Urrutiko estazioek kontrolako oinarriko funtzioak eta komunikazioko funtzioak bete behar dituzte (mezuak prozesatzen dituzte, kontrolako eta komunikazioko aginduak ematen dituzte eta haien menpeko elementuen eta kontrolako zentroaren arteko komunikazioak kudeatzen dituzte).

Modu degradatuan, Kontrol Zentroarekin komunikaziorik izan gabe, algoritmoak modu lokalean gauzatzeko gai izan behar dute, baita jarduera programatuak gauzatzeko ere.

SISTEMAREN ARKITEKTURA

Sistemaren arkitekturan, TUEUak tunelen inguruetan jartzen dira, tunelean zehar banatuak, betiere kontrol banatuaren filosofian arabera, hots, ahalik eta hurbilen kokatzen dira landako ekipoak. Tunel bakoitzeko lokal teknikoaren barruko aldean kokatuko dira TUEUak, edo soilik horiek kokatzeko egokituriko diren lokaletan.

Tunel guztietan dauden TUEUak Tokiko Aldeko Komunikazio Sarearekin konektatzen dira, eta gorengo mailara pasa daitezke (sare nagusia edo garraioko sarea) LAN sare baten bidez (tokiko aldeko sarea). Oinarri gisa, Ethernet sareak erabiltzea ezarri da, eta transmisio bidea, oro har, zuntz optikoa da. «Switch-ak» erabiltzen dira TUEUak Ethernet sarearekin konektatzeko. TUEUak tuneletako gela teknikoetan egongo dira kokaturik. LAN sareen arkitektura eraztuneko da erredundantzia fisikoak ahalbidetzeko.

Ethernet tokiko sarea eta sare nagusia edo garraioko sarea lotzen ditu komunikazio guneak, eta informazioa sistemako zerbitzuari transmititzen dio, interfaze baten funtzioa betez.

Kontrol banatua eta ekipoen eta kontrolako zentroaren arteko komunikazioak bermatzeko, erreserbako urrutiko estazioak jaretzea aurreikusten da, TUEUen antzekoak direnak eta estazio nagusien ordeztu automatikoki abiaraziko direnak nagusiek huts eginez gero. TUEU eta erreserbako TUEU bakoitzak banan-banan kontrolatzen ditu tuneleko aldeak, hots, landak obus batekin lotuta dauden I/S moduluen bidez.

Etengabeko elikatze sistema (EES) baten bidez elikatu behar da TUEU, eta TUEU babestu egingo da sareko tentsioa aldi batez jaisten denean.

EZAUGARRI TEKNIKOAK

TUEUren hardware plataformak 19»-ko rack motako armairu bateko industri hardwarea du oinarri. NE 135411 arauan («Bide-seinaleztapenerako ekipamendua. Urrutiko estazioak») eta horren ondorengo arau zabalagoak bete behar ditu.

Tuneletako Urrutiko Estazio Unibertsalaren kontzeptuak urrutiko estazio unibertsalaren eskakizunak handitzen ditu sarrera edota irteera analogikoen eta digitalen tratamenduan eta informazioaren tokiko tratamenduan, tuneletako sistemetara eta instalazioetara egokitzeko.

Oinarri horrek, beraz, lanen egungo egoeran honako hauek onartzea dakar:

te los distintos equipos de campo objeto de supervisión y control, tratándolos como sistemas. Las ERUTs son los equipos que gobiernan de forma autónoma estos sistemas, realizando un control inteligente de forma local aunque en perfecta coordinación con el Nivel Central (Centro de Control).

Su labor es concentrar los datos e información obtenida por los equipos de campo instalados en el túnel, realizar un control lógico distribuido de las distintas instalaciones o sistemas a supervisar y controlar, transmitir al centro de control los datos e información de los equipos de campo y de forma inversa enviar las órdenes generadas desde el centro de control a cada uno de los sistemas o instalaciones del túnel.

Poseen capacidad de proceso, disponiendo de forma integrada de la lógica de control de las instalaciones y realizan un control a escala local de los sistemas asociados a ella. La totalidad de los sistemas de control del túnel están relacionados entre sí e integrados en un Sistema de Lógica Distribuida con Control Centralizado.

Son elementos de concentración, gestión y transmisión de datos, realizando la conexión y comunicación de los diferentes equipos con el centro de control. Las remotas deben realizar tanto funciones básicas de control como de comunicaciones (procesan mensajes, emiten órdenes de control y comunicación y gestionan las comunicaciones entre los elementos que dependen de ellas y el centro de control).

En modo degradado, sin comunicación con Centro de Control, deben poder ejecutar en modo local algoritmos y realizar operaciones programadas.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

En la arquitectura del sistema las ERUTs se encuentran instaladas en el entorno de los túneles, distribuidas a lo largo de estos, siguiendo la filosofía de control distribuido de asociar en el entorno más próximo los equipos de campo. Dentro de cada túnel las ERUTs se instalarán en el interior de los locales técnicos de los túneles o en locales habilitados únicamente para este fin.

Las ERUTs presentes en cada túnel se conectan a la Red de Comunicaciones de Área Local, teniendo acceso al nivel superior (red troncal o de transporte) a través de una red LAN, red de área local. Se establece como base la utilización de redes Ethernet, empleando como medio típico de transmisión fibra óptica. Para conectar las ERUTs a la red Ethernet se emplea 'switches'. La ubicación de las ERUTs en los túneles son los locales técnicos. La arquitectura de estas redes LAN es de anillo para posibilitar redundancias físicas.

El nodo de comunicaciones enlaza la red local Ethernet con la red troncal o de transporte, que se encarga de transmitir información al servidor del sistema, trabajando como un interfaz.

Para asegurar el control distribuido y las comunicaciones entre los diferentes equipos y el centro de control, se ha previsto la instalación de remotas de reserva siendo idénticas a las ERUTs, que sustituirían de modo automático a las principales en caso de fallo de éstas. Cada ERUT y ERUT de reserva controlan de forma individual zonas del túnel, es decir, por medio de Módulos de E / S unidos por un bus de campo.

La alimentación de una ERUT se realiza a través de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), protegiendo a la ERUT de caídas transitorias de la tensión de red.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La plataforma hardware de la ERUT está basada en un hardware industrial alojado en un armario rack de 19». Debe cumplir con lo establecido en la Normas UNE 135411 «Equipamiento para la señalización vial. Estaciones remotas» y con las ampliaciones de la misma.

El concepto de Estación Remota Universal Túnel amplía los requerimientos de Estación Remota Universal en el tratamiento de Entrada/Salidas Analógicas y Digitales y el tratamiento local de la información para adecuarla a los sistemas e instalaciones de los túneles.

Esta base implica por lo tanto, en el estado actual de los trabajos, aceptar los siguientes hechos:

- Protokoloen eta ekipamenduen definizioak eta estandarizazioak, mezu aldakorrek panelekin, datuak hartzeko estazioekin eta estazio meteorologikoekin lotuak.
- Tuneletako Urrutiko Estazio Unibertsalekiko komunikazioen TCP/IP protokoloa, betiere transmisiorako bide fisiko ezberdinak ahalbidetuz. Protokolo hori zabaldu egingo da tuneletako gainerako ekipamenduekin betetzeko.
- Datuen ereduak, haien formatuan eta artxibatze metodoan kontrolean zentroan.
- Bezeroa/zerbitzaria arkitektura banatua, eta dagoeneko definiturik dagoen softwarearen oinarria.

Tuneletako Urrutiko Estazio Unibertsalek sarrera edota irteera analogikoko eta digitaleko txartelak, serieko portu estandarrek eta TUEU I/S moduluekin konektatzeko landako bus estandarrek konexioak izan behar dituzte. Tuneletako ekipamendua eta sarreak handitzeko aukera izateko, TUEUK handitzeko eta eskalatzeko modukoa izan behar du erabat.

7.2.5. Landako tokiko aldearen sarea

Tunel bakoitzean dauden TUEUak elkarrekin lotzen dira Tokiko Aldeko Komunikazio Sare baten bidez. Honako hauek osatzen duten sare hori: LAN (Local Area Network) komunikazio sareak eta TUEU horiekin konektatzeko beharrezko ekipamendua. Oinarri gisa, Ethernet sareak erabiltzea ezarri da, eta transmisio bidea, oro har, zuntz optikoa izango da. Sare horien gainean TCP/IP protokoloak ezarri dira.

Sare hauetan erabili beharreko tipologia eraztun erakoa da, eta erredundantziak egiteko modua ematen du maila fisikoan.

Komunikazio guneen bidez lotzen dira komunikazio sareak sare nagusiarekin edo garraio sarearekin, eta interfaze lana betetzen du LAN sarearen eta sare nagusiaren edo garraio nagusiaren artean.

TUEU bakoitza eta erreserbako TUEU tunel bakoitzeko LAN sarearekin konektatzen da bereziki industri erabileretarako diseinatutako dagoen eta ezaugarri modularrak dituen Switch Ethernet baten bidez; gainera, transmisio IEEE 802.3 estandarra bete behar du, bai kobreak, bai optikoan.

Kontuan hartu beharreko ezaugarri bat hau da: IP kanal bat ezarri behar dela bi zuntz optikoetan.

7.3. Komunikazioen sare nagusia

Baldin eta ustiapen batek kontrolean zentro beretik egiten badu komunikazioa Bizkaiko hainbat tokitan dauden tuneletan, kontrolen zentroa eta tuneletako TUEUen arteko komunikazio sistema bat behar du. Komunikazio sistema hori, komunikazioen sare nagusia, honako hauek dago osatuta: sare nagusia deritzon banda zabaleko sarea eta landako tokiko aldetik sare nagusiarekin komunikatzeko sareak lotzea ahalbidetzen duten zenbait komunikazio gunea.

Tuneletan jarritako segurtasun eta zaintzako sistemetak edozein oinarriko funtziori eman behar dio erantzun egokia komunikazio sistemak. Horretarako, akatsen aurrean sendotasun eta segurtasun bermerik handienak eskaintzen dituen garraio sarea izan behar dute, baita sarea eta sareko elementuak modu errazean kudeatzeko posibilitatea ere (komunikazio gunea).

Komunikazio sistemari eskatu beharreko ezaugarriak:

- Banda zabaleko sarea, abiadura handikoa, hazteko eta aldatzeko izateko ahalmena duena.
- Sarearen topologiaren malgutasuna: lineala, eraztuna, maila.
- Sare progresiboa handitzea, eta gainera egon dagoenaren zerbitzua eten barik (erredundantziak).
- Sare nagusiak datuen, audioaren eta bideoaren multimedia garraioa ahalbidetu behar du, komunikazio guneetatik kontrolean zentroraino eta alderantziz.
- Modu bakarreko zuntz optikoa erabiltzen da transmisioaren modu tipiko lez, eta mikrouhinekoko loturak egin daitezke.

- Las definiciones y estandarizaciones de protocolos y equipamientos, asociados a Paneles de Mensaje Variable, Estaciones de Toma de Datos y Meteorológicas.
- El protocolo TCP/IP de comunicaciones con las Estaciones Remotas de Túneles, permitiendo diferentes medios físicos de transmisión. Dicho protocolo será ampliado para cumplir con el resto de equipamiento de los túneles.
- Los modelos de datos existentes, en su formato y método de archivo en el centro de control.
- La arquitectura distribuida cliente/servidor, y la base del software ya definido.

La Estación Remota Universal de Túneles ha de estar dotada con tantas tarjetas de entradas / salidas analógicas y digitales, puertos series estándar y tarjetas de conexión de bus de campo estándar que conecta las ERUTs con los Módulos de E/S. Para el caso de una posible ampliación en el equipamiento de los túneles y sus accesos, la ERUT debe ser totalmente ampliable y escalable.

7.2.5. Red de área local de campo

Las ERUTs presentes en cada túnel se enlazan entre sí por medio de una Red de Comunicaciones de Área Local. Esta se compone por una red de comunicaciones LAN (Local Area Network) y el equipamiento necesario para conectar las ERUTs a la misma. Se establece como base la utilización de redes Ethernet, empleando como medio típico de transmisión la fibra óptica. Sobre estas redes se establecen protocolos TCP/IP.

La tipología a utilizar en estas redes es una topología en anillo posibilitando redundancias a nivel físico.

Las redes de comunicaciones se conectan a la red troncal o de transporte por medio de los Nodos de Comunicaciones, trabajando como un interfaz entre la Red LAN y la red troncal o de transporte.

Cada ERUT y su correspondiente ERUT de reserva se conectan a la Red LAN de cada túnel a través de un Switch Ethernet especialmente diseñado para usos industriales, de características modulares y que cumple el estándar IEEE 802.3 de transmisión tanto en cobre como óptico.

Una característica a tener en cuenta es que se debe establecer un canal IP sobre dos fibras ópticas

7.3. Red troncal de comunicaciones

Quando una Explotación realice la gestión de distintos túneles distribuidos por la geografía de Bizkaia desde un mismo centro de control, necesita un sistema de comunicaciones entre el centro de control y las distintas ERUTs de los túneles. Este sistema de comunicaciones, red troncal de comunicaciones, se encuentra formado por una red de banda ancha llamada red troncal y una serie de nodos de comunicaciones que permiten la conexión de las diferentes redes de comunicación de área local de campo a la red troncal.

El sistema de comunicaciones debe dar respuesta adecuada a cualquiera de las funciones básicas de los sistemas de seguridad y vigilancia instalados en los túneles. Para ello se debe contar con una red de transporte que ofrezca las máximas garantías de robustez y seguridad ante fallos, así como la posibilidad de gestión de la misma y de sus elementos integrantes (nodos de comunicaciones) de forma sencilla.

Las características a exigir al sistema de comunicaciones:

- Red de banda ancha, alta velocidad, con capacidad de crecimiento y versatilidad.
- Flexibilidad en la topología de la red: lineal, anillo, malla.
- Ampliación de la red progresiva con la necesidad añadida de hacerlo sin interrupción del servicio de lo existente (redundancias).
- La red troncal debe permitir el transporte multimedia de datos, audio y vídeo desde los nodos de comunicaciones hasta el centro de control y viceversa.
- Como medio típico de transmisión se emplea fibra óptica monomodo pudiendo realizarse enlaces de microondas.

- Zuntz bidezko transmisioaren erredundantzia. Arkitektura erredundantearekin lortzen da hori (eraztunean edo mailatua) edo modu alternatiboan bidez. Ezaugarri hori eraginkorra izango da soilik zuntzaren kanalizazioa hainbat bide-tatik doanean.
- Komunikazioetako plataforman dauden elementuak urrutitik kudeatu, monitorizatu eta konfiguratzeko moduan egongo dira.

Sare nagusiak abiadura handiko banda zabalekoa izan behar du, hazteko eta hainbat funtzio betetzeko gaitasuna duena; gainera, sare estandarra eta nahikoa hedatua izan behar du. Sare nagusiko ezarpen berrietan banda zabalera handiko Ethernet sareak erabiltzea proposatzen da (Giga Ethernet), eta dauden sareetan SDH sareak erabiltzeko aukera egon dadila.

Sare nagusiarekiko lotura izatea edo bertarako garraioa izatea ahalbidetzen duten ekipoek osatzen dituzte komunikazio-guneak, hain zuzen ere tokiko arloko, kontrolero zentroko LAN sareko eta kontrolero zentro berezietako komunikazio-sarearekiko lotura izatea. Switch-ak, router-ak eta bridge-ak sare nagusiko komunikazio gune gisa erabil daitezkeen dispositiboak dira.

Sarea osatzen duten ekipoak eskalatzeko modukoak eta modularrak izango dira; hala, ekipoen osaera erraz eta zerbitzua eten barik alda daiteke. Horrela, bada, honako hauek egin daitezke: erredundantziak gehitu edo aldatu, irteera edo sarrerako interfaze kopurua handitu, matxura duten elementuak aldatu, txartelak aldatu berrikusitako edo prestazio edo ezaugarri hobekak dituzten txartelak jarrita, betiere ahalik eta aldaketarik txikiak eginez eta ahal dela ekipoak gainerako osagaiak kaltetu barik.

7.4. Kontrolero zentroa

Kontrolero zentroak kontrolero gela bat dauka, eta bertan daude tuneletako instalazioetatik datorren informazioa bildu eta tratatzeko sistemak eta ekipoak. Kontrolero zentro bakarra egongo da ustiapen bakoitzeko; bertatik kudeatuko da ustiapenaren tunela edo tunel-multzoa. Kontrolero zentrotik kudeatzen da, gainera, tunelen gestio orokorra, halako moldez non langile batek edo hainbat langilek sistema guztiak erabili eta sistemek emandako informazioa eskuratu ahal izango baitu.

TUEUek landako ekipoetatik jasotako informazio guztia kontrolero zentrorara transmititzen da eta bertan prozesatu, bildu eta operadoreei erakusten zaie, operadoreek sistemaren funtzionamenduari gainera ikuspegi orokorra eta denbora errealean izan dezaten, betiere tunela gainbegiratu eta kontrolatuz.

Operadoreak, kontrolero zentroko laneko estazioetatik, tunelek dituzten segurtasun eta zaintzako instalazio guztiak gainbegiratu eta kontrolatuko ditu, eta instalazioek emandako informazio guztia eskuratu dute eta bertan jardungo dute.

Kontrolero zentroak tunelaren kudeaketa zentralizatua egiten du. Honi deritzo kudeaketa zentralizatua: laneko estazio bakoitzetik landako ekipoen eta segurtasun eta zaintzako sistemen informazio guztia eskuratzeko modua ematen duenari. Kontrolero softwareak automatikoki proposatuko ditu gorabeherak jasotako alarmak eta neurketak abiapuntutzat hartuta; gorabehera baliozkotzat eman ondoren, automatikoki edo erdi automatikoki egingo dira jarduketak (kontsolako operadoreak baliozkotzat emango ditu).

7.4.1. Kontrolero zentroaren funtzionaltasuna

Tunelean diharduten sistema guztiek aparte funtziona dezakete, baina askoz eraginkorragoa da oro har tratatzea, hots, sistema osoaren kudeaketa zentralizatua egitea. Honako funtzio hau betetzen duenari deritzo kudeaketa zentralizatua:

- Landako ekipoen eta segurtasun eta zaintzako sistemen informazioa eskura daiteke laneko estazio bakoitzetik.
- Laneko estazio bakoitzetik eskuz jardun daiteke landako ekipoetan.

- Redundancia en la transmisión por fibra. Esto se consigue con una arquitectura redundante (en anillo o mallada) o mediante caminos alternativos. Esta característica solamente es efectiva cuando la canalización de la fibra va por caminos diferentes.
- Todos los elementos incluidos en la plataforma de comunicaciones deben poder ser gestionados, monitorizados y tele-configurados remotamente.

La red troncal debe ser de banda ancha alta velocidad, gran capacidad de crecimiento y versatilidad, debiendo ser una red estándar y de amplia implantación. En nuevas implantaciones de la red troncal se propone la utilización de redes Ethernet de gran ancho de banda (Giga Ethernet), pudiéndose emplear redes SDH para redes que se encuentran instaladas.

Los nodos de comunicaciones lo integran equipos que permiten la conectividad a la red troncal o de transporte de la red de comunicaciones de área local, de la red LAN de los centros de control y de los centros de control particulares. Los switches, routers y bridges son dispositivos que pueden ser empleados como nodos de comunicaciones en la red troncal.

Los equipos que compongan la red serán escalables y modulares, de forma que sea posible modificar la composición del mismo de forma fácil y sin interrumpir el servicio. De esta manera se podrá incrementar o modificar redundancias, aumentar el número de interfaces de salida/entrada, sustituir elementos averiados, sustituir tarjetas por versiones revisadas o de mejores prestaciones o características con los cambios mínimos y sin que afecten, en la medida de lo posible, a los demás componentes del equipo.

7.4. Centro de control

El Centro de Control se compone de una sala de control que contiene los sistemas y equipos donde se recogerá y tratará toda la información proveniente de las diversas instalaciones de los túneles. Existirá un centro de control único por explotación y desde ella se gestionará el túnel o grupo de túneles que formen parte de la Explotación Desde el centro de control se realiza una gestión integral de los túneles, de forma que uno o varios operarios puedan manejar todos los sistemas y acceder a la información proporcionada por los mismos.

Toda la información recibida de los equipos de campo por las ERUTs es transmitida al Centro de Control donde es procesada, almacenada y mostrada a los operadores para que estos tengan una visión global y en tiempo real del funcionamiento del sistema, realizando la supervisión y control de los túneles.

Desde las Estaciones de Trabajo del Centro de Control el operador supervisará y controlará todas las instalaciones de seguridad y vigilancia que poseen los túneles, accediendo a toda la información proporcionada por los mismos y actuando sobre ellos.

El centro de control realiza una gestión centralizada del túnel. Por gestión centralizada se entiende que desde cada estación de trabajo se tiene acceso a toda la información de los distintos equipos de campo y sistemas de seguridad y vigilancia, el software de control propondrá incidentes de forma automática a partir de las medidas y alarmas recibidas, una vez validados se realizarán actuaciones de forma automática o semiautomáticas (con validación del operador de consola).

7.4.1. Funcionalidad del centro de control

Todos los sistemas que operan en un túnel podrían funcionar de modo independiente, pero resulta mucho más eficiente tratarlos de una forma global, es decir, realizar una gestión centralizada del sistema completo. Por gestión centralizada se entiende aquella que cumpla la funcionalidad siguiente:

- Desde cada estación de trabajo se tiene acceso a toda la información de los distintos equipos de campo y sistemas de seguridad y vigilancia.
- Desde cada estación de trabajo se puede actuar manualmente en los equipos de campo.

- Kontrolako softwareak automatikoki proposatuko ditu gorabeherak neurriak eta jasotako alarmak abiapuntutzat hartuta.
- Gorabeherak baliozkotzat eman ondoren, automatikoki edo erdi automatikoki burutuko dira jarduketak (kontsola-ko operadoreak baliozkotzat emanda).

Zentralizazioak segurtasun eta eraginkortasun hobekuntza dakarza, zeren eta sistema batek emandako informazioa gainerako funtzionamendua hobetzeko erabil baitaiteke. Energia aurrezte eta larrialdietan erantzun azkarragoa ematea dira sistema modu zentralizatuan tratatzea komenigarria izatearen adierazgarriak.

Segurtasunera bideratuta dago kontrolako zentroari eskatzen zaion funtzionaltasuna.

1. Sentsoreek eskuratutako edo landa ekipoen euren sortutako seinale, datu eta informazio guztia kontrolako zentroan jasotzea.

2. Ekipoen egiten dituzten neurketen eta sistemen landako ekipoen guztien funtzionamenduaren egoerari buruzko informazioa erakustea operadoreari denbora errealean.

Ustiapenaren tunel bakoitzeko segurtasun eta zaintzako sistemak emandako informazio guztia eskura daiteke operadore postu bakoitzetik.

3. Aginduak bidaltzeko modua ematea, operadorearen kontsoletatik segurtasun eta zaintzako instalazioak osatzen dituzten landako ekipoen jarduteko, bai eskuz, bai kontsolako operadoreak erabakitzen duenaren arabera, edo bestela gorabeherari erantzuna emateko jarduketa-estrategia programatuetatik abiatuta.

4. Alarmak eta gertaerak detektatzeko eta konfiguratzeko ahalmena izan behar du sistemak. Alarma detektatzen denean, abisu akustikoen bidez edota operadoreko postuan alarma-abisu bat pantailan agerraraziz ohartaraziko zaie operadoreari.

5. Sistemako elementuek jasotako informazioa eta seinaleak prozesatzea; landako ekipoen alarmen eta neurketen bidez, gorabeherak proposatuko dizkio softwareak kontsolako operadoreari, operadoreak gorabehera badagoela baieztatu dezan.

6. Gorabeherari erantzuna emateko jarduketak burutzea, zenbait automatikoki, kontrolako zentroetik (aireztapen, argiteria...), eta operadoreak berak betearazitakoak (suak itzaltzeko zerbitzuei, osasun zerbitzuei abisua ematea, etab.).

Autobabeserako planean zehazturiko jarduketak programatuta egon behar dira gorabehera bakoitzari erantzuna emateko.

7. Kudeaketa sistema zentralizatua eratzea. Hauexek biltzen ditu:

- a) Atalaseak ezartzea, landako ekipoen neurriek alarma sorraz deitzen.
 - b) Gorabeheren proposamenaren algoritmoak aldatzea.
 - c) Gorabeheretan egin beharreko jarduketak aldatzea, baita horiek erregistratzea eta tratatzea ere.
8. Historiak erregistratzea. Jasotako informazioa (irudiak eta datuak) ondoren estatistiketan erabiltzeko.
- a) Trafikoaren datuak (IMD, trafiko-mota, batez besteko abiadura...).
 - b) Ingurumenaren datuak.
 - c) Gertatzen diren alarmen historia.
 - d) Gorabeheren historia eta horien ondorioz eginiko jarduketak.
- e) Operadoreek eginiko jarduketa guztiak erregistratzea.
- f) Gorabeheren inguruan grabaturiko irudiak edo operadoreak egokitzen dituenak.

9. Datuak esportatzea. Aldundiak ustiatzen ez dituen tuneletako kontrolako zentroetan datuak esportatzeko funtzioa egon behar da, zeinaren bidez Aldundiaren zentroan denbora errealean jasoko baitira eskuraturiko datu eta irudi guztiak.

— El software de control propondrá incidentes de forma automática a partir de las medidas y alarmas recibidas.

— Una vez validados los incidentes se realizarán actuaciones de forma automática o semiautomática (con validación del operador de consola).

La centralización conduce a mejoras en seguridad y eficacia, debido a que la información proporcionada por un sistema puede ser empleada para optimizar el funcionamiento del resto. El ahorro energético, así como la mayor rapidez de respuesta en casos de emergencia son claras muestras de la conveniencia de tratar el sistema de forma centralizada.

La funcionalidad que se exige al centro de control está orientada a la seguridad.

1. Recibir en el Centro de Control todas las señales, datos e información adquirida por los sensores o generada por los propios equipos de campo.

2. Mostrar, en tiempo real, al operador u operadores el estado de funcionamiento de todos los equipos de campo de los distintos sistemas y las medidas que estos equipos realizan.

Desde cada puesto de operador es posible acceder a toda la información proporcionada por los sistemas de seguridad y vigilancia de cada túnel de la Explotación.

3. Posibilitar el envío de órdenes para actuar sobre los equipos de campo que integran las instalaciones de seguridad y vigilancia desde las consolas de operador, bien manualmente a criterio del operador de consola o a partir de estrategias de actuación programadas como respuesta a incidentes.

4. El sistema debe poseer capacidad de detección y configuración de alarmas y eventos. Cuando se detecta una alarma se avisa a los operadores a través de avisos acústicos y/o presentando en la pantalla un aviso de alarma en el puesto de operador.

5. Procesar las señales e información recibida por los elementos de los sistemas; donde a partir de las medidas y alarmas de los equipos de campo el software de control propondrá incidentes al operador de consola para que éste confirme la existencia del incidente.

6. Realizar actuaciones, como respuesta a los incidentes, algunas de forma automática por el sistema de control (ventilación, alumbrado...), otras ejecutadas por el propio operador (avisar a servicios de extinción de incendios, sanitarios...).

Deben estar programadas las actuaciones que defina el Plan de Autoprotección como respuesta a cada incidente.

7. Configurar el sistema de gestión centralizado. Que abarca:

- a) Establecer los umbrales para que las medidas de los equipos de campo generen alarmas.
 - b) Modificar los algoritmos de propuesta de incidentes.
 - c) Modificar las actuaciones a realizar en caso de incidente, así como su registro y tratamiento de las mismas.
8. Registrar los históricos. Información recibida (imágenes y datos) para su posterior tratamiento estadístico.
- a) Datos de tráfico (IMD, tipo de tráfico, velocidad media...).
 - b) Datos medioambientales.
 - c) Histórico de alarmas que se produzcan.
 - d) Histórico de incidentes y acciones realizadas como consecuencia de ellos.
 - e) Registro de todas las actuaciones realizadas por los operadores.
 - f) Imágenes grabadas de los incidentes o aquellas que el operador considere oportunas.

9. Exportar datos. Aquellos centros de control de túneles que no estén explotados por la Diputación, deberán disponer de una función de exportación de datos que permita hacer disponibles en tiempo real en el centro de la Diputación todos los datos e imágenes adquiridas.

Azken batean, kontroleko zentrotik kontrola egiten da eta ustiapenaren tunel guztietan ezar daitezkeen instalazioen telegintea betearazten da.

7.4.2. *Kontrolako zentroaren arkitektura*

Tunelaren kontroleko zentroak bezeroa / zerbitzaria arkitektura du oinarritzat, erredundantea den eta sistema guztiak kontrolatzen eta gainbegiratzen dituen ekipo nagusiarekin osatua; gainera, operadorearen laneko estazio gisa (bezeroa) lan egiten duen ekipo bat kontrolatu eta gainbegiratu da gutxienez. Horren ondorioz, laneako estazio batzuk daude eta bertan tunela gainbegiratzen eta bertako jarduketak burutzen dituzte operadoreek. Gainera, zerbitzari batek informazio guztia biltzen du eta bertan dago sistemaren datu-base zentralizatua.

Segurtasuna dela-eta, erredundantea da zerbitzaria, hots, bi zerbitzari egongo dira, bata nagusia eta bestea erreserbakoa; biek eskuratzen dute sistemako informazioa eta informazio horren koherentzia bermatzen dute zerbitzari nagusiak huts eginez gero. Hala, bietako batek huts egiten badu, betiko moduan jardun dezakete laneako estazioek.

Ethernet da ordenagailu horiek lotzen dituen komunikazio-sarea, TCP/IP protokoloa duena eta laneako estazioen (bezeroak) eta zerbitzarien arteko informazio trukaketa bermatzen duena. Egituraturiko kablea da sare honen oinarria, UTP, 5. kategoriakoa edo handiagoa.

Zerbitzarien arteko konexiorako, zuntz optikoko kablea erabili daiteke transmisio bide gisa.

Kontrolako zentroko tokiko sare hori, bestalde, komunikazioen sare nagusiarekin dago konektatuta komunikazio-gune baten bidez. Komunikazioen sare nagusirik ez badago, kontrolako zentroko LANen eta eremuko LANen arteko komunikazioak egin daitezke kontrolako zentroko LAN kudeatzen duen switch-aren berran bidez.

Operadorearen eta instalazioen arteko interfaze grafikoaren eginkizuna betetzen du laneako estazioak; bertan, tunelaren egoera ikus dezake operadoreak, baita instalazioetan jardun ere. Bestalde, zerbitzariak kontrolpean dauden sistema guztietatik datorren informazioa batu eta biltzeko arduratu du.

Kontrolako algoritmoek gobernatzen dituzte zuzenean segurtasun eta zaintzeko sistemak, TUEUetan sartuta eta zerbitzaritik kudeatuta. Badira zenbait sistema, berez, kontrolerako beren ekipak dituztenak (SOS zutoinak, CCTV eta GAD, megafonia). Azken kasu horretan, sistema horiek integratzen ditu kontrolako sistemak kontrolatzaile espezifikoekin komunikatuz, bai tokiko sare propioaren bidez, bai serie-tipoko loturen bidez (RS-232C, RS-485, etab.).

7.4.3. *Kontrolako zentroko sistemen eskakizunak*

Kontrolako zentroko sistemak behar dituen eskakizunak tunel guztiak integratzeko daude bideratuta, arkitektura estandarra erabiliz eta ez jabeari dagokiona. Hala, honakok hauek dira gutxienezko eskakizunak:

- Merkatu-oinarriko software eta ekipoetan egituratzea kontrolako zentroko sistema, non hornitzaile kopuru handia dagoen.
- Handitu daitezkeen Hardware/Softwareko arkitektura izatea, traumarik gabeko hazkundeak erraztuz (sistema kontrolatuak, horien funtzionaltasunak eta ekipamenduak handitzea eta kanpoko sistemak integratzea).
- Hainbat sistema aldi berean kontrolatzeko erraztasunak ematea (gizakia-makina interfazea).
 - Sistema aukeratzeko baliabide errazak erabiltzea.
 - Hainbat sistema aldi berean ematea ahalbidetzea.
 - Hainbat pantaila, bereizmen altuak eta halakoak biltzeko modua ematea.
 - Alarma aktiboak kudeatzeko erraztasunak ematea.
- Operadorearen kontsoletatik edozein tuneletako instalazioak gainbegiratzeko eta kontrolatzeko modua egon behar du.
- Kontrol zentralizatuko sistemak nahikoa tolerantzia izan behar du kontrolako zentroaren ekipamenduan, lehen mailakoe-

En definitiva desde el Centro de Control se realiza el control y se ejecuta el telemando de las diferentes instalaciones que se implanten en el conjunto de túneles de la Explotación.

7.4.2. *Arquitectura del centro de control*

El Centro de Control del túnel se basa en una arquitectura Cliente / Servidor formada por un equipo principal que será redundante y que realiza el control y supervisión de todos los sistemas y de, al menos, un equipo que opere como Estación de Trabajo del operador (cliente). En consecuencia, existen unas Estaciones de Trabajo desde la que los operadores supervisan y actúan sobre el túnel y un Servidor que recoge toda la información, que es donde reside la base de datos centralizada del sistema.

Por razones de seguridad, el Servidor es redundante, es decir existirán dos servidores, uno principal y otro de reserva, ambos adquieren la información del sistema y garantizan la coherencia de dicha información, en el caso de fallo del Servidor Principal. De esta forma, si uno de ellos falla, las Estaciones de Trabajo pueden seguir operando normalmente.

La red de comunicaciones que enlaza los citados ordenadores es Ethernet, con protocolo TCP/IP, que garantiza todo el tránsito de información entre las Estaciones de Trabajo (clientes) y los Servidores. Esta red está basada en Cableado Estructurado, UTP Categoría 5 o superior.

Para la conexión entre servidores se puede emplear como medio de transmisión el cable de fibra óptica.

Por su parte esta red local del centro de control se conecta a la red troncal de comunicaciones a través de un nodo de comunicaciones. Si no existiese la red troncal de comunicaciones se puede realizar la interconexión entre la LAN del Centro de Control y la LAN de campo mediante el propio switch que gestiona la LAN del Centro de Control.

La Estación de Trabajo sirve de interfaz gráfica entre el operador y las instalaciones, en ella el operador puede observar el estado del túnel así como actuar sobre él. Por su parte, el Servidor se encarga de recoger y almacenar toda la información proveniente de todos los sistemas bajo control.

Los sistemas de seguridad y vigilancia son gobernados directamente por los algoritmos de control, embebidos en las ERUT y gestionados desde el Servidor. Existen ciertos sistemas que típicamente poseen equipos propios para su control (Postes SOS, CCTV y DALI, megafonía). En este último caso, el sistema de control realiza la integración de estos sistemas comunicando con sus controladores específicos, bien mediante la propia red local, o bien mediante enlaces tipo serie (RS-232C, RS-485, etc.).

7.4.3. *Requerimientos de sistema de centro de control*

Los requerimientos que se exige al sistema del centro de control están orientados hacia una integración de todos los túneles empleando una arquitectura estándar y no propietaria. Así los requerimientos mínimos exigidos son:

- Estructurar el sistema de centro de control en equipos y software base de mercado, de los que existan un gran número de proveedores.
- Disponer de una arquitectura Hardware/Software ampliable, facilitando crecimientos no traumáticos (ampliación de sistemas controlados, de funcionalidades, de equipamiento e integración de sistemas externos).
- Facilitar el control simultáneo de varios sistemas (interfaz hombre-máquina).
 - Utilizar medios sencillos de selección de sistema.
 - Permitir presentación simultánea de varios sistemas.
 - Permitir utilización de varias pantallas, altas resoluciones, etc.
 - Facilitar la gestión de alarmas activas.
- Desde las consolas de operador se debe poder supervisar y controlar las instalaciones de cualquiera de los túneles.
- El sistema de control centralizado debe ser suficientemente tolerante a fallos, al menos de primer nivel, en el equipa-

tan bederen. Horretarako, prozesatze zerbitzariak jartzea aurreikusten da, stand by moduko funtzionamenduarekin eta datuen erantzunarekin; hala, zerbitzari nagusian hardware akatsen bat gertatzen bada, bigarren mailako zerbitzariak beharrezko funtzionaltasun osoa hartuko du bere gain, tuneletako kontrola zerbitzu barik ez uzteko.

— Kontroleko sistema propioa duten sistemetatik datorren informazioa integratzea funtsezko eskakizuna da tunelaren bide-segurtasunerako, zeren eta instalazioan izan daitezkeen alarma ugari sistema horien bidez baitaude hornituta. Hala, honako adibide hauek zehaztu dira:

- SOS zutoinak kudeatzeko sistema, larrialdietako dei abi-suak, SOS zutoinen egoera.
- CCTVko kudeaketa sistema: aurrez ezarritako monitorean alarmaren tokiari estaldura ematen dion irudiaren kati-gamendua ahalbidetzen du, operadoreak ikusizko ebaluazioa egin dezan, grabazio sistema martxan duela.
- GAD sistema, trafikoarekin loturiko alarmak (geldirik dagoen ibilgailua, abiadura murriztea, ikuspena, etab.).
- Megafonia sistema, programaturiko mezuak automatikoki igortzea zenbait gorabehera baieztatzean.

7.4.4. Kontroleko zentroko ekipoak

Kontroleko zentroak Bizkaiko tunelak kontrolatzeko ekipo hauek behar ditu.

- Zerbitzari nagusiak eta erreserbako zerbitzariak, kontroleko sistemaren aplikazioekin eta datu basea denbora erre-alaren kudeatzailearekin.
- Bezero gisa funtzionatzen duten ordenagailuen laneko estazioak; bertatik zaindu eta kontrolatuko dira sistemak.
- Laser teknologiako inprimagailuak, instalazioen eta lineen egoerari buruzko aldizkako parteak lortzeko, sistemak erregistratzen dituen gorabeherak inprimatzeko.
- Ikusteko elementuak (monitoreak, eretroproiektoreak), non kameretako irudiak, tuneletako sinoptikoak, etab. ikus daitezkeen.
- RJ-45 portuetako Switch Ethernet delakoa, kontroleko zentroren tokiko sarea izar-itxuran konfiguratzeko; ordenagailuak eta inprimagailuak konektatzen ditu.
- Kontroleko zentroko tokiko sarea eta enborreko edo garraio-ko sarea komunikatzeko komunikazio-gunea.

Oharra: Proiektua idazteari dagokionez, tunel berriari aurreikusitako sistema eta instalazio guztiak kontroleko zentroan dauden gainerako tunelen sistemekin integratu behar dira. Tunel berria jartzeko proiektuak honako aurreikuspen hauek izan behar ditu:

- Zerbitzariak eta bezeroak, teknologia-maila altukoak eta hurrengo tituluak integratzeko nahikoa ahalmen dutenak.
- Komunikazio-sarea, switch-ak, kableak.
- Integratu beharreko tuneleko SOS zutoinen sarea jartzea.
- Bide-matrizea handitzea.
- TBko kamerak ikusteko monitoreak.

7.4.5. Barrunbearen ezaugarriak

Areto diafanoa duen eraikin batean dago kontroleko zentroa, ustiapenak kudeatzen dituen tunel guztietarako monitoreak, eretroproiektoreak eta lan-estazioak kokatzeko beharrezko tamainakoa izan behar duena. Kontroleko gelaz gain, armairuetarako gela bat (bertan jartzen dira sistemetako ekipoak), kontroleko zentroko zuzendariaren bulegoa eta krisi-egoeretan biltzeko gela izan behar ditu kontroleko zentroak.

Kontroleko gelak lur tekniko erabilgarria eta aire egokitua izango ditu gela osoan, ekipoek behar bezala funtziona dezaten. Hona hemen barrunbearen bestelako ezaugarriak:

miento de centro de control. Para ello, se prevé la instalación de servidores de procesamiento con funcionamiento en modo stand by y replicación de datos, de forma a que ante un fallo hardware en el servidor principal, el servidor secundario pase a asumir la funcionalidad total necesaria, evitando dejar sin servicio el control de los túneles.

— La integración de información procedente de sistemas que posean un sistema de control propio es un requerimiento fundamental para la seguridad vial en el túnel, ya que numerosas alarmas que puedan producirse en la instalación vienen suministradas por dichos sistemas. Así, a modo de ejemplo se definen algunos ejemplos:

- Sistema de gestión de postes SOS, avisos de llamadas de emergencia, estado de los postes SOS.
- Sistema de gestión CCTV, permite el enclavamiento de la imagen que cubre el lugar de alarma en un monitor predeterminado para evaluación visual por parte del operador, con el sistema de grabación activado.
- Sistema DAI, alarmas relacionadas con tráfico (vehículo parado, disminución de velocidad, baja visibilidad, etc...).
- Sistema de megafonía, emisión automática de mensajes programados ante la confirmación de determinados incidentes.

7.4.4. Equipos del centro de control

El centro de control necesita los siguientes equipos para el control de los túneles de Bizkaia.

- Servidores principales y de reserva, con las aplicaciones del sistema de control y el gestor de base de datos en tiempo real.
- Estaciones de Trabajo con ordenadores funcionando a modo de clientes, desde donde se vigilarán y controlarán los diferentes sistemas.
- Impresoras, de tecnología láser para obtener partes periódicos del estado de las instalaciones, y de líneas para imprimir las incidencias que vaya registrando el sistema.
- Elementos de visualización (monitores, retroproyectores) en el que podrán visualizar las imágenes de cámaras, sinópticos de los túneles,....
- Switch Ethernet de puertos RJ-45, para la configuración de la red local del centro de control en estrella, que comunicara los distintos ordenadores e impresoras.
- Nodo de comunicaciones para comunicar la red local del centro de control con la red troncal o de transporte.

Nota: En la redacción del proyecto se analizarán la integración de todos los sistemas e instalaciones que están previstos instalar en el nuevo túnel con los sistemas del resto de los túneles existentes en el Centro de Control. El proyecto de las instalaciones de un nuevo túnel debe incluir le previsión de:

- Servidores y clientes, siendo estos de última tecnología, y con suficiente capacidad para la integración de siguientes túneles.
- Red de comunicaciones, switches, cableado.
- Instalación de la red de postes SOS del túnel a integrar.
- Ampliación de la Matriz de Vídeo.
- Monitores para la visualización de las cámaras de TV.

7.4.5. Características del recinto

El Centro de Control se sitúa en un edificio el cual dispone de una sala diáfana del tamaño necesario para ubicar los monitores, retroproyectores y estaciones de trabajo para todos los túneles que gestione la Explotación. Además de la sala de control, el centro de control debe estar dotado con sala para armarios (donde se instala los equipos de los distintos sistemas), despacho para director del centro de control y sala de reunión para situaciones de crisis.

La sala de control dispondrá de suelo técnico practicable en toda la sala y de aire acondicionado para el correcto funcionamiento de los equipos. Otras características que reúne el recinto son:

- Ekipoen eta beharrezko elementu osagarrien arteko kone-xioko kabletarako lur teknikoak, ekipoen konexioetarako sarre-kin eta irteerekin.
- Energia eta komunikazioen beharrezko kableak.
- Ekipoak hornitzeko kableetatik deribatutako babes elektri-koen koadroa.
- Funtzionatzeko giroa. Horren bidez, bermatu egingo da eki-poen errendimendu osoan lan egiten dutela zehaztapenen arabera. Horrek esan nahi du beharbada eraikineko aire egokituko ekipoen edo aire egokituaren sistema egon dai-tezkeela, kontroleko zentroaren kargari aurre egiteko gai direnak.
- Suen kontrako sistema, detektore ionikoetan eta optikoe-tan oinarrituz, ekipo elektrikoak dituen gela baten su-arris-kuai aurre egiteko.
- CCTV monitoreak eta erretroproiektoreak euskarrizko egi-tura modularra.
- Etendako Elikadura Sistema (EES), banaketa elektrikoak eten arren sistemak eraginkorrak izango direla bermatzeko.

Armairuen gelak sistemen balizko handitzerako leku nahikoa izan beharko du. Halaber, armairuek gutxieneko babes indizea (IP45) edukiko dute.

8. KABLEAK ETA ENERGIA ELEKTRIKOA

Gaintentsioen kontrako babesek bete behar dituzten zehaz-penei dagokienez, tuneletan instalatutako ekipoen potentzia-kableek, komunikazioen edo seinaleenak Elektrizitate Indarra-ren Jarraibide Teknikoan zehaztutakoa beteko dute.

Ekipo bakoitzaren elikaduraren jatorria zehazteko, kontuan har-tuko da Energia Elektrikoaren KTan jaso den zehazpena.

9. MANTENTZE-LANAK

Mantentzearen helburua tuneletako instalazioak zerbitzu-egoera bikainean edukitzea da, egon daitezkeen matxuren edo kal-teen eragina eta kopurua murrizteko, eragiketen garapen egokia ahalbidetzeko eta zerbitzuaren kalitatea hobezina izateko.

Mantentze jardueren barruan, bi mantentze-mota bereizten dira jarduera eragin duen zioaren arabera, hots, mantentze zuzentzai-lea eta mantentze prebentiboa.

Segurtasun, zaintza eta kontroleko ekipoen eta sistemen ezau-garriak eta prestazioak aldatu eta hondatu egiten dira denborak aurre-ra egin ahala. Ustiapen eta mantentze egokiari esker, elementuen kalitateari eutsi dakioke, eta hala, ekipoen eta sistemen funtzio-namenduan iraun bitartean izan behar dituzten prestazioak ziur-tatuko dira eta tunelaren segurtasun-indizeari eutsiko zaio. Ekipo-en eta sistemen prestazioei eusteko egiten diren ohiko jarduketei dagokie mantentze prebentiboa.

Mantentze zuzentzailea espero ez diren akatsak eta matxu-rak konpontzean datza; hainbat eragile izan daitezke: ekintza ban-dalikoak, trafiko istripuak, korrosio-eragileak, eguraldi gogorak era-gindako ondorioak, etab.

9.1 Mantentze prebentiboa

Mantentze prebentiboa ohiko jarduketei dagokie; izan ere, jar-duketa horiei esker, hobeak izango dira ekipoen eta sistemen fun-tzionamenduan jarraitu bitartean izan behar dituzten prestazioak, betiere akatsak izateko posibilitateak murriztuz, prest daudela ziur-tatuz eta ekipoen iraupena luzatuz. Planifikaturiko jarduketak dira, eta Mantentze Jarduketan Programa egiteko oinarri dira. Manten-tze prebentiboko jarduketak hauexek izan daitezke:

ikuskapenak, garbiketak, funtzioen egiaztapenak eta aldizka-ko azterketak (hondatutako elementuak aldatzea ere multzo horre-tan sar daitezke).

- Suelo técnico para albergar los cables de interconexión entre equipos y los elementos auxiliares necesarios, con entra-das y salidas para conexión a los equipos.
- Cableado de energía y comunicaciones necesario.
- Cuadro de protecciones eléctricas de donde se derivarán los cables de alimentación de los equipos.
- Ambiente de funcionamiento que asegure que los equipos trabajan a pleno rendimiento según especificaciones, lo que puede significar equipos de aire acondicionado específicos o sistema de acondicionamiento del edificio capaz de hacer frente a la carga del centro de control.
- Sistema contra incendios basado en detectores iónicos y ópticos para hacer frente a los riesgos de fuego de una sala de equipos eléctricos.
- Estructura modular para soportar los monitores de CCTV y retroproyectors.
- Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) que asegu-re la operabilidad de los sistemas con corte en la distribu-ción eléctrica.

La sala de los armarios deberá prever espacio suficiente para una posible ampliación de los sistemas. Asimismo, los armarios debe-rán disponer de un índice de protección mínimo IP45.

8. CABLEADO Y ENERGÍA ELÉCTRICA

En lo referente a las especificaciones que tienen que cumplir las protecciones contra sobretensiones, el cableado de potencia, de comunicaciones o señales de los diferentes equipos instalados en los túneles, se ajustará a lo especificado en la Instrucción Téc-nica de Energía Eléctrica.

Para determinar el origen de la alimentación de cada equipo se tendrá en cuenta la especificación que se encuentra en la IT de Energía Eléctrica.

9. MANTENIMIENTO

El objetivo del mantenimiento es conservar las instalaciones de los túneles en perfectas condiciones de servicio, disminuyen-do el número e impacto de las posibles averías o desperfectos, per-mitiendo el normal desarrollo de las operaciones, e intentando que la calidad del servicio sea óptima.

Dentro de las actividades de mantenimiento se engloban dos tipos atendiendo a la motivación que provoca la intervención, éstos son el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo.

Las características y prestaciones de los equipos y sistemas de seguridad, vigilancia y control se modifican y degradan en el transcurso del tiempo. Una correcta explotación y mantenimiento permiten conservar la calidad de los elementos asegurando las pres-taciones exigidas a los equipos y sistemas durante el tiempo de vida de los mismos y conservando el índice de seguridad del túnel. El mantenimiento preventivo corresponde a las actuaciones ruti-narias que se realizan con el objetivo de conservar las prestacio-nes de los equipos y sistemas.

El mantenimiento correctivo consiste en la reparación de los desperfectos y averías inesperadas cuyo origen pueden ser actos de vandalismo, accidentes de tráfico, acciones de la corrosión, efec-tos de fenómenos meteorológicos severos, etc.

9.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo corresponde a las actuaciones rutinarias que contribuyen a que los equipos y sistemas mantengan las prestaciones exigidas durante el tiempo de vida de los mis-mos, minimizando la posibilidad de fallo, asegurando su disponi-bilidad y alargando su vida útil. Estas actuaciones son planificadas y sirven de base para la elaboración de un Programa de Actuaciones de Mantenimiento.

Las actuaciones de mantenimiento preventivo pueden ser inspecciones visuales, limpiezas, verificaciones funcionales y revisiones periódicas (que pueden incluir sustitución de elemen-tos desgastados).

Ikuskapena elementuaren egoera behatzean datza. Garbiketarak ohiko mantentze-lana gehitzen dio ikuskapenari. Elementuak funtzionatu behar badu —halaxe gertatzen da ekipo elektronikoko askoren kasuan—, funtzioen egiaztapenean egoera posibleen erantzun ona egiaztatzen du. Aldizkako azterketa, azkenik, mantentze prebentiboko azterketarik osoena da, eta haren barruan biltzen dira ikuskapena, garbiketara, funtzioen egiaztapena, egokia denean, eta ohiko beste edozein mantentze-lan, hala nola, koipeztatzea, dardaren intentsitatea egiaztatzea, jarraitu beharreko dimentsioak neuritzea, etab.

Honako hauen arabera alda daitezke mantentze prebentibolari dagozkion jarduketak eta maiztasuna: ustiatzailearen esperientzia edo zerbitzuaren kalitatea arriskuan jarri edo hori uki dezaketen ekipoetan eta sistemetan akatsak behin eta berriz gertatzea. Bestalde, mantentze prebentibolari dagozkion lanen programazioa egitean, kontuan izango dira fabrikatzaileek ustiapenari hornituriko ekipoak behar bezala mantentzeko ezarritako zehaztapenak eta jarduketak.

Mantentze plan espezifikoak egin behar dira tunel bakoitzean, ustiapenaren jarraibide teknikoan zehazten denez. Biderapena emate aldera, mantentze prebentiborako ondorengo programazioa proposatzen da ekipo bakoitzerako (programazioaren aurkezpenean, jarraibide tekniko honetako aurkibidean ezarritako ordena jarraituko da). Ataza bakoitzaren aldizkakotasuna zehazteko, kontuan izango dira fabrikatzaileak ezarritako zehazpenak. Ondorengo taulan, gutxi gorabeherako balioak jaso dira:

Ekipoa/Sistemak	Ikusizko ikuskapena	Garbiketara	Egiaztapen funtzionala
Seinale aldagarriak.....	aste bat	3 hilabete	6 hilabete
Barrerak.....	aste bat	3 hilabete	6 hilabete
Detektatzeko, sailkatzeko eta zenbatzeko sist. .	3 hilabete	6 hilabete	6 hilabete
CCTV (kamerak eta ekipoak).....	hilabete bat	hilabete bat	hilabete bat
SOS zutoinak.....	hilabete bat	hilabete bat	3 hilabete
Megafonia (bozgorailuak, etab.) Potentzia).....	hilabete bat	6 hilabete	6 hilabete
Irrati-emanaldia.....	hilabete bat	6 hilabete	12 hilabete
Urruneko estazioak.....	hilabete bat	3 hilabete	hilabete bat
Zerbitzariak (kontrola, SOS,...).....	3 hilabete	6 hilabete	hilabete bat

9.2. Mantentze zuzentzailea

Ekipoetan edo instalazioetan hutsune edo disfuncioren bat detektatu dela-eta premiaz egiten denari deritzo mantentze zuzentzailea; izan ere, hutsune horrek eragina izan dezake galtzadako erabiltzaileen bide-segurtasunean, neurri batean edo bestean.

Erabiltzaileen bide-segurtasuna neurri handiagoan edo txikiagoan ukitze horrek emango ditu arazoa duen ekipoan mantentze zuzentzaileko lanak burutzeko ezarritako epeak. Lanon kalitate irizpide gisa hartuko dugu, beraz, erabiltzailearen segurtasuna hobetzea.

VII. ERANSKINA USTIAPENA

1. XEDEA

Jarraibide honen xedea ustiapeneko xedapen eta zehaztapen teknikoak definitzea da Bizkaiko Lurralde Historikoko tuneletarako, zerbitzuaren, zerbitzuan jartzearen, eraikuntzaren, proiektuaren fase-etan.

Bizkaiko Foru Aldundiak ezarritako ondorengo helburu hauek lortu nahi dira dokumentu honekin, jakin beharreko helburuak: Hau da:

- Tuneletako plangintza-egileari, proiektu-egileari, eraikitzaileari edo ustiatzaileari lagungarri izango zaien gida bat eman nahi da, nor bere etapan segurtasunaren eskakizunei buruzko diseinuaren, eraikuntzaren eta ustiapenaren gaineko jarraibide teknikoak izan dezaten; hala, horien jarraibidearen edukia landu ahal izango dute.

La inspección consiste en la observación del estado de conservación del elemento. La limpieza añade a la inspección el trabajo rutinario de mantenimiento. Si el elemento debe funcionar, como es el caso de muchos equipos electrónicos, la verificación funcional comprueba la correcta respuesta de sus estados posibles. La revisión periódica, por último, es el tipo más completo de revisión de mantenimiento preventivo, y comprende la inspección, la limpieza, la comprobación funcional si es el caso, y cualquier otro tipo de mantenimiento rutinario como, por ejemplo, el engrase, la comprobación de intensidades de vibración, la medida de dimensiones que deban ser objeto de seguimiento, etcétera.

Las actuaciones de mantenimiento preventivo y su frecuencia pueden verse modificadas en base a la experiencia del explotador, cuando fallos reiterados en los equipos o sistemas pongan en riesgo o afecten directamente a la calidad del servicio. Por otra parte la programación de los trabajos de mantenimiento preventivo se establecerá teniendo en cuenta las especificaciones y actuaciones previstas por los distintos fabricantes para el correcto mantenimiento de los equipos que han suministrado a la explotación.

Se deben realizar planes específicos de mantenimiento para cada túnel como se especifica en la Instrucción Técnica de Explotación. De forma orientativa se propone la siguiente programación de mantenimiento preventivo para cada equipo (en la presentación de la programación se seguirá el orden establecido en el índice de esta Instrucción Técnica), Para fijar la periodicidad de cada tarea se tendrá en cuenta las especificaciones fijadas por el fabricante, a continuación se presenta una tabla con valores orientativos:

Equipo / Sistemas	Inspección visual	Limpieza	Verificación funcional
Señales Variables.....	1 semana	3 meses	6 meses
Barreras.....	1 semana	3 meses	6 meses
Sistemas de detección, clasificación y contaje..	3 mes	6 meses	6 meses
CCTV (cámaras y equipos).....	1 mes	1 mes	3 mes
Postes SOS.....	1 mes	1 mes	3 meses
Megafonía (altavoces, et. Potencia).....	1 mes	6 meses	6 meses
Retransmisión radio.....	1 mes	6 meses	12 meses
Estaciones remota.....	1 mes	3 meses	6 mes
Servidores (control, SOS...).....	3 meses	6 meses	6 mes

9.2. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es el que se realiza con carácter de urgencia debido a la detección de una anomalía o disfunción en los equipos o instalaciones que puede afectar en mayor o menor medida a la seguridad vial de los usuarios de la calzada.

Será la mayor o menor afección a la seguridad vial de los usuarios lo que determinará los plazos preestablecidos para llevar a cabo las acciones de mantenimiento correctivo sobre el equipo que presente el problema. Tomaremos pues como criterio de calidad en las acciones la optimización de la seguridad del usuario.

ANEXO VII EXPLOTACIÓN

1. OBJETO

Esta Instrucción tiene por objeto definir las disposiciones y especificaciones de carácter técnico referentes a la explotación, para los túneles del Territorio Histórico de Bizkaia, aplicables en las fases de servicio, puesta en servicio, construcción, proyecto de los mismos.

Este documento persigue los siguientes objetivos establecidos por la Diputación Foral de Bizkaia. A saber:

- Disponer de una guía que sirva de ayuda al planificador, proyectista, constructor o explotador de túneles de carretera para que, cada uno en las etapas de su incumbencia, tenga unas instrucciones técnicas claras de diseño, construcción y explotación sobre los requerimientos de seguridad que le permita desarrollar sus cometidos.

- Herri administrazioaren eskakizunak teknikoki zehaztea; hala, eskatzekoa den legezko eremu gisa balioko du.
- Zerbitzu-maila altuari eustea errepideetako tunelen ustiapenean, tunelen barruko aldeetan pertsonen segurtasuna eta ongizatea hobetzeko, baita baliabideen kudeaketaren eraginkortasuna hobetzeko ere.

2. IRISMENA

Jarraibide tekniko hau zerbitzuan dauden tunelei eta, oraindik ustiari ez arren, zerbitzuan jartzeko fasean, eraikitze fasean edo proiektu fasean dauden Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sareko tunelei aplikatuko zaie, Bizkaiko Errepideei buruzko martxoaren 24ko 2/2011 Foru Arauan ezarritakoaren arabera, eta kontuan hartuta errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 2. artikuluan ezarritako tunel definizioa.

Jarraibide teknikoak nahitaez bete beharreko segurtasun-baldintzak zehaztu ditu.

Praktikan betearazi ezin diren soluzio teknikoak erabili behar badira (jarraibidean adierazitako baldintza batzuk betetzeko) edo horien kostua neurriz kanpokoak izanez gero, Administrazio Agintaritzak arriskua murrizteko beste neurri batzuk aplikatzeko baimena eman dezake, baldin eta arriskua murrizteko neurriok segurtasun maila berbera edo handiagoa sortzen badute. Tunelaren kudeatzaileak, neurri horiek proposatzen dituenak, neurrien eraginkortasuna justifikatu beharko du, arriskuaren azterketa eginez.

Txosten hau Ikuskapen Erakundeak ikuskatuko du; Segurtasun Irizpena bidaliko dio Administrazio Agintaritzari, eta aldeko balorazioa ezinbestekoa izango da Administrazio Agintaritzaren baimena lortzeko.

Tunelaren kudeatzaileak, zuzenean edo kontratistaren edo ustiatzen duen enpresaren bidez (kudeatzaile ordezkariak), errepideetako tunelen segurtasunari buruzko abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretuko 5. artikulua betetzen dela bermatzeko beharrezko giza baliabideak eta baliabide materialak jarriko ditu, eta bereziki, ikuskapen-organoaren ikuskapenetan, probetan, entseguetan, ikuskapen-, gainbegiratze- eta ebaluazio-zereginetan, jardute-protokoloen simulakro edo simulazioetan, bai eta lanetan segurtasunerako baldintzak bermatzeko ere (adibidez: erreiak ixtea, seinaleak jartzea).

3. KODEAK, ARAUAK ETA ARAUDIAK

Jarraian, dokumentu honetan aplikatu beharreko arauak eta araudiak aipatzen dira:

- Abuztuaren 23ko 135/2006 Foru Dekretua, Bizkaiko errepideetako tunelen segurtasunari buruzkoa.
- Europako Parlamentuak eta Kontseiluak 2004ko apirilaren 29an emandako 2004/54/CE Zuzentaraua, errepideen Europaz gairikoa sarearen tuneletarako segurtasunari buruzko gutxieneko eskakizunen gainekoa, 2004ko ekainaren 7ko akats-zuzenketarekin.
- Maiatzaren 26ko 635/2006 Errege Dekretua, Estatuko errepideetako tunelen gutxieneko segurtasun-baldintzei buruzkoa.
- 2006ko uztailaren 31ko 635/2006 Errege Dekretuko akats-zuzenketa.
- 393/2007 Errege Dekretua, martxoaren 23koa, larrialdi-egoerak eragin ditzaketen jarduerak garatzen dituzten zentro, establezimendu eta aretoetarako Autobabeserako Oinarrizko Araua onartzen duena.
- Azaroaren 2ko 277/2010 Dekretua, larrialdi-egoerei aurre egiteko jarduera, zentro edo establezimendu jakin batzuei exijitzen zaizkien autobabes betebeharrak arautzen dituenak. (Autobabesaren Euskal Araua).
- Eusko Legebiltzarraren apirilaren 3ko 1/1996 Legea, larrialdien kudeaketari buruzkoa.

— Concretar técnicamente las exigencias de la Administración Pública, de forma que sirvan de marco legal exigible.

— Mantener un elevado nivel de servicio en la explotación de túneles viarios, incrementando la seguridad y bienestar de las personas en su interior, así como contribuir a la mejora de la eficiencia en la gestión de los recursos.

2. ALCANCE

La presente Instrucción técnica se aplicará a los túneles en servicio y a los túneles que aún no estando en explotación, se encuentran en fase de puesta en servicio, en fase de construcción, o en fase de proyecto, de la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia según Norma Foral 2/2011, del 24 de marzo de Carreteras de Bizkaia y según la definición de túnel establecida en el artículo 2 del Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras.

La Instrucción técnica define los requisitos de seguridad que serán de obligado cumplimiento.

En el caso de que determinados requisitos indicados en la instrucción solo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas de imposible ejecución en la práctica o que tengan un coste desproporcionado, la Autoridad Administrativa podrá autorizar que se apliquen otras medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando estas medidas de reducción del riesgo den lugar a un nivel equivalente o mayor de seguridad. El Gestor del Túnel, proponente de estas medidas, deberá justificar la eficacia de las mismas mediante un Análisis de riesgo.

Este informe será auditado por el Organismo de Inspección, quien remitirá a la Autoridad Administrativa un Dictamen de Seguridad, cuya valoración favorable será necesaria para obtener la autorización de la Autoridad Administrativa.

El gestor del Túnel, directamente o a través del contratista o empresa explotadora (gestores delegados), deberá poner los recursos materiales y humanos necesarios para garantizar el cumplimiento del DFST (DF 135/2006, de 23 de agosto, artículo 5), y particularmente en la ejecución de las inspecciones del Organismo de Inspección, pruebas, ensayos, tareas de inspección, supervisión y evaluación así como la realización de simulacros o simulaciones de protocolos de actuación, y para garantizar las condiciones de seguridad en los trabajos (ej. Cortes de carril, señalización).

3. CÓDIGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS

A continuación se citan Normas y Reglamentos de referencia aplicables en este documento:

- Decreto Foral 135/2006, de 23 de agosto, sobre seguridad de túneles en carreteras de Bizkaia.
- Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras, con corrección de errores de 7 de junio de 2004.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad de los túneles de carreteras del Estado.
- Corrección de errores del Real Decreto 635/2006, de 31 de Julio de 2006.
- Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos, y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.
- Decreto 277/2010, de 2 de noviembre, por el que se regulan las obligaciones de autoprotección exigibles a determinadas actividades, centros o establecimientos para hacer frente a situaciones de emergencia. (Norma Vasca de Autoprotección).
- Ley del Parlamento Vasco 1/1996, de 3 de abril, de gestión de emergencias.

- Ekainaren 24ko 153/1997 Dekretua, Euskadiko Babes Zibilerako Plana onesten duena, «Larrialdiei aurregileko bidea-LABI», eta larrialdietan jarduteko euskal sistema integrazteko mekanismoak arautzen dituena.
- Bizkaiko Foru Aldundiaren azaroaren 23ko 130/2010 Foru Dekretua, Bizkaiko Lurralde Historikoko Larrialdietarako Foru Plana arautzen duena.
- Apirilaren 15eko 8/1999 Foru Araua, Bizkaiko Errepideen Lurralde Plan sektoriala onesten duena.
- Martxoaren 24ko 2/2011 Foru Araua, Bizkaiko Errepideei buruzkoa.
- Euskal Autonomia Erkidegoaren errepideen proiektuetarako arau teknikoa, eta Euskal Autonomia Erkidegoaren errepideen kontserbaziorako arau teknikoa, Euskal Autonomia Erkidego Plan Orokorren 283/1989 Dekretuaren bidez onetsiak.

4. SARRERA

Tunelen ustiapenaren barruan sartzen dira honako hauek: trafikoa gainbegiratzeko eta kontrolatzeko jardueretan diharduten bitartekoak eta baliabideak antolatzea, gorabeheretan laguntza ematea, tunel baten edo hainbat tunelen azpiegiturak eta instalazioak mantentzea eta bitarteko eta baliabide horiek zuzentzeko eta administratzeko lanak, baita kanpoko baliabideekin koordinatzeko lanak ere.

Ustiapen bakoitzak kontrolleko zentro bat izango du, eta bertatik egingo dira ustiapen horretako tunelak gainbegiratzeko, kontrolatzeko eta eragiketak gauzatzeko jarduerak.

I. eta II. motako tunel guztiak, Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan emandako definizioaren arabera, ustiapen baten barruan txertatuko dira (kontrolleko zentroa).

Ustiapen eskuliburu bat egongo da Ustiapen bakoitzeko, eta bertan bildu ahal izango dira hura osatzen duten tuneletako bakoitzaren zehaztasunak jasotzeko beharrezkoak diren eragiketa plan guztiak. Jarraibide tekniko honen A eranskinean ustiapenaren eskuliburua egiteko gida agertzen da, izan beharreko gutxieneko edukiekin.

Tunelaren kudeatzaileak onetsi beharko ditu ustiapenaren eskuliburua eta horren berrikuspenak onetsi beharko ditu.

Datozen kapituluetan zehaztuko dira tunelak ustiatzeko baliabideei eta prozedurei buruzko gutxieneko eskakizunak, Bizkaiko Lurralde Historikoko tunel guztiei aplikatu beharrekoak. Eskakizun horietan proportzionaltasunaren printzipioa beteko da, hots, kostuak erabiltzaileei segurtasuna eta zerbitzua emateko espero diren etekinekiko proportzionalak izango dira.

5. GIZA BALIABIDEAK

Ustiapenaren eskuliburuak honako hauek barne hartu behar ditu: ustiapenaren tamaina, organigrama, funtzioak, pertsonalaren erantzukizunak eta baliabide material eskuragarriak.

5.1. Ustiapeneko langileria

5.1.1. Ustiapenaren zuzendaria

Ustiapenak administrazio agintarien aurrean duen erantzule nagusia da.

Ustiapenaren helburuak oro har betetzen direla zaintzeko eginkizuna du, eta bere kargupeko giza baliabide eta baliabide material guztiak administratzen ditu.

Eragiketako jardueren eta mantentze jardueren koordinazioa egokia dela ziurtatu beharko du ustiapenaren zuzendariak, eta instalazioari, eraikinari eta ustiapenari lotutako lokal guztien funtzionamendu onaren eta kontserbazio egokiaren erantzulea da. Haren kargupeko pertsonalaren zerbitzua eta txandako antolatu beharko ditu laguntzaileek lagunduta. Halaber, tunelaren kudeatzaileari, barruko auditoretzako eta segurtasuneko txostenak bidaliko dizkio, ustiatzaileak egindakoak, baita eraginpeko instalazioen eta zerbitzuen egoerari buruzko txostenak ere.

- Decreto 153/1997, de 24 de junio por el que se aprueba el Plan de Protección Civil de Euskadi, «Larrialdiei aurregileko bidea-LABI» y se regulan los mecanismos de integración del sistema vasco de atención de emergencias.
- Decreto Foral de la Diputación Foral de Bizkaia 130/2010, de 23 de noviembre, regulador del Plan Foral de Emergencias del Territorio Histórico de Bizkaia.
- Norma foral 8/1999, de 15 de abril, por la que se aprueba el Plan Territorial sectorial de carreteras de Bizkaia.
- Norma foral 2/2011, de 24 de marzo, de carreteras de Bizkaia.
- Norma técnica para proyectos de carretera de la Comunidad Autónoma del País Vasco, y Norma técnica para conservación de carreteras en la Comunidad Autónoma del País Vasco, aprobadas por el Decreto 283/1989 del Plan General de Carreteras del País Vasco.

4. INTRODUCCIÓN

La explotación de túneles comprende la organización de medios y recursos dedicados a las actividades de supervisión y control del tráfico, atención de incidentes y mantenimiento de las infraestructuras e instalaciones de uno o varios túneles; así como los trabajos de dirección y administración de dichos medios y recursos y de su coordinación con recursos externos.

Cada una de las explotaciones contará con un centro de control desde donde se realizarán las actividades de supervisión, control y operación de los túneles pertenecientes a dicha explotación.

Todos los túneles de tipo I y II, según la definición realizada en el Decreto Foral de Seguridad en Túneles estarán integrados en una explotación (un centro de control).

Existirá un Manual de Explotación por cada Explotación, que podrá contener tantos Planes de Operación como sea necesario para recoger las especificidades de cada uno de los túneles que la forman. En el anexo A de esta Instrucción Técnica se muestra la guía para la elaboración del Manual de Explotación, con los contenidos mínimos con que debe contar.

El Manual de Explotación y sus revisiones deben ser aprobados por el Gestor del Túnel.

En los capítulos siguientes se especifican los requisitos mínimos sobre los recursos y procedimientos de explotación de los túneles, de aplicación a todos los túneles del Territorio Histórico de Bizkaia. Estos requerimientos guardarán el principio de proporcionalidad, es decir, los costes deben ser proporcionales a los beneficios esperados en términos de seguridad y servicio a los usuarios.

5. RECURSOS HUMANOS

El Manual de Explotación deberá incluir el dimensionamiento de la explotación, con el organigrama, funciones y responsabilidades del personal, y los recursos materiales disponibles.

5.1. Personal de la explotación

5.1.1. Director de explotación

Es el responsable último del conjunto de la explotación frente a la Autoridad Administrativa.

Su misión es velar por la consecución del conjunto de los objetivos de explotación, administrando todos los recursos humanos y materiales a su cargo.

El Director de Explotación deberá asegurar la buena coordinación de las actividades de operación y mantenimiento, siendo el garante del buen funcionamiento y estado de conservación de todas las instalaciones, edificios y locales afectos a la explotación. Asistido por sus colaboradores, deberá organizar los turnos y el servicio del personal a su cargo. Será asimismo responsable del envío al gestor del Túnel de los informes de seguridad y auditoría interna realizados por la Explotadora, así como del estado de las instalaciones y servicios afectados.

5.1.2. *Segurtasunaren arduraduna*

Tunelaren Kudeatzaileak izendatuko du eta lehenago Administrazio Agintaritzak onartu behar du. Prebentzioko eta zaintza-ko neurriak ikuskatuko ditu, baita horien koherentzia ere, erabiltzaileen eta langileen segurtasuna bermatzeko. Halaber, larrialdiko zerbitzuekiko koordinazioa segurtatu eta jarduketa-planak antolatzen lagunduko du.

I. eta II. motako tunel orok izan beharko du Segurtasun Arduradun bat; normalean, diziplina anitzeko talde baten babesarekin zeregin eta jarduera espezializatuenetarako. Segurtasun Arduradun berak eginkizunak eta funtzioak tunel batean baino gehiagotan egin ahalko ditu.

Segurtasun arduradunak harreman funtzionala edo kontratu bidezkoa izan ahalko du tunelaren kudeatzailearekin, baina ez du harengandik jarraibiderik jasoko bere zereginak burutzeari dagokionez.

Segurtasunaren arduradunaren erantzukizunekoia izango da:

- Larrialdiko zerbitzuekiko eta Ikuskapen Erakundearekiko lan-kidetza ziurtatzea eta jarduketa-planak egiten laguntzea.
- Segurtasun-planen zehaztapenean parte hartzea.
- Tuneleko ekipamenduaren zehaztapenean parte hartzea, bai tunel berriei eta bai lehengo tuneletan egindako aldatzeki dagokienez.
- Larrialdiko eragiketak planifikatzean, martxan jartzean eta ebaluatzean parte hartzea.
- Larrialdiko zerbitzuen nahiz langileen heziketan eta aldiari behingotuz simulazioen antolamenduetan parte hartzea.
- Tunelen egitura, ekipamendua eta funtzionamendua baimentzeko orduan aholkua ematea.
- Tunelen egituraren zein ekipamenduaren mantentzeak eta konponketak egiaztatzea.
- Istripu edo gorabehera garrantzitsu guztien ebaluazioan parte hartzea.

5.1.3. *Eragiketen burua*

Eragiketaren jarduerak behar bezala burutzearen inguruko arduradun du ustiapenaren zuzendariaren aurrean.

Eragiketen buruaren erantzukizuna izango da:

- Ohiko eragiketa guztiak edo larrialdietan erantzuna emateko eragiketak koordinatzea, baita baliabideak koordinatzea ere larrialdietarako kanpoko langileriak gertaera larri batean agintea bere gain hartzen duenean.
- Instalazioen egoera eta funtzionamendua zaintzea.
- Ikuskapen eta zaintza lanak koordinatzea.
- Jarraipeneko datuen artxiboa eta prozesu informatikoa.
- Istripu-inezak ebaluatzea eta aldira txosten espezifikoak egitea.
- Gainera, eragiketen buruak bere kargupeko langileria behar bezala trebatzeko arduradun izango du.

5.1.4. *Mantentzearen buruak*

Mantentze jarduerak guztiak behar bezala betearaztearen erantzukizuna izango dute ustiapenaren zuzendariaren aurrean: Zeregin espezifiko gisa, honako hauetaz arduratuko dira:

- Eragiketen programazioa (hilekoa eta hamabost eguneko behingoa) eta eguneko lan aginduak ezartzea.
- Laneko parteak egiteko eta parte horiek egunero berrikusteko jarraibideak.
- Buruturiko lanak ikuskatzea.
- Mantentze ekipoen zerbitzua kudeatzea (txandak eta zereginak).

5.1.2. *Encargado de seguridad*

Será nombrado por el Gestor del Túnel y deberá haber sido aceptado previamente por la Autoridad Administrativa. Se encargará de supervisar las medidas preventivas y de salvaguarda, así como la coherencia de las mismas, a fin de garantizar la seguridad de los usuarios y del personal. Asimismo, asegurará la coordinación con los servicios de emergencia y colaborará en la organización de los planes de actuación.

Todo túnel de tipo I y II deberá contar con un Encargado de Seguridad, normalmente apoyado por un equipo multidisciplinar para las funciones y actuaciones más especializadas. Un mismo Encargado de Seguridad podrá realizar sus tareas y funciones en varios túneles.

El Encargado de Seguridad podrá tener una relación funcional o contractual con el Gestor del Túnel, pero no recibirá instrucciones de aquél en relación con el ejercicio de sus funciones.

Será responsabilidad del Encargado de Seguridad:

- Asegurar la coordinación con los servicios de emergencia y con el Organismo de Inspección, y colaborar en la organización de los planes de actuación.
- Participar en la definición de los planes de seguridad.
- Participar en la definición del equipamiento del túnel, tanto en lo que se refiere a los túneles nuevos como a las modificaciones de los túneles existentes.
- Participar en la planificación, puesta en práctica y evaluación de las operaciones de emergencia.
- Participar en la formación del personal y de los servicios de emergencia y en la organización de simulacros periódicos.
- Asesorar a la hora de autorizar la estructura, el equipamiento y el funcionamiento de los túneles.
- Verificar el mantenimiento y las reparaciones de la estructura y equipamiento de los túneles.
- Participar en la evaluación de cualquier accidente o incidente significativo.

5.1.3. *Jefe de operaciones*

Es el responsable, ante el Director de Explotación, de la correcta ejecución de todas las actividades de operación.

Será responsabilidad del Jefe de Operaciones:

- La coordinación de todas las operaciones, sean normales o en respuesta a emergencia, y la coordinación de sus recursos si el personal exterior de emergencia toma el mando en un eventual suceso grave.
- La atención al estado y funcionamiento de las instalaciones.
- La coordinación de las tareas de supervisión y vigilancia.
- El archivo y proceso informático de los datos de seguimiento.
- La evaluación de los índices de accidentalidad y elaboración periódica de informes específicos.
- Además, el Jefe de Operaciones deberá velar por la correcta formación del personal a su cargo.

5.1.4. *Jefes de mantenimiento*

Serán los responsables, ante el Director de Explotación, de la correcta ejecución de todas las actividades de mantenimiento. Como cometidos específicos, se encargarán de:

- El establecimiento de la programación operativa (mensual o quincenal) y de las Órdenes de Trabajo diarias.
- Las instrucciones para la formulación de partes de trabajo y la revisión diaria de dichos partes.
- La supervisión de los trabajos ejecutados.
- La gestión del servicio (turnos y tareas) de los equipos de mantenimiento.

- Elementu suntsikorren eta ordezeko piezen stockak kudeatzea.
- Landa-ekipoen inbentarioa eta funtzionamendu agenda kudeatzea eta bere kargupeko tunelen egoera kudeatzea.
- Mantentzeko pertsonalaren trebakuntza egokia dela segurtatzea.

5.1.5. *Kontsolako operadoreak*

Kontsolako operadoreek laguntza iraunkorra emango diete kontroleko-ekipoei, egunero 24 orduetan, urteko egun guztietan. Horiek tuneleko trafikoa kudeatu, gorabeheretan zein larrialdietan lagundu eta tuneletako instalazioen funtzionamendu egokia ikuskatuko dute, zentralizaturiko kontrol-sistemen bitartez.

Eragiketak, bestalde, Ustiapen Eskuliburuan jasotako planen, prozeduren eta protokoloen arabera egingo dira.

5.1.6. *Txandako burua*

Tunelek pertsona bakarra izango dute uneoro kontroleko zentroaren jarduketan agintean eta tuneleko eragiketaren erantzulea gisa. Txandako burua kontsolako operadore aditua izango da, eta eragiketen burua ez badago, kontroleko zentroaren agintearen erantzukizuna hartuko du bere gain.

5.1.7. *Landako agenteak*

Tunelek etengabe izango dituzte kontsolako operadoreak eginiko atazak osatuko dituzten landa-agenteen taldeak, eta horiekin izango dira harremanetan etengabe jarraibideak jasotzeko. Hauek dira bete beharreko eginkizunak:

- Esku-hartzeko lehen indarra izango dira istripu arinak gertatzen direnean. Baldin eta ez badira ziurtatzen jarraibide hauetako 5.3. atalean zehazturiko larrialdietako kanpoko baliabideek erantzuna emateko denborak, landa-agenteei behar bezalako gaitasuna izango dute larrialdiko lehen faseetan zaurituei laguntzeko eta sua itzaltzeko, ondoren kanpoko errekursoak aginteaz jabetzeari eta funtzio horiek buruzteari kalterik egin barik.
- Zirkulazioa kontrolatzeko lehenengo lanak egingo dituzte, arriskuak sor ditzaketen gorabeherak direnean.
- Eskolta eginkizunak burutuko dituzte ibilgailu berezietan eta merkantzia arriskutsuen garraioan noiz-eta ibilgailu horien pasabidea era horretako neurriekin araututa dagoenean.
- Gorabeherarik ez badago, laguntza eman diezaiokeite mantentzearen pertsonalari.

5.1.8. *Mantentze-lanetako langileak*

Mantentze-lanetako langileria izan beharko da ustiapenetan, eta horien eginkizuna tunela, azpiegitura eta gainegitura baldintza egokietan mantentzea izango da. Honako hauek bereizten dira beren gaitasunaren arabera:

- Artapenerako patruilak, obra zibila eta neguko bideak mantentzeko ardura izango dutenak.
- Tunelen instalazioetako teknikari espezialistak.

5.2. *Larrialdietako kanpoko baliabideak*

Administrazio Publikoko eta Udal Harremanen Sailean dautza Bizkaiko Foru Aldundiaren Segurtasun eta Babes Zibileko eskumenak.

Halaber, Euskadiko Larrialdiei Aurregiteko eta Meteorologia-ko Zuzendaritza, Eusko Jaurlaritzaren Herrizaingo Sailekoa, Euskal Autonomia Erkidegoaren eremuan gerta daitekeen larrialdi-mota orotan erantzuna emateko arduraduna da.

- La gestión de los stocks de elementos fungibles y repuestos.
- La gestión del inventario de equipos en campo y de la agenda de funcionamiento y estado de los túneles a su cargo.
- Asegurar la correcta formación del personal de mantenimiento.

5.1.5. *Operadores de consola*

Los centros de control estarán atendidos permanentemente por operadores de consola, 24 horas al día, todos los días del año. Éstos realizan operaciones de gestión del tráfico del túnel, atención de incidentes y emergencias, y de supervisión del correcto funcionamiento de las instalaciones de los túneles, a través de los sistemas de control centralizados.

Las diferentes operaciones se llevarán a cabo de acuerdo con los planes, procedimientos y protocolos contenidos en el Manual de Explotación.

5.1.6. *Jefe de turno*

Los túneles dispondrán en todo momento de una única persona al mando de las actuaciones del centro de control y responsable de la operación en el túnel. El Jefe de Turno, será un operador de consola experto, que en ausencia del Jefe de Operaciones, asumirá la responsabilidad y el mando del centro de control.

5.1.7. *Agentes de campo*

Los túneles contarán de manera permanente con equipos de Agentes de Campo que complementarán las tareas realizadas por los operadores de consola, con quienes están en contacto permanente para recibir instrucciones. Sus cometidos serán los siguientes:

- Constituirán la fuerza de primera intervención para actuar en campo caso de accidentes leves. En los casos en que no aseguren los tiempos de respuesta de los recursos externos de emergencia definidos en el apartado 5.3 de estas Instrucciones, los Agentes de Campo deberán estar adecuadamente capacitados para asistir a los heridos y sofocar incendios en las primeras fases de la emergencia, sin perjuicio de que posteriormente sean los recursos externos los que tomen el mando y realicen estas funciones.
- Realizarán las primeras actuaciones de control de la circulación, en presencia de incidentes que puedan ocasionar riesgos.
- Realizarán funciones de escolta a vehículos especiales y de transporte de mercancías peligrosas, para los túneles en los que su paso esté regulado con este tipo de medidas.
- En ausencia de incidentes, podrán asistir al personal de mantenimiento en sus tareas.

5.1.8. *Personal de mantenimiento*

Las explotaciones deberán contar con personal de mantenimiento cuya misión es mantener el túnel, infraestructura y superestructura en las condiciones óptimas de funcionamiento. Por su capacitación se dividen en:

- Patrullas de conservación, encargados del mantenimiento de la obra civil y vialidad invernal.
- Técnicos especialistas de las instalaciones de los túneles.

5.2. *Recursos externos de emergencias*

El Departamento de Administración Pública y Relaciones Municipales es el Departamento en el que residen las competencias en materia de Seguridad y Protección Civil de la Diputación Foral de Bizkaia.

Asimismo, la Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología de Euskadi, perteneciente al Departamento de Interior del Gobierno Vasco, es la encargada de dar respuesta integral a todo tipo de emergencia que se pueda presentar dentro del ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

Larrialdietan Jarduteko Sistema Koordinatua eta Integrala elkarrekin lotura duten lau zerbitzu osagarritan dago egituratuta:

- Plangintza zerbitzua.
- Esku hartzeko zerbitzua.
- Koordinazio zerbitzua (SOS DEIAK). Bizkaiko SOS DEIAK zentroa. Eusko Jaurlaritzaren Larrialdiak Koordinatzeko Zentroa, Bizkaiko Lurralde Historikoan dagoena.
- Trebakuntza eta hedakuntza zerbitzua.

Oro har, larrialdiekin lotutako alderdi guztiak estaltzen eta betetzen dituzte: arriskuen aurreikuspena, plangintza, taktikak, baliabideak eta bitartekoak, jarduteko ildoen hedakuntza, herritarrak oro har eta talde jakin batzuk trebatzea, deiak jasotzea, baliabideak koordinatzea eta gorabeherak tokian bertan konpontzea. Hori guztia teknologiarik aurreratuenak eta giza talde oso gaitua izanik.

PLANGINTZA ZERBITZUA

Euskadiko Larrialdietan Jarduteko Zuzendaritzaren plangintza zerbitzua da larrialdi planak egiteko ardura duena, betiere hainbat istriputan jarduteko eta aurreikuspen eta jarduketa lanak burutzeko ildoak finkatuz, horien artean Bizkaiko Lurralde Historikoko tunelei dagozkienak.

ESKU HARTZEKO ZERBITZUA

Horren eginkizuna etengabeko zerbitzua ematea da honako egoera hauetan, urteko egun guztietan, 24 orduetan: babes zibilaren eremuko larrialdietan, mendiko eta uretako erreskate eta bilaketetan, materia arriskutsuen istripuetan, basoko eta hiriko suteetan eta arrisku larrietan, hondamendietan eta istripuetan, hala nola, uholdeetan, lur-jauzietan, lerraduretan, etab. Esku hartzeko zerbitzua zuzenean jarduteko eskumena du Bizkaiko tuneletako gorabeheretan eta istripuetan.

KOORDINAZIO ZERBITZUA (SOS DEIAK)

Herritarrei larrialdietan zerbitzu osoa eta koordinatua eskaintzea da zerbitzuaren eginkizuna, doako 112 telefono bakarraren bidez.

Telefono horren bidez, tuneletako ustiatzaileek erantzuna jasoko dute larrialdietan, eta beharrezko baliabideak mugiaraziko dira: osasun zerbitzuak, suhiltzaileak eta polizia.

TREBAKUNTZA ETA HEDAKUNTZA ZERBITZUA

Hainbat gizarte talderentzako trebakuntza programak prestatzeaz arduratzen da, material didaktikoa egiten du, era guztietako argitalpenak lantzen ditu, ikastaroak eta simulakroak antolatzen ditu eta zabalkuntza programak prestatzen ditu, oro har.

5.2.1. Ekintza-taldeak

Larrialdietan jarduteko kanpoko baliabideak sorospenerako zerbitzu publikoak dira, eta Bizkaiko Lurralde Historikoko Larrialdietako Foru Planean Euskadiko Babes Zibilerako Planean ezarri denaren arabera, honako ekintza talde hauek osatzen dituzte:

- Esku hartze taldea. Bizkaiko Lurralde Historikoko eta aldameneko eskualdeetako Suhiltzaile Zerbitzuak. Udal suhiltzaileak.
- Osasun-taldea Bizkaiko osasun laguntzako zerbitzuak: Osakidetza larraldi zerbitzuak (Bizkaiko ospitaleen kanpoko urgentzietako zerbitzuen koordinazioa). Gurutze Gorria eta DYA.
- Segurtasun-taldea Ertzaintza eta Udaltzaingoa.
- Talde logistikoa. Bizkaiko Foru Aldundiaren eta Udalerrien langileria, baliabideak eta instalazioak, eta beharrezko bitartekoak eta baliabideak eman ditzaketen zerbitzu enpresak eta partikularrak. Larrialdiei Aurregiteko eta Meteorologia Zuzendaritza.
- Laguntza teknikoko taldea. Bizkaiko Foru Aldundiko profesionalak eta medikuak. Larrialdiei Aurregiteko eta Meteorologia Zuzendaritza.

Este Sistema Coordinado e Integral de Atención a la Emergencia se estructura en cuatro servicios complementarios e interrelacionados:

- Servicio de Planificación.
- Servicio de Intervención.
- Servicio de Coordinación (SOS DEIAK). Centro SOS DEIAK de Bizkaia. Centro de Coordinación de Emergencias del Gobierno Vasco, ubicado en el Territorio Histórico de Bizkaia.
- Servicio de Formación y Difusión.

En conjunto, cubren y atienden todos los extremos relacionados con las situaciones de emergencia: previsión de riesgos, planificación, tácticas, medios y recursos, divulgación de pautas de actuación, formación de la población en general y de colectivos concretos, recepción de llamadas, coordinación de recursos, y resolución de incidentes «in situ». Todo ello, contando con las más sofisticadas tecnologías y con un equipo humano altamente cualificado.

SERVICIO DE PLANIFICACIÓN

El Servicio de Planificación de la Dirección de Atención de Emergencias de Euskadi es el encargado de la gestión de la elaboración de planes de emergencia, marcando las pautas de previsión, prevención y actuación ante las diversas situaciones accidentales, y entre ellas de los túneles del Territorio Histórico de Bizkaia.

SERVICIO DE INTERVENCIÓN

Su función es ofrecer una atención continuada durante 24 horas todos los días del año ante situaciones de emergencia del ámbito de protección civil, búsquedas y rescates en montaña y medio acuático, accidentes de materias peligrosas, incendios forestales y urbanos y todas aquellas situaciones de grave riesgo, catastróficas o accidentales, como inundaciones, derrumbamientos, deslizamientos, etc. El servicio de Intervención tiene competencias de actuación directa para los incidentes y siniestros en los túneles de Bizkaia.

SERVICIO DE COORDINACIÓN (SOS DEIAK)

Su función es ofrecer al ciudadano un servicio integral y coordinado de atención a la emergencia a través del teléfono único de llamada gratuita 112.

A través de este teléfono los explotadores de los túneles obtienen respuesta a las emergencias, con la movilización de los recursos pertinentes: servicios de atención sanitaria, bomberos y policía.

SERVICIO DE FORMACIÓN Y DIFUSIÓN

Se encarga de preparar programas de formación para diferentes grupos sociales, confecciona material didáctico, elabora todo tipo de publicaciones, organiza cursos y simulacros y prepara programas de difusión en general.

5.2.1. Grupos de acción

Los recursos externos para la atención de emergencias son los servicios públicos de socorro, compuestos, según establece el Plan Foral de Emergencias del Territorio Histórico de Bizkaia (PFETHB) y el Plan de Protección Civil de Euskadi (LABI), por los siguientes Grupos de Acción:

- Grupo de Intervención. Servicios de Extinción de Incendios y Salvamento del Territorio Histórico de Bizkaia y de regiones limítrofes. Bomberos Municipales.
- Grupo Sanitario. Servicios de Asistencia Sanitaria de Bizkaia: servicios de emergencias de Osakidetza (coordinación de servicios de urgencias extrahospitalarias de Bizkaia), Cruz Roja y DYA.
- Grupo de Seguridad. Ertzaintza y Policías Locales.
- Grupo Logístico. Personal, medios e instalaciones de la Diputación Foral de Bizkaia y Municipales, y empresas de servicios y particulares que puedan aportar medios y recursos necesarios. Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología.
- Grupo de Apoyo Técnico. Profesionales y facultativos de la Diputación Foral de Bizkaia. Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología.

Giza baliabideak, ibilgailuak eta ekipoak mugituko dituzte ekin-tza taldeek tuneletan eta sarbideetan jarduteko, era horrelako istripuetan taktika operatiboetan ezarritakoaren arabera eta tunelen barruko autobabeserako planetan eta maila handiagoko eremuko planetan xedatu denarekin bat etorritz.

5.3. Giza baliabideak

Beren kargupeko tuneletan gerta daitezkeen larrialdiei aurre egiteko eta esku hartzeko nahikoa ahalmen izango dute ustiatzailleek.

Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan eginiko sailkapenaren arabera, esku hartzeko denbora hauek eskatu behar dira (minututan), tunel-motaren eta zerbitzu-motaren arabera:

1. Taula – Zerbitzuen esku-hartze denbora (minutuak), tunel-motaren arabera. Oharpenetik gorabeheraren gunera iritsi arte neurtzen da, langileria zeinahi kolektibotakoa izanda ere (Ustiatzailea, kanpoko eragileak, etab.)

Túnel mota	Zerbitzu-mota		
	Mantentzea eta artatzea	Landako agentea	Su-itzaltzea eta salbamendua
I	20'	15'	8'
II	40'	—	—
III	40'	—	—

Landako agenteek etengabe egon behar dute prest gorabeheretan bizkor esku hartzeko, eta ustiapeneko I. motako edozein tuneletara 15 minutu igaro baino lehen iritsi beharko dute. Agente horiek 24 ordu/365 eguneko zerbitzua eskainiko dute.

I. motako tuneletan, kanpoko su itzaltze eta salbamenduko baliabideek erantzuna emateko denborak ebaluatu beharko dira. Ez baldin badira 8 minututik beherako denborak ziurtatzen kanpoko suhiltzaile eta salbamendu baliabideekin, gomendagarria da Ustiatetik Landako agenteek suaren kontra jarduteko eta salbamendurako gaitasun egokia izatea eta, gainera, lehen esku-hartzeko ibilgailuak izatea (askatzeko ekipoak, babes indibidualerako ekipoak, etab.) eta trafikoaren arabera uneoro landako 3 edo 4 agentez osatutako gutxieneko esku-hartze talde bat izatea.

Kanpoko suhiltzaile zerbitzuak 8 minutuan baino denbora laburragoan iritsiko direla ziurtatuz gero, zerbitzu horiek arduratu ahaliko dira zeregin horietaz, betiere tunelak dituen segurtasun elementuei eta instalazio guztien tokiko eragiketen moduari buruzko trebakuntza egokia jaso badute. Kasu horietan, landako agenteen kopurua 2koa edo pertsona batekoa ere izan daiteke, trafikoaren arabera, baldin eta ibilbidearen tokirik urrunekoetik gunera 15'an iritsiko direla ziurtatzen bada.

	Landako agenteen gutxieneko kopurua (baldin eta gunera 15'an iritsiko direla ziurtatzen badute)		
	Eguna	Gauetz*	
I. motako tunela	Suhiltzaileak 8'	2	1
	Suhiltzaileak > 8'	4	3

* Gauetz edo trafiko-intentsitate txikiro aldiatan (400 ibilg./ordu/hora. baino txikiagoa).

8 minutuko denbora-muga nazioarteko erreferentziatzeko balio bat da, historian zehar hainbat tunel garrantzitsutan suteak eragin dituzten gorabeheren analisiaren emaitza, hala nola, Frejus eta Mont Blanc (Frantzia/Italia), St. Gotthard (Suitza), Tauern (Austria), Cross Harbour (Hong Kong), etab., eta ikerketa teknikoko Erakunde suediarren SP Report 2010:10 «Effective firefighting operations in road tunnels» txostenean dokumentatuta dago.

Mantentze- eta kontserbazio-lanez arduratzen den langileriak landako agenteen zereginak gauatzeko prestakuntza izango du, larrialdi-kasu bakoitzean errefortzu gisa jardun ahal izateko.

Los servicios de los diferentes grupos de acción desplazarán a las intervenciones en los túneles y sus accesos los recursos humanos, vehículos y equipos que para el tipo de siniestro de que se trate tengan establecido en sus Tácticas Operativas y según lo dispuesto en los Planes de Autoprotección de los túneles y los planes de ámbito superior.

5.3. Dimensionamiento de los recursos humanos

Los explotadores estarán dotados con una capacidad de intervención suficiente para afrontar las situaciones de Emergencia que puedan ocurrir en los túneles a su cargo.

Según la clasificación realizada en el Decreto Foral de Seguridad en túneles se debe exigir los siguientes tiempos de intervención (en minutos) según tipo de túnel y el tipo de servicio:

Tabla 1 –Tiempo de intervención (minutos) de los distintos Servicios según el tipo de túnel. Se mide desde el momento del aviso hasta la llegada al foco del incidente, independientemente de a qué colectivo pertenezca el personal (Explotadora, agentes externos, etc.)

Tipo de Túnel	Tipo de Servicio		
	Mantenimiento y Conservación	Agente Campo	Extinción y Salvamento
I	20'	15'	8'
II	40'	—	—
III	40'	—	—

Los Agentes de Campo deben estar permanentemente dispuestos para una atención rápida en caso de incidentes, llegando a cualquier túnel de tipo I de la explotación en un tiempo inferior a 15 minutos. Estos Agentes proporcionarán un servicio 24h/365 días.

En los túneles de tipo I se deberán evaluar los tiempos de respuesta de recursos de extinción de incendios y salvamento externos. En los casos en los que no se aseguren tiempos inferiores a 8 minutos con los recursos de extinción de incendios y salvamento externos, se recomienda que los Agentes de Campo de la Explotadora tengan capacitación adecuada en la lucha contra el fuego y salvamento, Contando además con vehículos de primera intervención dotados con medios de extinción de incendio y salvamento suficientes (equipos de excarcelación, equipos de protección individual, etc.) y un equipo mínimo de intervención formado por 3 o 4 agentes de campo en todo momento, en función del tráfico.

En el caso de que se asegure la llegada de los cuerpos extinción de incendios y salvamento externos en menos de 8 minutos, estas tareas pueden ser asumidas por éstos, siempre que reciban la formación adecuada sobre los elementos de seguridad que cuenta el túnel y el modo de operación local de todas las instalaciones que disponga. En estos casos el número de agentes de campo puede ser de 2 o incluso 1 persona en función del tráfico, y siempre que aseguren la llegada al foco en 15' desde el lugar más alejado de su posible recorrido.

Túnel Tipo I	N.º mínimo Agentes de campo (siempre que aseguren la llegada al foco en 15')	Día	
		Día	Noche*
Bomberos 8'	2	2	1
Bomberos > 8'	4	4	3

* Periodos nocturnos o periodos donde la intensidad horaria de tráfico sea baja, inferior a 400 veh/hora/sentido.

El umbral de tiempo de 8 minutos es un valor de referencia internacional fruto del análisis de incidentes con resultado de incendio, ocurridos en túneles importantes a lo largo de la historia, como en el túnel de Frejus y Mont Blanc (Francia/Italia), St. Gotthard (Suiza), Tauern (Austria), Cross Harbour (Hong Kong), etc., y documentado en un informe del Instituto sueco de investigación técnica SP Report 2010:10 «Effective firefighting operations in road tunnels».

El personal de mantenimiento y conservación podrá estar formado para cumplir con las funciones de los agentes de campo, de forma que puedan servir de refuerzo en caso de emergencia. Será

Garrantzitsua izango litzateke langile guztien jarduera-rolak planifikatzea beren erabilgarritasunaren arabera.

Mantentze eta artatze zentro guztiek ustiapenaren tunel guztiak estali beharko dituzte eraginpeko aldean bitartez, erantzuna emateko eskatzen den denbora ziurtatzeko. Urteko egun guztietan 24 orduetan lanean aritzeko pertsonala izan behar da, mantentze eta artatze lanak egiteko.

Kontrol zentroek 24 orduko zerbitzua izango dute. I. motako lau tunel edo gehiago kudeatzean dituzten Ustiapenetan, beharrezkoa izango da gutxienez bi Kontsola Operadore izatea (istripu larri bat egonez gero, beste bat berehalako errefortzu gisa gehitzea gomendatzen da), eta hiru Operadore gomendatzen dira trafiko intentsitate handiko aldietan (eguneko aldian). Edozein kasutan ere, beharrezkoa izango da eguneko ordu guztietan txandako buru bat egotea, eta zeregin hori kontsolaren operadoreetako batek gauzatu ahal du.

Ustiatzaileak Larrialdietan Jarduteko Ustiapeneko Baliabideen Katalogoa eguneratuta izan beharko du, eta urtero Eusko Jaurlaritzaren Larrialdiei Aurregiteko eta Meteorologia Zuzendaritzari horren berri emango dio, larrialdien arloan indarrean dagoen araudiak ezartzen duenaren arabera.

6. BALIABIDE MATERIALAK

Lana eraginkortasunez egin ahal izateko beharrezko baliabide material guztiak izan behar ditu ustiapenak.

Ustiapenaren eraikin eta lokal guztiek —horien barruan sartzen dira lehenengoz esku hartzeko eta artatzeko baseak eta administrazio bulegoak— aldagelak, zerbitzuak, jantokia, atsedena hartzeko guneak eta indarreko legerian finkaturiko gaineko tokiak izango dituzte.

6.1. Kontroleko zentroa

I eta II. motako tunel guztiak 24 orduko zerbitzua (urteko egun guztietan) duen kontroleko zentro batetik gainbegiratu eta kontrolatuko dira. Tunelen Segurtasun eta Ustiapen VI. Jarraibide Teknikoko («Segurtasun, Zaintza eta Kontroleko Sistemak») 7. atalean (Kontrol Zentralizatuko Sistema) zehaztuko dira kontroleko gelaren ezaugarriak.

Emakida araubidean ustiatutako tunelak enpresa esleipendunaren kontroleko zentro propioetatik kontrolatu eta zaindu ahal izango dira. Kontroleko zentro bakarra egongo da uneoro tunel bakoitzean, eta bertan kudeatu ahal izango da tunela osorik. Gomendagarria da babes-zentro bat egotea, nagusiak huts egingo balu ere.

Tunelako kontrol-zentro guztiak egongo dira elkarren artean koordinatuta zentro desberdinetatik kudeatutako eremu batean baino gehiagotan eragina duten gorabeheren aurrean behar bezala jokatzeko, komunikazio-sareen bidez konektatzea gomendatuko da, trafikoa inguruko informazioa, irudiak, etab. trukatzeko ahalbidetzeko.

6.2. Lehenengoz esku hartzeko baseak

Lehenengoz esku hartzeko baseak izango dira, esku hartzeko zerbitzuen estaldura egokia emateko modua eskainiko dutenak, jarraibide hauen 5.3. atalean zehazten denaren arabera. Landako agenteek erabili beharreko ekipoak gordetzeko nahikoa toki izango da base horietan:

- Seinaleztapen ekipoak.
- Salbamendu eta suhiltzaile ekipoak.
- Tresnak eta lanabesak.
- Lehen sorospeneko materiala.
- Esku hartzeko ibilgailuak.

6.3. Mantentze eta artatze basea

Tunelak, bideak eta instalazioak mantentzeko eta artatzeko eki-poen eragiketen oinarritzeko basea da artatze zentroa. Beharrezkoa denean, esku-hartze egokirako nahikoak diren bigarren mailako mantentze eta artatze baseak aurreikusi beharko dira, jarraibide hauen 5.3. artikuluan zehazten denaren arabera.

importante planificar los roles de actuación de todo el personal en función de su disponibilidad.

Los centros de mantenimiento y conservación deben cubrir mediante áreas de influencia, todos los túneles de la explotación para asegurar el tiempo de respuesta exigido. Debe existir personal disponible las 24 horas durante todos los días del año para realizar las tareas de mantenimiento y conservación.

Los centros de control tendrán un servicio 24h. En Explotaciones que gestionen cuatro o más túneles de tipo I, será necesario disponer de dos Operadores de Consola como mínimo (en caso de incidente grave se recomienda añadir otro de refuerzo inmediato), siendo recomendable tres Operadores en los periodos de mayores intensidades de tráfico (periodos diurnos). Será en todo caso obligatoria la presencia 24 horas de un Jefe de Turno, pudiendo desempeñar esta función uno de los operadores de consola.

El Explotador deberá mantener actualizado el Catálogo de Recursos de Explotación para la Atención de Emergencias con que dicha explotación esté dotada, comunicándolo a la Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología del Gobierno Vasco según se establezca en la normativa vigente sobre emergencias.

6. RECURSOS MATERIALES

La explotación debe disponer de todos los recursos materiales para realizar sus tareas con eficacia.

Todos los edificios y dependencias de las explotaciones, contando como tales los centros de control, bases de primera intervención y de conservación, y oficinas administrativas, contarán con los vestuarios, servicios, comedores y zonas de descanso y demás estancias que determine la legislación vigente.

6.1. Centro de control

Todos los túneles de tipo I y II serán supervisados y controlados desde un centro de control con un servicio 24h durante todos los días del año. Las características de la sala de control se detallan en la Instrucción Técnica de Seguridad y Explotación en Túneles VI «Sistemas de Seguridad, Vigilancia y Control», en su apartado 7.: Sistema de Control Centralizado.

Los túneles explotados en régimen de concesión podrán ser controlados y operados desde centros de control propios de la empresa concesionaria. Para cada túnel, habrá en todo momento un solo centro de control desde el que se gestione plenamente el túnel, siendo recomendable que exista un centro de respaldo para el caso de fallo del principal.

Todos los centros de control de túneles estarán coordinados entre sí para la correcta actuación ante incidentes que puedan afectar a varias zonas gestionadas desde centros diferentes, recomendando su interconexión mediante redes de comunicaciones para posibilitar el intercambio de información de tráfico, imágenes, etc.

6.2. Bases de primera intervención

Se dispondrá de bases de primera intervención que permitan dar una cobertura adecuada de los servicios de intervención, según se especifica en el apartado 5.3 de estas Instrucciones. Estas bases estarán dotadas con espacio suficiente para albergar los equipos empleados por los agentes de campo:

- Equipos de señalización.
- Equipos salvamento y extinción.
- Útiles y herramientas.
- Material de primeros auxilios.
- Vehículos de intervención.

6.3. Base de mantenimiento y conservación

El centro de conservación es la base principal de operaciones de los equipos de mantenimiento y conservación de los túneles, el viario y sus instalaciones. Cuando sea necesario, se deben prever bases secundarias de mantenimiento y conservación suficientes para la intervención adecuada según se especifica en el apartado 5.3 de estas Instrucciones.

Eginkizun hauetarako pertsonalak erabilitako ekipoak gordezko toki bat izan behar dute mantentze eta artatze baseek:

- Mantentze eta artatze ekipoak eta tresnak.
- Ordezko piezen, elementu suntsikorren eta jangarrien stocka.
- Mantentze eta artatze ibilgailuak.
- Material suntsikorren biltegia.

6.4. Administrazio bulegoak

Barruko zein kanpoko administrazio lanak horietara egokitu-riko bulegoetan egin beharko dira.

7. USTIAPEN PROZEDURAK

Ustiapenaren egin beharreko prozedurak, jarduketak, agenteak eta erantzukizunak bildu beharko ditu ustiapenaren eskuliburuak.

7.1. Zirkulazioaren kontrola

Tunelaren ustiatzaileak tunelean doan zirkulazioa kontrolatu beharko du. Trafikoaren intentsitatearen eta ezaugarrien berri izatea ezinbesteko informazioa da tunelen segurtasunarekin eta ustiapenarekin lotutako erabakiak hartzeko. Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan (8 – 10. artikulua) Bizkaiko tunelei aplikatzen zaizkien murrizpen bereziak finkatu dira.

Hauexek biltzen dira zirkulazioa kontrolatzeko lanen barruan:

- Trafikoa eta horren ezaugarriak zaintzea. Zehazkiago, tuneletako ibilgailuen arteko distantziak eta ibilgailuen abiadura kontrolatuko dira zorrotzago, tuneletako trafikoa- ren fluxu erregularra eta segurtasun hobea izan daitezen.
- Baldin eta merkantzia arriskutsuak garraiatzen dituzten ibilgailuak ikusten badira horiek garraiatzea debekatuta dagoen tunelen sarbideetan, ahal dela horren berri emango zaio gidariari tunelean sar ez daitezen.
- Baldin eta tunelaren barruko aldean auto-pilaketak gertatzen badira debekaturiko aldeetan, Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuaren 9. artikulua dakarrenez, ibilgailuak tunelaren sarreran geldiaraziko dira, trafikoa barruko aldean gelditzeko arriskurik izan gabe berriz ezarri arte.
- Tunela denbora luzean ixten bada, trafikoa bide alternati- boetatik desbideratuko da, eta seinale egokiak jarriko dira gorabeheraren eta gomendaturiko ibilbidearen gaineko informazioa emateko erabiltzaileei.
- Zirkulazioaren kodearen arau-hauste orokorrak edo Tune- len Segurtasunari buruzko Foru Dekretuaren arau-hauste espezifikoak gertatzen badira, horien berri emango zaie era- biltzaileei ahal dela; eta gertaera hori jakinaraziko zaie agin- tari eskudunei (Ertzaintza eta Udaltzaingoa), zigor-neurri egokiak har ditzaten.

7.2. Gorabeheren kudeaketa

Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan eginiko sail- kapenaren arabera I eta II. motetakoak diren tuneletan gertatzen diren gorabeherak kudeatzeko eskumenak izango ditu ustiatzaileak. II. motako tuneletan gertatzen diren gorabeheretan larrialdietako kanpoko zerbitzuek jardungo dute.

II. motako tunelek jarduketa-planak izango dituzte, eta bertan zehaztuko dira zenbait gorabeherari edo arrisku egoerari aurre egi- teko ekipamenduari eta seinaleei buruzko jarduketa-protokoloak.

I. motako tunelek autobabeserako planak izango dituzte, eta bertan zehaztuko dira larrialdietan esku hartzeko taktika operati- boak.

Aztertutako arriskuen analisietatik ondorioztatu diren arrisku ego- erak (gorabeherak) larrialdian finkatuko dira tunelen autobabese- rako planetan, ustiapenaren eskuliburuaren dokumentazioaren zati- lez. Lau jarduketa-mailatan sailkatuko dira gorabeherak. Honako hauek dira:

Las bases de mantenimiento y conservación deben disponer de espacio para albergar los equipos empleados por el personal dedicado a estas funciones:

- Equipos y herramientas de mantenimiento y conservación.
- Stock de repuestos, elementos fungibles y consumibles.
- Vehículos de mantenimiento y conservación.
- Almacenamiento de fungibles.

6.4. Oficinas administrativas

Las tareas administrativas tanto internas como externas deben ser realizadas en unas oficinas acondicionadas para dichas tareas.

7. PROCEDIMIENTOS DE EXPLOTACIÓN

El Manual de Explotación deberá incluir todos los procedimientos a realizar en la Explotación, sus actuaciones, agentes y respon- sabilidades.

7.1. Control de la circulación

El explotador del túnel debe realizar un control de la circula- ción que transita por el túnel. El conocimiento de la intensidad y características del tráfico, supone una información imprescindible para la toma de decisiones relacionadas con la explotación y con la seguridad en los túneles. En el Decreto Foral de Seguridad en Túneles (artículos 8 a 11) se fijan las restricciones especiales que se aplican a los túneles de Bizkaia.

Dentro de las tareas de control de circulación se engloban:

- Vigilancia del tráfico y sus características. En particular, las distancias entre vehículos y la velocidad de los vehículos en los túneles estarán sometidas a un control más riguro- so, a fin de lograr un flujo regular del tráfico y una mayor seguridad en el interior de los túneles.
- En el caso de que vehículos que transportan mercancías peligrosas fuesen detectados en accesos a túneles donde esté prohibido su tránsito, se procurará informar al conductor para evitar que entre en el túnel.
- En el caso de que se produjeran retenciones en el interior del túnel donde éstas estuviesen prohibidas, según se indi- ca en el artículo 9 del Decreto Foral de Seguridad en Túne- les, se detendrá a los vehículos en los accesos de entra- da al túnel hasta que el tráfico se pueda reanudar sin el peligro de que se detengan en el interior.
- Si el cierre del túnel es de larga duración se desviará el trá- fico por rutas alternativas con la señalización adecuada para informar al usuario del incidente y la ruta aconsejada.
- Ante infracciones genéricas del código de circulación o espe- cíficas del Decreto Foral de Seguridad en túneles se infor- mará al infractor siempre que sea posible; y se comunica- rá el suceso a las autoridades competentes (Ertzaintza y Policías Locales) para que tomen las medidas sanciona- doras oportunas.

7.2. Gestión de incidentes

El explotador tendrá competencias en la gestión de inciden- tes que se produzcan en los túneles de tipo I y II según la clasi- ficación realizada en el Decreto Foral de Seguridad en Túneles. Los incidentes producidos en túneles de tipo III serán atendidos por los servicios externos de emergencias.

Los túneles de tipo II dispondrán de planes de actuación don- de se definan los protocolos de actuación sobre la señalización y equipamiento ante determinados incidentes o situaciones de riesgo.

Los túneles de tipo I dispondrán de Planes de Autoprotección donde se definan las tácticas operativas para la intervención de emer- gencia.

Los Planes de Autoprotección de los túneles tendrán tipifica- dos los escenarios de riesgo (incidentes) y emergencias extraídos de los análisis de riesgos realizados, como parte de la documen- tación del Manual de Explotación. Los incidentes se clasificarán en cuatro niveles de actuación, que son los siguientes:

AURRELARRIALDIA

Antzeman den eta pertsonengan, materialetan edo ingurumenean eraginik izan ez duen gorabehera baten erantzunaren egoera da, arriskua onargarritzat jotako mailen gainetik areagotzen denean, eta ustiapenaren baliabide propioen bitartez kontrola daiteke, ahal dela, kanpoko esku-hartzea beharrezkoa izan gabe.

0. MAILAKO LARRIALDIA

Antzeman den eta pertsonengan, materialetan edo ingurumenean eraginik izan ez duen gorabehera baten erantzunaren egoera da, arriskua onargarritzat jotako mailen gainetik areagotzen denean, eta egoera kontrolatzeko Larrialdietako Koordinazio Zentroa (SOS-Deiak) ohartaraztea beharrezkoa denean, ustiapen-baliabide propioez gain.

1. MAILAKO LARRIALDIA

Hondamendi gisakoak ez diren gorabeherak, ustiapenetik kanpoko larrialdietako esku-hartze zerbitzu arruntak mobilizatzea soilik denean beharrezkoa. Kalterik gabeko ustezko istripuak dira, edo kalte mugatudunak, lehenengo esku-hartze baliabideen mobilizazioa eta, egokia bada, koordinazio osagarria eta maila handiagoko babes tekniko osagarria eskatzen dituztenak.

2. MAILAKO LARRIALDIA

Arrisku handiko egoera, hondamendia edo zorigaitz publikoa, pertsonentzat edo instalazioentzat kalte garrantzitsuak eragiten dituen, edo kaltea egon ez arren oso arrisku-maila handia duena.

Aldi berean, gorabeherak identifikatzeko eta ebaluatzeko prozedurak definituko dira kontroleko zentroan jasotako deien eta alarmen bidez, baita gorabeheraren eta larrialdiaren fasearen arabera hartu beharreko neurriak eta ustiapenaren baliabideak mugiarazteko irizpideak ere.

Gorabehera larria denean, txandako buruak berehala itxiko du tunela (tunel-zulo guztiak). Aurreko seinaleak eta tuneletako seinaleak aldi berean aktibatuta itxiko da tunela, halako moldez non trafikoa geldituko baita lehenbailehen tunelaren kanpoko eta barruko aldean; hala, ukitu ez diren ibilgailuek tuneletik berehala alde egiteko modua izango dute. Bi zuloako tunel batean gertatzen bada gorabehera, libre dagoen zuloa ebakuazio eta erreskatetarako bide lez erabil daiteke.

1. eta 2. maila dagozkien gorabeherak Babes Zibileko Zerbitzu Publikoari jakinaraztea eragingo dute, eta, egokia bada, Kanpoko Larrialdi Plana aktibatuko da.

7.3. Egiturak eta instalazioak mantentzea

Tunelen ustiatazalea arduratuko da ustiapenaren tunel guztien azpiegiturak eta gainegiturak egoki mantentzeaz. Ustiapena mantentzeko kudeaketa-sistemaren barruan egongo da aipaturiko mantentze-lan hori.

Instalazioen mantentze osoa edo zati bat kanpoko enpresei esleitu ahalko zaie azpikontratazioan, betiere ustiatazalearen erantzukizun osoaren pean.

Mantentze lanen barruan bi mantentze mota sartzen dira esku-hartzea eragin duen gorabeheraren arabera: mantentze zentzagarria eta mantentze prebentiboa.

Mantentze zentzagarria espero ez diren matxurek eragindako akatsak konpontzean datza.

Mantentze prebentiboa ohiko mantentze-lanei dagokie, hain zuzen ere ekipoen eta sistemaren iraunaldian eskatutako prestazioak izateko gomendatzen diren lanei. Tunelen ustiatazaleak gutxienez zehazturiko mantentze-lanen aldizkakotasunaren eta erantzuna emateko denboren eskakizunak bete beharko ditu tunelean mantendu beharreko elementu guztietan, betiere ustiapenaren esku-liburuak dakartzan mantentze planen barruan.

PREEMERGENCIA

Estado en respuesta a un incidente detectado que, sin haber producido daño sobre las personas, materiales o medio ambiente, supone un incremento del riesgo por encima de los niveles asumidos como aceptables, pudiendo ser controlado por los medios propios de la explotación, previsiblemente sin ser necesaria la intervención externa.

EMERGENCIA DE NIVEL 0

Estado en respuesta a un incidente detectado que, sin haber producido daño sobre las personas, materiales o medio ambiente, supone un incremento del riesgo por encima de los niveles asumidos como aceptables, requiriéndose para su control el aviso o alerta al Centro de Coordinación de Emergencias (SOS-Deiak), además de los medios propios de la explotación.

EMERGENCIA DE NIVEL 1

Incidentes no catastróficos en los que, para su resolución, previsiblemente solo será necesaria la movilización de los servicios ordinarios de intervención en emergencias exteriores a la explotación. Son supuestos accidentes sin daños o con daños limitados que requieren de la movilización de recursos de primera intervención y, en su caso, coordinación suplementaria y apoyo técnico superior.

EMERGENCIA DE NIVEL 2

Situación de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, de cuya ocurrencia se deriva un daño importante para las personas o las instalaciones, o en los que sin haberse materializado el daño suponen un nivel de riesgo muy elevado.

A su vez, se definirán los procedimientos de identificación y evaluación de incidentes mediante llamadas y alarmas recibidas en el centro de control, así como las medidas a adoptar y los criterios para la movilización de los recursos de explotación según el tipo de incidente y la fase de la emergencia.

En caso de un incidente grave, el Jefe de Turno cerrará inmediatamente el túnel (todos los tubos). Esto se realizará activando simultáneamente tanto la señalización interior como la de los accesos del túnel, de forma que todo el tráfico pueda detenerse lo antes posible fuera y dentro del túnel, permitiendo que los vehículos no afectados puedan abandonar rápidamente el túnel. En el caso de que se produzca un accidente en un túnel de dos tubos, el tubo libre puede emplearse como vía de evacuación y de rescate.

Los incidentes correspondientes a los niveles 1 y 2 implicarán un aviso a los Servicios Públicos de Protección Civil, activándose si procede el Plan de Emergencia Exterior.

7.3. Mantenimiento de estructuras e instalaciones

El explotador de los túneles se encargará del correcto mantenimiento de las infraestructuras y superestructuras de todos los túneles que pertenezcan a la explotación. El mantenimiento de éstos estará integrado en el sistema de gestión del mantenimiento de la explotación a la que pertenezcan.

El mantenimiento del total o parte de las instalaciones podrá ser subcontratado a empresas externas, bajo la responsabilidad total del explotador.

Dentro de las actividades de mantenimiento se engloban dos tipos de mantenimiento atendiendo a la motivación que provoca la intervención, son el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento correctivo consiste en la reparación de defectos por averías inesperadas.

El mantenimiento preventivo corresponde a las actuaciones rutinarias de mantenimiento recomendadas para que los equipos y sistemas mantengan las prestaciones exigidas durante el tiempo de vida de los mismos y detectar posibles desperfectos. El explotador de los túneles deberá cumplir al menos los requerimientos de periodicidades de operaciones de mantenimiento y de tiempos de respuesta especificados, para cada uno de los elementos objeto de mantenimiento de los túneles, en los correspondientes Planes de Mantenimiento, incluidos en los Manuales de Explotación.

Baldin eta aurreikusitako mantentze lanen ondorioz erriak oso rik edo zati batean itxi behar badira, tunelaren kanpoko aldean hasi eta amaituko da jarduketak hori, eta horretarako, mezu aldakorreko seinaleak, semaforoak eta barrera mekanikoak erabil daitezke.

7.3.1. *Mantentzearen kudeaketa*

Mantentze lanak kudeatzeko sistema informatizatua izango dute ustiapenek; gutxienez honako funtzio hauek izango dituzte.

- Sistemen eta ekipoen inbentarioa. Elementu bakoitzaren ezaugarri nagusien informazioa izango du.
- Obren egoerari eta funtzionamenduari buruzko agenda. Tune-len ekipamendu osoaren erregistroa da, non zaintzako parteari eta egoerari buruzko informazio guztia bilduko baita; horietatik abiatuta elikatuko dira mantentze programak.
- Mantentze-lanen katalogoa. Mantentze-lanen zerrenda da, lanen aldizkakotasuna eta egin beharrekoak burutzeko eza-rritako denbora barne hartzen dituena.
- Ordezko piezen, elementu suntsikorren eta jangarrien stockak kudeatzea.

Egindako mantentze-lan guztiak erregistro batean jaso behar-ko dira Segurtasun arduradunak eta Ikuskapen Organismoak berri-kusteko.

Kudeatzailea da tuneleko segurtasun neurri guztiak baliaga-ri egoteko erantzule nagusia (azpiegitura, gainegitura, baliabide materialak), eta segurtasun arduraduna da tuneleko kudeatzaile-ak egiten dituen mantentze-lan prebentibo eta zuzentzaileak egiaztatze-ko arduraduna, eta mantentze lanak kudeatzeko siste-man informazioa behar bezala eguneratzen dela gainbegiratu eta ziurtatu behar du.

7.4. *Ustiapenaren ezarpena eta jarraipena*

Tunelaren egoera aldatuz doa. Ustiapenak tunelaren egoera jarraitzeko lanak egin behar ditu (trafikoa, gorabeherak, eraginda-ko kalteak...), baita aplikaturiko prozedurak egokiak direla egia-zatzekoak ere. Jarraipen hori oinarri hartuta, tunelen kalitate eta segur-tasun maila igotzeko hobekuntzak proposatuko dira.

7.4.1. *Ustiapenaren jarraipena*

Ustiapenaren jarraipena egiteko metodologia ezarri behar da, ustiapenaren eskuliburuan zehaztua eta gutxienez honako eginkizun hauek beteko dituena:

- Gorabeherak eta istripuak erregistratzea ondorengo iker-ketetarako oinarri lez eta larrialdietako jarduketak hobetzeko tresna lez.
- Tunelaren segurtasun-maila ebaluatzea. Arriskuaren azter-ketarako eredu bat ezartzea, tuneleko zirkulazioarekin eta ibilbide alternatiboekin lotutako segurtasun-indizeak kal-kulatzeko modua ematen duena.
- Lorturiko kalitate-mailak ebaluatzea erabiltzaileari emandako zerbitzuaren eta maila horiek lortzeko beharrezkoak diren eragiketen kostuen aldetik.
- Ustiapen lanak neurtzea eta baloratzea eta gastua beste lan-mota batzuetan banatzeko moduaren berri izatea; ustiapenaren jarduera-alde guztietarako erabilitako bali-a-bideak hobetuko dira. Azterlan hori abiapuntutzat hartuta, lanen programazioa kudeatuko da.
- Kudeatzailearen eta kudeatzaile eskuordetuaren arteko kon-tratuko betebeharrak betetzen direla egiaztatzea, baita lanak egiteko ezarritako preskripzioak betetzen direla ere.
- Ustiapenaren txostenak. Tuneleko segurtasunaren ardura-dunak honako txosten hauek egingo ditu, gutxienez:
- Tunelean gertatzen diren gorabehera larri buruzko txos-ten zehatzak. Txosten horien gorabeheren kausak, jard-u-ketak eta ondorioak zehaztuko dira. Tunelaren kudeatza-i-leari nahiz larrialdi zerbitzuei helaraziko zaizkie, hilabeteko epean, gehienez ere. Tunelaren kudeatzaileak, era berean, agintaritzaren administratiboari bidaliko dio.

Cuando, con ocasión de actuaciones de mantenimiento pre-vistas de antemano, sea necesaria la clausura total o parcial de carriles, ésta siempre comenzará y finalizará fuera del túnel, pudién-dose emplear para este fin señales de mensaje variable, semafo-ros y barreras mecánicas.

7.3.1. *Gestión del mantenimiento*

Las explotaciones dispondrán de un Sistema Informatizado de Gestión del Mantenimiento que contemplará las siguientes funciones.

- Inventario de Sistemas y Equipos. Contendrá toda la infor-mación que caracterice cada elemento.
- Agenda de funcionamiento y estado de las obras. Regis-tro del estado de todo el equipamiento de los túneles, en el que se recogerán todas las informaciones de los partes de vigilancia y estado, y a partir de los cuales se alimen-ten los programas de mantenimiento.
- Catálogo de operaciones de mantenimiento. Listado de Operaciones de mantenimiento con la periodicidad de los trabajos y estimación de tiempo necesario para realizar las tareas.
- Gestión de Stocks de repuestos, elementos fungibles y con-sumibles.

Se deberá guardar registro de todas las actuaciones de man-tenimiento realizadas, para poder ser revisadas por el Encargado de Seguridad y el Organismo de Inspección.

El Gestor del túnel es el último responsable de que todas las medidas de seguridad del túnel se encuentren disponibles (infra-estructura, superestructura, recursos materiales), siendo el Encar-gado de Seguridad el responsable de verificar las actuaciones de mantenimiento preventivo y correctivo que realice el Gestor del túnel, debiendo supervisar y asegurar además la correcta actualización de la información en el Sistema de Gestión del Mantenimiento.

7.4. *Implantación y seguimiento de la explotación*

Las condiciones de los túneles evolucionan con el tiempo. La explotación debe realizar labores de seguimiento de las condicio-nes del túnel (tráfico, incidentes, daños ocasionados...) y la bon-dad de los procedimientos en aplicación. A partir de este seguimiento se propondrán mejoras para aumentar los niveles de calidad y segu-ridad en el túnel.

7.4.1. *Seguimiento de la explotación*

Se debe implantar una metodología de seguimiento de la explo-tación, definida en el Manual de Explotación, donde al menos se realicen las siguientes tareas:

- Registro de los incidentes y accidentes como base para inves-tigaciones posteriores y como herramienta para optimizar las actuaciones de atención de emergencias.
- Evaluación del nivel de seguridad del túnel. Implantación de un Modelo de Análisis del Riesgo que permita el cálculo de índices de seguridad asociados a la circulación por el túnel y sus recorridos alternativos.
- Evaluación de los niveles de calidad conseguidos, en tér-minos de servicio al usuario y de los costes de las opera-ciones necesarias para conseguir los niveles citados.
- Medición y valoración de los trabajos de explotación y el cono-cimiento de la distribución del gasto en los distintos tipos de trabajos, optimizando los recursos empleados para cada una de las áreas de actividad de la explotación. A partir de este estudio se perfecciona la programación de trabajos.
- Supervisión del cumplimiento de las obligaciones contrac-tuales entre el gestor y el gestor delegado, y de las pres-cricpciones establecidas para la realización de los trabajos.
- Informes de explotación. El Encargado de Seguridad del túnel elaborará, al menos, los siguientes informes:
- Informes detallados de todos los incidentes graves que suce-dan en el túnel. En estos informes se detallaran las causas, actuaciones y consecuencias de los incidentes. Se remitirán al Gestor del Túnel, así como a los servicios de emer-gencia, en el plazo máximo de un mes. El Gestor del Túnel lo enviará a su vez a la Autoridad Administrativa.

— Jarraipenaren aldizkako txostena, mantentzea kudeatzeko sistemaren eta kontroleko sistemaren gorabeherak eta historiak erregistratetik abiatuz. Txosten horiek hiru hilean behin egingo dira eta tunelaren kudeatzaileari igorriko zaizkio. Honako informazio hau izan behar du txostenak gutxienez:

- Arriskuak eta istripuak:
 - Istripuen txostena, tunel bakoitzean, denboran zehar. Gorabeheren maiztasuna, beren kategoriaren arabera.
 - Tunel bakoitzean epealdi jakin batean izandako gorabehera larriei buruzko txostenak gehituko dira.
- Tunelaren zerbitzu-maila.
 - Trafikoaren zerbitzu-mailak.
 - Trafikoa etenda izan den guztizko ordu-kopurua, planifikaturiko orduetatik ustekabekoak bereizita (gorabeheren arabera), baita erreakzio itxita izan diren guztizko zerbitzuak ere.
 - Zerbitzuaren bestelako baldintza batzuk (kutsadura-mailak, argiztapena, eta abar).

— Urteko txostena, non jarraipenari buruzko txostenen informazioa laburbildu behar baita; hala, bada, zerbitzuak aurreko hamabi hilean izandako kalitate-indizeen bilakaerari buruzko ikuspegia lortu ahal izango da, bereziki segurtasunari dagokionez. Tunelaren kudeatzaileari igorriko zaizkio txosten horiek. Honako hauek izan beharko ditu txostenak gutxienez:

- Arriskuak eta istripuak:
 - Istripuen maiztasunaren azterlana, tunel bakoitzean, denboran zehar. Gorabeheren maiztasuna, beren kategoriaren arabera.
 - Ustiapenerako hartutako prebentzio neurrien eta neurri zuzentzaileen azterlana.
 - Tunel bakoitzean izandako istripu larrien txostenak gehituko dira.
 - Segurtasuna hobetzeko eta eraginkortasuna ebaluatzeko proposamenen laburpena.
 - Segurtasun-indizea txostena egitean.
- Zerbitzu-maila:
 - Trafikoaren zerbitzu-mailak.
 - Trafikoa etenda izan den guztizko ordu-kopurua, planifikaturiko orduetatik ustekabekoak bereizita (gorabeheren arabera), baita erreakzio itxita izan diren guztizko zerbitzuak ere.
 - Zerbitzuaren beste baldintza batzuk (kutsadura-mailak, argiztapena, etab.).
- Mantentzea:
 - Instalazioen prebentzioko eta obra zibileko mantentze-jarduketak, ordezkoen kontsumoa eta pertsonalaren beharrak barne. Balizko hobekuntzak aztertzea.
 - Zuzenketarako mantentze eragiketak. Matxurarik ohikoak eta hobetzeko proposamenak.
 - Instalazioen erabilgarritasuna.
- Ondorioak:
 - Segurtasunari buruzko iritzia eta eskaintako zerbitzu-maila. Aurreko urtean proposaturiko helburuak betetzea.
 - Hurrengo urterako helburuak.

Ikuskaritzako erakundeak eska ditzake txosten horiek guztiak, tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuan zehazturiko prozeduraren arabera.

7.4.2. Etengabeko prestakuntza

Ustiapenaren pertsonal orok burutu beharreko lanerako egokia den trebakuntza jaso behar du. Segurtasunaren arduradunak pertsonalaren trebakuntza gainbegiratu behar du egokia izan

— Informe periódico de seguimiento, a partir del registro de incidentes e históricos del Sistema de Control y del Sistema de Gestión de Mantenimiento. Estos informes se realizarán de forma trimestral y se remitirán al Gestor del Túnel. El informe debe incluir al menos la siguiente información:

- Riesgos y accidentes:
 - Informe de la accidentabilidad a lo largo del tiempo en cada túnel. Frecuencia de aparición de los incidentes, según su categoría.
 - Se adjuntarán los informes de los incidentes graves ocurridos durante el periodo en cada uno de los túneles.
- Nivel de servicio del túnel.
 - Niveles de servicio del tráfico.
 - Horas totales de cortes de tráfico, discriminando las planificadas de las imprevistas, (por incidentes) y los cortes de servicio totales de los cortes de carril.
 - Otras condiciones de servicio (niveles de contaminación, iluminación, etc).

— Informe anual, donde se debe sintetizar la información de los distintos informes de seguimiento, obteniendo una perspectiva de la evolución de los distintos índices de calidad del servicio, particularmente de la seguridad, a lo largo de los doce meses anteriores. Estos informes serán remitidos al Gestor del Túnel. El informe debe abarcar al menos los siguientes contenidos:

- Riesgos y accidentes:
 - Estudio de la accidentabilidad a lo largo del tiempo en cada túnel. Frecuencia de aparición de los incidentes, según su categoría.
 - Estudio de las medidas preventivas y correctoras adoptadas por la explotación.
 - Se adjuntarán los informes de los incidentes graves ocurridos durante el año en cada uno de los túneles.
 - Resumen de las propuestas de mejora de la seguridad y evaluación de su eficacia.
 - Índice de Seguridad en el momento de elaboración del informe.
- Nivel de Servicio:
 - Niveles de servicio del tráfico.
 - Horas totales de cortes de tráfico, discriminando las planificadas de las imprevistas, (por incidentes) y los cortes de servicio totales de los cortes de carril.
 - Otras condiciones de servicio (niveles de contaminación, iluminación, etc).
- Mantenimiento:
 - Actuaciones de mantenimiento preventivo de las instalaciones y obra civil, incluyendo consumo de repuestos y necesidades de personal. Análisis de posibles mejoras.
 - Operaciones de mantenimiento correctivo. Análisis de averías más frecuentes y propuesta de mejoras.
 - Disponibilidad de las instalaciones.
- Conclusiones:
 - Juicio sobre la seguridad y nivel de servicio ofrecido. Cumplimiento de los objetivos propuestos el año anterior.
 - Objetivos para el año siguiente

Todos estos informes pueden ser requeridos por el Organismo de Inspección según el procedimiento detallado en el Decreto Foral de Seguridad en Túneles.

7.4.2. Formación continua

Todo el personal de la explotación debe recibir la formación adecuada a las labores que va a desarrollar. El Encargado de Seguridad debe supervisar la formación del personal para que ésta sea

dadin. Moduluka antolatuko dira ikastaroak, eta talde bakoitzak trebakuntzaren aldetik duen beharraren arabera bideratuko dira ustiapenaren antolakuntzaren barruan. Ustiatzaileak eginiko eta segurtasunaren arduradunak gainbegiraturako urteko trebakuntzako plana egon behar da, non langileekin eman beharreko ikastaroak aipatuko baitira. Honako arlo hauek jorratuko dituzte gutxienez:

- Ustiapenaren antolakuntzaren eta eragiketen egitura: organigrama, agintariak, eginkizunak eta erantzukizuna, lanen txandako antolaketa.
- Errepideetako tunelen segurtasuna:
 - Arriskuak: sua, merkantzia arrisksuak, trafiko istripuak.
 - Segurtasun elementuak: Instalazioak, azpiegiturak, ustiapen baliabideak (materialak eta giza baliabideak) eta ustiapen prozedurak.
 - Tunelaren autobabeserako plana, larrialdien kudeaketa, taktika operatiboak eta larrialdietako kanpoko baliabideekin koordinatzeko mekanismoak (SOS DEIAK, Suhiltzaileak, Osasun Zerbitzuak, Ertzaintza, etab.).
 - Tuneletako larrialdietan esku hartzeko prozedurak eta teknikak:
 - Itzaltze eta salbamenduko teknikak.
 - Oinarrizko teknika sanitarioak.
 - Kontrol sistema eta kontrol zentroko zaintza eta eragiketako ekipoak erabiltzea.
 - Landako esku-hartzeari dagozkion lanen materialak eta ekipoak erabiltzea.
 - Tunelen ustiapeneko lanaren segurtasuna eta higiena, Segurtasun eta Higienaren Planaren arabera.
- Ustiapenaren ohiko eragiketak:
 - Ustiapenaren atazen programazioa.
 - Tunelak kontroloko zentrotik zaintzea.
 - Ekipoen funtzionamenduari dagozkion ohiko ikuskapenak.
 - Mantentze-lanetarako lagungarriak diren atazak kontroloko zentrotik.
 - Ustiapenaren erregistroak.
- Mantentze-lanak.
 - Gehienbat mantentze-lanetarako langileentzako ikastaro teknikoak.

Inguruabar hauetan eman beharko dira trebakuntza ikastaroak:

- Pertsonal berria sartzea ustiapenean.
- Funtsezko aldatetak egitea ustiapenean (tuneletako baten egitura, segurtasun instalazioak, kontroloko sistemaren funtzioak, etab. aldatzea).
- Tunel berriak sartzea ustiapen berean.
- Ustiapenaren pertsonalaren trebakuntzan hutsuneak antzematen diren aldi guztietan.
- Urtean behin gutxienez trebakuntza berrikusteko ikastaroak aurreikusitako behar dira.

Ustiatzaileak eta segurtasuneko arduradunak ustiapeneko pertsonalak jasotako ikastaroen erregistro eguneratua izan beharko dute.

7.4.3. Aldizkako ariketak eta simulakroak

Gorabeherarik larrienak gutxien gertatzen direnak dira; halakoak jazotzen direnean, normalean erabiltzen ez diren baliabideak erabiltzen dira (suak detektatzea, kea ateratzea,...) eta ustiapenaren pertsonalak aparteko jarduerak burutuko dituela espero da.

Aldian-aldian gorabeheren simulakroak egin beharko dira tuneletako segurtasuna bermatzeko lagungarri izan dadin.

la adecuada. Los cursos se organizarán de forma modular, orientándose hacia las necesidades de formación de cada colectivo dentro de la organización de la explotación. Deberá existir un Plan de Formación anual realizado por la Explotadora y supervisado por el Encargado de Seguridad donde se mencionen los cursos a impartir entre el personal, que debe abarcar al menos las siguientes materias:

- Estructura organizativa y operativa de la explotación: organigrama, mandos, funciones y responsabilidades, organización de turnos de trabajo.
- La seguridad en los túneles de carretera:
 - Riesgos: fuego, mercancías peligrosas, accidentes de tráfico.
 - Elementos de seguridad: Instalaciones, infraestructuras, medios de explotación (materiales y humanos) y procedimientos de explotación.
 - El Plan de Autoprotección del túnel, gestión de emergencias, tácticas operativas y mecanismos de coordinación con los recursos externos de emergencia (SOS DEIAK, Bomberos, Servicios Sanitario, Ertzaintza, etc.).
 - Procedimientos y técnicas de intervención en emergencias en túneles:
 - Técnicas de extinción y salvamento.
 - Técnicas sanitarias básicas.
 - Utilización del sistema de control y de los diferentes equipos de vigilancia y operación del centro de control.
 - Utilización de los materiales y equipos de intervención en campo.
 - Seguridad e higiene en el trabajo de explotación de túneles, según el Plan de Seguridad e Higiene.
- Operaciones normales de la explotación:
 - Programación de tareas de explotación.
 - Vigilancia de los túneles desde el centro de control.
 - Inspecciones rutinarias de funcionamiento de equipos.
 - Tareas de apoyo al mantenimiento desde el centro de control.
 - Registros de explotación.
- Mantenimiento:
 - Cursos técnicos dirigidos fundamentalmente al personal de mantenimiento.

Deberán impartirse, cursos de formación en las siguientes circunstancias:

- Incorporación a la explotación de nuevo personal.
- Realización de cambios significativos en la explotación (modificación de la estructura de alguno de los túneles, sus instalaciones de seguridad, las funciones del sistema de control, etc.)
- Incorporación de nuevos túneles a la misma explotación.
- Siempre que sean identificadas carencias en la instrucción del personal de explotación.
- Al menos una vez al año, deberán preverse cursos de revisión de los conocimientos formativos.

La Explotadora y el Encargado de Seguridad deberán mantener un registro actualizado de los cursos recibidos por el personal de explotación.

7.4.3. Ejercicios periódicos y simulacros

Los incidentes más graves son los de menor frecuencia de aparición; cuando tienen lugar, se hace uso de recursos de emergencia habitualmente no utilizados (detección de incendios, extracción de humos,...) y se espera del personal de explotación la ejecución de actuaciones extraordinarias.

Se deberán realizar periódicamente simulacros de incidentes como contribución a la garantía de la seguridad de los túneles.

Helburu hauek lortu nahi dira simulakroak eginez:

- Ustiapenaren pertsonalaren trebakuntza finkatzea jasotako ezagutza eta gaitasunak praktikak jarrita.
- Ustiapenaren pertsonalaren gaitasuna ebaluatzea.
- Segurtasun sistemen eta azpiegituren eraginkortasuna ebaluatzea; hartara, zerbitzuan daudela, eskakizun funtzionalak betetzen dituztela eta eraginkortasunez eta prestazio egokiarekin betetzen dituztela egiaztatuko da.
- Ustiapenaren prozeduren eraginkortasuna ebaluatzea, bereziki larrialdietako eragiketen gainekoak, eta operatiboak direla eta ustiapenaren benetako larrialdiei eta arrisku egoerei egokitzen zaizkiela egiaztatuko da ustiapenaren segurtasunerako estrategiaren barruan.
- Larrialdietan inplikaturiko taldeen koordinazioa ebaluatzea, erantzuna emateko denbora laburrak bermatzeko eta bakoitzari esleituriko funtzioak eta eskumenak betetzeko.

Ustiatetik langileria behar bezala trebatuta izateko eta prozeduren egokitasuna eta larrialdietako baliabideen eskuragarritasun-maila egiaztatzeko, gorabeheren simulazioak egingo dira eskala naturalean I. motako tunel osoan 4 urtez behin, gutxienez ere, eta ustiapen bereko tuneletako batean egin ahalko da bide berean kokatutako tunelak edo elkarren eragina duten lotuneak edo adarrak badira, edo beren hurbiltasunaren ondorioz lotura funtzional bat badago beren artean, eta tunel-multzotzat jotzen badira.

Ekitaldi partzialak edo/eta simulazioak egingo dira tarteko urte guztietan, hau da, ariketa teorikoak, mahai-arietak, kontrolako guneak edo landako ariketa partzialak egingo dira.

ARIKETA TEORIKOAK

Ariketa teorikoak simulazioak dira, normalean kostu urrikoak, erakundeko partaideei informazioa emateko balio dute, baita gorabeheraren baten aurrean erantzuteko ere, arazoak eta beren irtenbideak identifikatzeko, erabakiak hartzeko baino gehiago. Ariketa teorikoak mintegi baten esparruan egin daitezke.

MAHAIKO ARIKETAK

Mahaiko arietak erabilgarriak dira larrialdietako protokoloak eta bertan esku hartzen duten agenteen erantzuna modu eraginkorrean eta kostu baxuan baieztatzeko. Lortu nahi den helburua da agenteek elkar ezagutzea, eta larrialdi-egoeretan erantzutea eta koordinatzea.

KONTROLEKO GUNEA

Horrelako ariketetan, larrialdiak konpontzeko lanetan parte hartzen duten ekipoen buruak eta komunikazio-langileak kontrolako guneetan jartzen dira beren arteko komunikazioak eta informazio-fluxuak egiaztatzeko.

LANDAKO ARIKETA PARTZIALAK

Landako ariketa sinpleetan, larrialdi baten ebazpeneko alderdi zehatzak ikusten dira, adibidez, ebakuazio-prozedura.

Ustiapenaren segurtasunaren arduradunak egin beharreko simulakroen plan batekin bat etorriz burutuko dira ariketa eta simulazio horiek. Simulakroetan landuko diren larrialdi planean (kasurik larriena barne: sua) zehazturiko gorabehera bat edo gehiago azalduko dira simulakroen planean. Larrialdietako kanpoko taldeek esku hartu beharko dute simulakroetan, eta horien partaidetza erraztuko da tunelen segurtasunaren estrategian. Gutxienez honako hauek bilduko dituen dokumentuan zehaztu beharko da simulakroen plana:

Simulakroen planaren ohar orokorrak:

- Ustiapen-baliabideak baliagarri izateari buruzko aurretiazko ebaluazioa.
- Trafikoa desbideratzea.
- Simulakroan parte hartu dutenak.

Los objetivos que se persiguen con la realización de simulacros son:

- Consolidar la formación del personal de explotación mediante la puesta en práctica de los conocimientos y habilidades adquiridas.
- Evaluación de la capacitación del personal de explotación.
- Evaluación de la eficacia de las infraestructuras y sistemas de seguridad, verificando que están en servicio, que cumplen con los requerimientos funcionales y que lo hacen con la eficacia y con las prestaciones adecuadas.
- Evaluación de la eficacia de los procedimientos de explotación, especialmente los que se refieren a operaciones de emergencia, verificando que son operativos y se ajustan a las situaciones de riesgo y de emergencia reales de la explotación, dentro de la estrategia de seguridad de la explotación.
- Evaluación de la coordinación de los colectivos implicados en emergencias para garantizar los tiempos de respuesta cortos y cumplimiento de las competencias y funciones a cada uno asignadas.

Con el fin de mantener correctamente adiestrado al personal de explotación y verificar la adecuación de procedimientos y grado de disponibilidad de medios de emergencia, se realizarán simulacros de incidentes a escala natural en todo túnel de tipo I con una periodicidad que no supere los 4 años, pudiendo realizarse en uno de los túneles de la misma explotación si son túneles cercanos ubicados en la misma vía, o en enlaces o ramales afectados entre sí, o que por su proximidad exista una vinculación funcional entre ellos, considerados como agrupación de túneles.

Se efectuarán ejercicios parciales y/o de simulación todos los años intermedios, consistentes en ejercicios teóricos, ejercicios de mesa, de puesto de control o parciales en campo.

EJERCICIOS TEÓRICOS

Los ejercicios teóricos son simulaciones, generalmente de bajo coste, que sirven para informar a los participantes en la organización y procedimientos de respuesta ante un incidente, con el objetivo de la identificación de problemas y sus soluciones, más que la toma de decisiones. Los ejercicios teóricos pueden realizarse en el marco de un seminario.

EJERCICIOS DE MESA

Los ejercicios de mesa sirven para contrastar los protocolos de emergencia y respuesta de agentes intervinientes de manera bastante efectiva y con bajo coste. El objetivo perseguido es que los diferentes agentes se conozcan entre ellos, y su coordinación y respuesta en situaciones de emergencia.

PUESTO DE CONTROL

En este tipo de ejercicios, los jefes de equipo y personal de comunicación de los agentes involucrados en la resolución de emergencias se sitúan en los puestos de control con objeto de chequear las comunicaciones y el flujo de información entre ellos.

EJERCICIOS DE CAMPO PARCIALES

Los ejercicios en campo simples, en los que se comprueben aspectos concretos en la resolución de una emergencia, como el procedimiento de evacuación.

Estos simulacros y ejercicios se ejecutarán de acuerdo con un Plan de Simulacros que deberá ser diseñado por el Encargado de Seguridad de la Explotación. En este Plan de Simulacros se describirá uno o más incidentes tipificados en el Plan de Emergencia (incluyendo el caso más grave: incendio) que se van a ensayar en los simulacros. Deberán intervenir los colectivos externos de emergencia durante los simulacros, facilitando su participación en la estrategia de seguridad de los túneles. El Plan de Simulacros se debe detallar en un documento que incluya al menos los siguientes contenidos:

Consideraciones generales del plan de simulacros:

- Evaluación previa de disponibilidad de recursos de explotación.
- Desvío de tráfico.
- Asistentes a los simulacros.

- Oharrak eta oharrak.
- Probak burutzeko segurtasun baldintzak (bereziak, taldekoak).
- Proben programa eta egutegia.
- Proba bakoitzeko ohar bereziak.
- Gorabehera.
- Probaren helburu espezifikoak.
- Probaren eszenatokia.
- Inplikaturiko baliabideak.
- Probaren gidoia.
- Probaren protokoloak. Jarduketak.
- Proba jarraitzeko eta ebaluatzeko prozedura (ebaluazio parametroak eta onarpen-mailak zehaztea).

- Proba ebaluatzeko irizpideak.
- Espero diren emaitzak.

Jarraian, adibide gisa aipatzen da Simulazioen Planean aurreikusi behar diren gorabeheren zerrenda bat:

- Sutea (derrigorrez aurreikusi behar da).
- Ibilgailua gelditu egotea galtzadaren zati bat oztopatuz.
- Sistema baten matxura kritikoa (elektrikoa, argiztapena, etab.).
- Likido toxiko bat galtzadan isurtzea.
- Kea egoteagatik ikusgarritasuna galtzea.
- Ibilgailuaren istripua.
- Eta abar.

Horiek egin ondoren, proben emaitzak aztertuko ditu segurtasunaren arduradunak larrialdietako kanpoko taldeen laguntzaz, eta adostutako ondorioak aterako ditu.

Segurtasuneko arduradunak ondorioei buruzko txostena egingo du, eta gutxienez hauexek bilduko ditu:

- Larrialdi zerbitzuak iristeko denborak.
- Taldeen arteko koordinazioko hutsuneak.
- Komunikazioetan edo beharrezko instalazio batzuetan antzemandako disfunczioak.
- Erreakzio-denborak (alarma automatikoak, talde partaideen erantzuna, etab.).
- Autobabeserako neurri eta baliabide osagarrien beharra.
- Autobabeserako planak berrikusi beharra.
- Ustiapena hobetzeko proposamenak, neurri zuzentzaile konkretuekin.

7.4.4. *Autobabeserako planaren berrikuspena*

Segurtasunaren arduradunak I. motako tunel guztien autobabeserako planak berrikusi beharko ditu urtean behin gutxienez, kanpoko faktoreak zein trafikoa baldintzak edo erakunde ustiazailearen barruko faktoreak direla-eta ustiapenaren baldintzak aldatuta planak epealdi hori baino lehen berrikusteari kalterik egin barik.

7.4.5. *Hobekuntzak ezartzea*

Arazoak eta egin litezkeen hobekuntzak antzeman ondoren, lehenbailehen abiaraziko dira.

- Avisos y consideraciones.
- Condiciones de seguridad para la ejecución de las pruebas (particulares, colectivas).
- Programa y calendario de pruebas.
- Consideraciones particulares de cada prueba:
 - Incidente.
 - Objetivos específicos de la prueba.
 - Escenario de la prueba.
 - Recursos implicados.
 - Guión de la Prueba.
 - Protocolos de la prueba. Actuaciones.
 - Procedimiento de seguimiento y evaluación de la prueba (definición de parámetros de evaluación y niveles de aceptación).
 - Criterios de evaluación de la prueba.
 - Resultados esperados.

A continuación se indica a modo de ejemplo un listado de posibles incidentes a prever en el Plan de Simulacros:

- Incendio (obligatoria su previsión).
- Vehículo detenido obstaculizando parte de la calzada.
- Avería crítica de un sistema (eléctrico, iluminación, etc.).
- Derrame de un líquido tóxico sobre la calzada.
- Pérdida de visibilidad por presencia de humo.
- Accidente de vehículo.
- Etc.

Con posterioridad a su realización, el Encargado de Seguridad, con la colaboración de los colectivos externos de emergencia, analizará los resultados de las pruebas y extraerá de manera consensuada las conclusiones oportunas.

El Encargado de Seguridad elaborará un informe de conclusiones recogiendo, al menos los siguientes contenidos:

- Tiempo de acceso de los servicios de emergencia.
- Deficiencias de coordinación entre colectivos.
- Disfunciones detectadas en las comunicaciones o en otras instalaciones necesarias.
- Tiempos de reacción (alarmas automáticas, respuesta de los colectivos participantes, etc.).
- Necesidades de medidas y medios de autoprotección adicionales.
- Necesidad de revisión del Plan de Autoprotección.
- Propuestas de mejora de explotación, con medidas correctoras concretas.

7.4.4. *Revisión del plan de autoprotección*

El Encargado de Seguridad deberá revisar los Planes de Autoprotección de todos los túneles de tipo I al menos una vez al año sin perjuicio de que, como consecuencia de cambios en las condiciones de explotación, ya sea por factores externos del entorno, de las condiciones de tráfico o internos de la entidad explotadora, se tenga que revisar antes de este periodo.

7.4.5. *Implantación de mejoras*

Una vez detectados los problemas y las posibles mejoras que se pueden realizar se procederá a su implementación en el plazo más breve posible.

A ERANSKINA

USTIAPENAREN ESKULIBURUA EGITEKO GIDA

Tunelen ustiapenaren barruan sartzen dira hauek: gainbegiratzeko eta trafikoa kontrolatzeko jardueretarako baliabideak eta bitartekoak antolatzea, gorabeheretan jardutea eta tunel bateko edo hainbat tuneletako instalazioak eta azpiegiturak mantentzea, baita baliabide eta bitarteko horien zuzendaritza eta administrazio lanak ere.

ANEXO A

GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL MANUAL DE EXPLOTACIÓN

La explotación de túneles comprende la organización de medios y recursos dedicados a las actividades de supervisión y control del tráfico, atención de incidentes y mantenimiento de las infraestructuras e instalaciones de uno o varios túneles; así como los trabajos de dirección y administración de dichos medios y recursos.

Ustiapen bakoitzak kontroleko zentro bat izango du, eta bertatik egingo dira ustiapen horretako tunelak gainbegiratzeko, kontrolatzeko eta eragiketak egiteko jarduerak.

I. eta II. motako tunel guztiak egongo dira tunel ustiapen batean integratuta.

Hauexek dira ustiapenaren helburuak:

- 1) Bide-segurtasunaren arloan aire zabaleko tarteen antzeko maila bermatzea, tunelaren eta instalazioen erabilera egokiaren bidez.
- 2) Urrats estrategikoa dela-eta, bidearen trafikoa zerbitzu-maila egokian mantentzea.
- 3) Tunelaren barruko bidea gidariarentzako erosotasun baldintza egokietan mantentzea, zerbitzu-maila egokiak izanik.
- 4) Ustiapenaren kostuak hobetzea, erosotasun eta bide-segurtasunaren aldetiko maila altuekin bateragarri.
- 5) Tunelen egituraren eta instalazioen iraupena hobetzea; zerbitzurako egoera ezin hobean egongo dira, eta mantentze egokia izango da.

Tunelaren ustiapenaren eskuliburuan zehaztuko da tunelen funtzionamendua, hots, ustiapenaren eskuliburu bat egongo da zentro bakoitzeko, baina geroago zehaztu diren zenbait ataletan tunel bakoitzerako zehaztapenak egin beharko dira.

Jarraian, ustiapenari buruzko eskuliburuak bildu behar dituen gutxieneko edukiak zehaztuko dira:

- A.1. Ustiapenaren eremu orokorra.
- A.2. Eragiketa plana.
 - A.2.1. Eragiketa arruntan plana
 - A.2.2. Autobabeserako plana.
- A.3. Mantentze plana.
- A.4. Ezarpen eta Jarraipen Plana.
- A.5. Zirkulazioko Arauak.
- A.6. Eskumenen Liburua.

A.1. Ustiapenaren eremu orokorra

A.1.1. Legeria eta arautegi aplikagarriak eta erreferentziakoak

Tunelen ustiapenari aplikatu beharreko araudiaren erlazioa eta azterketa, baita horiek betetzeak dakartzan ondorioak ere.

A.1.2. Tunelen ingurune fisikoa, azpiegitura eta gainegitura

Ustiapenaren eskuliburuaren kapitulu honetan I eta II. motako tunel guztientzako atal batekin egon behar du (Tunelen Segurtasunari buruzko Foru Dekretuaren sailkapenaren arabera), non tunela indibidualki aztertu eta gutxienez haxe zehaztuko baita:

INGURUNE FISIKOA

- Tunela eraikitzeak dakartzan arazoak; izan ere, geografia-aren, gizartearen, ingurumenaren, bidearen ekonomiaren eta tunelaren eremuak nabarmendu behar dira, baita tunelak dakarren eragina ere.
- Trafikoko datuak (tunel berrietarako IMD erreala edo espero dena, trafikoaaren banaketa, etab.).
- Gizarte-ekonomiako ustiapen-baldintzak edo bestelakoak zehaztu egin behar dira, bereziki erakundeen arteko lankidetzeta-hitzarmenei dagokienez edo kanpoko baliabideak mugiaraztea edo baliabide propioak beste funtzio batzuetarako murriztea dakarten bestelakoei dagokienez.

AZPIEGITURAK

- Obra zibileko proiektuaren ezaugarriak nabarmenenak (luzera, sekzioa, trazaketa, profil longitudinala, galtzadaren zabalera eta osaera, etab.).
- Tunelaren segurtasuneko azpiegituraren ezaugarriak (zabalgunekak, larrialdietako galeriak, babeslekuak, etab.), eta aurrekoen moduan proiektua finkatu duten diseinu irizpideak eman go dira.

Cada una de las explotaciones contará con un centro de control desde donde se realizarán las actividades de supervisión, control y operación de los túneles pertenecientes a dicha explotación.

Todos los túneles de Tipo I y II estarán integrados en una explotación de túneles.

Los objetivos de la Explotación son:

- 1) Garantizar un nivel de seguridad vial en el interior de los túneles similar al de los tramos a cielo abierto, a través de un uso adecuado del túnel y de sus instalaciones.
- 2) Por tratarse de un paso estratégico, mantenimiento del tráfico viario en un nivel de servicio adecuado.
- 3) Mantenimiento en el viario interior de los túneles de condiciones óptimas de confort para el conductor, que proporcione un nivel de servicio elevado.
- 4) Optimización de los costes de explotación, compatible con la observación de altas cotas de confort y seguridad vial.
- 5) Optimizar la vida útil de la estructura y las instalaciones de los túneles, conservándolas en perfectas condiciones de servicio, con un mantenimiento adecuado.

El funcionamiento de estos túneles estará definido en el Manual de Explotación de la explotación a la que pertenezca, es decir, existirá un Manual de Explotación por cada centro, aunque dentro de determinados apartados, que se detallan más adelante, debe haber especificaciones para cada uno de los túneles.

A continuación se detallan los contenidos mínimos que debe abarcar un Manual de Explotación:

- A.1. Marco General de Explotación.
- A.2. Plan de Operación.
 - A.2.1. Plan de Operaciones normales
 - A.2.2. Plan de Autoprotección.
- A.3. Plan de Mantenimiento.
- A.4. Plan de Implantación y Seguimiento.
- A.5. Normas de Circulación.
- A.6. Libro de Competencias.

A.1. Marco general de explotación

A.1.1. Legislación y normativa aplicable y de referencia

Relación y análisis de la normativa aplicable a la explotación de los túneles, así como de las implicaciones que tiene su cumplimiento.

A.1.2. Medio físico, infraestructura y superestructura de los túneles

En este capítulo del manual de explotación debe existir un apartado para cada uno de los túneles de tipo I y II (según clasificación del Decreto Foral de Seguridad en Túneles) donde se estudie el túnel individualmente y se especifique al menos lo siguiente:

MEDIO FÍSICO

- Problemática a la cual responde la construcción del túnel, destacando el marco geográfico, social, medioambiental, económico de la vía y del túnel, y el impacto que éste representa.
- Datos de tráfico (IMD real o esperada para túneles de nueva construcción, reparto del tráfico, etc.).
- Si existen condicionantes de explotación socioeconómicos o de otra naturaleza deben ser explicitados, especialmente en lo que se refiere a convenios de colaboración entre instituciones u otros que pudieran significar movilización de recursos externos o detracción de recursos propios para otras funciones.

INFRAESTRUCTURAS

- Características más significativas del proyecto de obra civil (longitud, sección, trazado, perfil longitudinal, ancho y composición de la calzada, etc.).
- Características de la infraestructura de seguridad del túnel (anchurones, galerías de emergencia, refugios, etc.), formulando, como en las anteriores, los criterios de diseño que han determinado su proyecto.

INSTALAZIOAK

- Tunelaren segurtasuneko gainegituraren ezaugarriak (energia hornidura, argiteria, aireztapena, trafikoaren kontrola, CCTV eta GAD, suaren kontrako sistemak, ahotsa komunikatzeko sistemak, kontrol zentralizatua), eta aurrekoen moduan proiektua finkatu duten diseinu irizpideak eman dira.

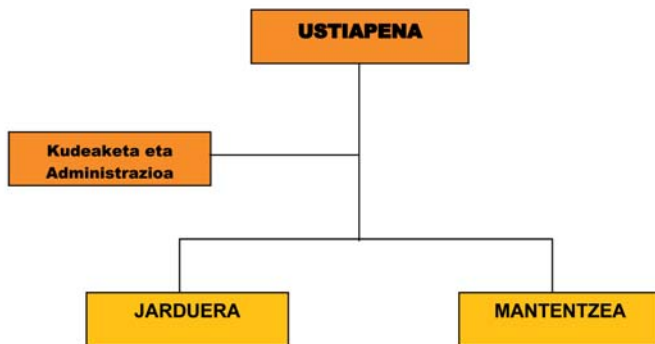
Gainera, kontroleko zentroa eta horrek dituen instalazioak deskribatuko dituen atal bat bildu behar da.

A.1.3. Ustiapenaren helburuak

Tunelen ustiapen eraginkorren bidez lortu nahi diren helburuak zehaztu beharko dira, eta bide-segurtasuna, erabiltzaileen erosotasunari, egituraren eta instalazioen iraupena hobetzeari eta zerbitzu ona emateko ondo ezarri beharreko beste alderdi batzuei buruzko aipamenak egin beharko dira. Izan ere, egiturak eta instalazioek zerbitzurako egoera onean egon beharko dute.

A.1.4. Ustiapenaren jarduerak

Tunelaren ustiapenarekin lotutako giza baliabideak eta baliabide materialak honako jarduera hauetako batekin lotuta egon beharko dira:

**A.1.5. Ustiapenaren baliabideak**

Ustiapenaren jarduerak finkatuta eta horien ondoriozko lan-karga kalkulatu, giza baliabideen eta baliagarri dauden materialen artean bana daitezke eginkizun horiek, betiere bitarteko horien kalkulua eginez.

Barneko bitartekoak izango ditu ustiapenak, eta horien arduraduna tunelaren kudeatzailea izango da; gainera, kanpoko bitartekoak izango ditu, herritarren babesa bere gain hartzeko. Prebentzioko bitarteko horiek batuta eta arriskuei emandako erantzuna izango da segurtasunaren emaitza, eta alde biak hartu behar dira aintzat baliabideak kalkulatzeko eta finkatzeko orduan.

A.1.5.1. Giza baliabideak Ustiapenaren organigrama

Ustiapenaren jarraibideetako eskakizunak betetzeko nahikoa giza baliabiderik ez dagoela eta arrisku maila onargarrietara murrizteko nahikoa izatea justifikatzeko kalkuluak egingo dira.

Ustiapeneko kideen organigrama, trebakuntza, erantzukizuna eta eginkizuna ezarriko dira. Ustiapenaren organigramak ustiapenaren jarraibideetan definiturikoak izan beharko ditu gutxienez:

- Ustiapenaren zuzendaria.
- Segurtasunaren arduraduna.
- Eragiketen burua.
- Mantentze-lanen buruak.
- Kontsolako operadoreak.
- Txandako burua
- Landako agenteak.
- Mantenimenduko langileak.

INSTALACIONES

- Características de la superestructura de seguridad del túnel (suministro de energía, alumbrado, ventilación, control de tráfico, CCTV y DAI, sistemas contraincendios, sistemas de comunicación de voz, control centralizado), formulando, como en las anteriores, los criterios de diseño que han determinado su proyecto.

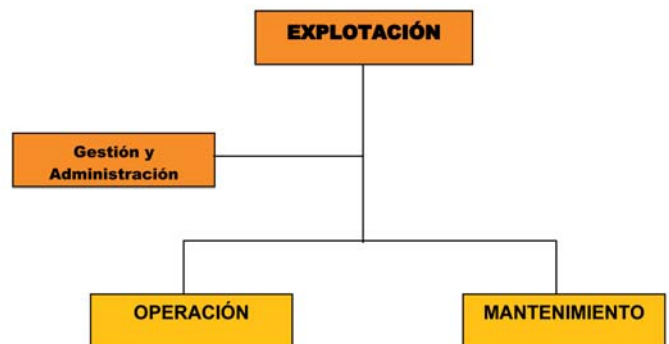
Además debe existir un apartado común donde se describa el centro de control y las instalaciones que posee.

A.1.3. Objetivos de explotación

Deberán definirse los objetivos que se pretende conseguir a través de una eficiente explotación de los túneles, con referencia a la seguridad vial, nivel de confort de los usuarios, a la optimización de la vida útil de la estructura y las instalaciones del túnel, conservándolas en perfectas condiciones de servicio, y otros aspectos que deben ser bien formulados para poder ser atendidos.

A.1.4. Actividades de explotación

Los recursos tanto materiales como humanos relacionados con la explotación del túnel, estarán asociados a alguna de las siguientes actividades:

**A.1.5. Recursos de la explotación**

Una vez formuladas las actividades de explotación y dimensionada la carga de trabajo que estas inducen, pueden repartirse esas funciones entre los recursos humanos y materiales disponibles, calculando la dimensión de tales efectivos.

La Explotación está dotada de medios internos, de los que es completamente responsable la Gestor del Túnel, así como de recursos externos, que toma a su cargo la protección ciudadana. La seguridad vendrá determinada por la suma de tales recursos de prevención y respuesta a riesgos y se deben tener en cuenta ambos a la hora de calcular y dimensionar los recursos.

A.1.5.1. Recursos Humanos. Organigrama de la explotación

Se realizarán cálculos que justifiquen los recursos humanos y que son suficientes para afrontar la explotación cumpliendo con los requerimientos de las Instrucciones de Explotación y con ello reducir el riesgo a niveles aceptables.

Se establecerá el organigrama, formación, responsabilidades y función de los integrantes de la explotación. El organigrama de la Explotación debe incluir al menos las figuras definidas en las Instrucciones de Explotación:

- Director de Explotación.
- Encargado de Seguridad.
- Jefe de Operaciones.
- Jefes de Mantenimiento.
- Operadores de consola.
- Jefe de turno
- Agentes de campo.
- Personal de mantenimiento.

A.1.5.2. Baliabide materialak

Baliabide materialak justifikatu beharko dira, ustiapeneko baliabide material guztiak, ibilgailuak, kontsumi daitezkeenak, etab. zehaztuz.

A.2. Eragiketa plana

Eragiketa planak bereizirik jorratuko ditu ohiko jarduerak, hau da, gorabeherarik ez dagoenean gauzatzen direnak; eta autobabeserako planaren eremuan landutako gorabeheretako eta larrialdietako jarduerak.

I. motako tuneletan manuzkoa izango da autobabeserako plan propioa izatea, non banakako arriskuen azterketa egingo baita eta erantzuna emateko jarduketa espezifikoak aztertuko baitira, bai kontrolerako pertsonalari dagokionez, bai landakoa pertsonalari eta kanpoko baliabideekiko koordinazioari dagokionez. Gomendagarria da, oro har, Autobabeserako Plan bakarra sortzea modu integratuan kudeatzea komeni den tunel-multzotako baterako, dela errepide-enbor berean eta elkarren arteko oso hurbil daudelako, dela sarrera eta iteera adar lurperatuak daudelako eta tunel-multzotzat jotzen direlako; beti bermatu behar da horietako bakoitzaren zehaztasuna dokumentu integratuan. Jarduketa horiek guztiak prozeduretan bilduko dira indarreko legeriarekin bat etorritik, eta Larrialdiei Aurregiteko eta Meteorologia Zuzendaritzak homologatuko dituen autobabeserako planak osatuko dira.

Ustiapenaren eragiketa planak tunelen autobabeserako bidezkoak diren plan guztiak bildu beharko ditu (I. mota).

A.2.1. Eragiketa arruntren plana

Batera aztertuko dira ustiapen osorako ohiko eragiketak. Zehazkiago, hauexek sartzen dira horren barruan:

- Tunela kontrolatzeko zerbitzuak.
- Zerbitzuko parteak betetzea.
- Istripuak eta gorabeherak zaintzeko eta prebenitzeko zerbitzuak, hala nola trafikoa gainbegiratzea.

A.2.2. Autobabeserako plana

Indarreko legeriarekin bat etorritik idatziko dira autobabeseko planak. Gutxienez legerian ezarritako edukiak garatu beharko dira:

0. kapitulua.—Sarrera

- Autobabeserako planaren helburuak.
- Lege-esparrua.

1. kapitulua.—Titularren eta jardueraren kokalekuaren identifikazioa

- Jardueraren kokapenaren helbidea. Jardueraren izena edo marka. Telefonoa eta faxa
- Jardueraren titularren identifikazioa. Izena edo Sozietatearen izena, helbidea, telefonoa, faxa.
- Autobabeserako Planaren arduradunaren izena eta larrialdietako ekintza planaren zuzendariarena, ez badira pertsona bera. Helbidea, telefonoa eta faxa.

2. kapitulua.—Jardueraren eta jarduera gauzatzen den ingurune fisikoaren deskripzio xehea

- Planaren xede gisa gauzatutako jarduera bakoitzaren deskripzioa
- Planaren xede diren jardueran gauzatzen diren zentroaren edo establezimenduaren, egoitzen eta instalazioen deskripzioa.
- Erabiltzaileen sailkapena eta deskripzioa.
- Hiri-inguruaren, inguru industrialaren edo naturalaren deskripzioa, jarduera gauzatzen den eraikinen, instalazioen eta eremuak aipatuz.
- Sarbideen deskribapena. Kanpoko laguntzarako irisgarritasun-baldintzak.

A.1.5.2. Recursos materiales

Se deberán justificar los recursos materiales, detallando todos los recursos materiales de la explotación, vehículos, consumibles...

A.2. Plan de operación

El Plan de Operación tratará de forma separada las operaciones normales, es decir, aquellas que se desarrollan en ausencia de incidentes; y las operaciones de atención de incidentes y emergencias, desarrolladas en el marco del Plan de Autoprotección.

Para los túneles de tipo I será preceptivo un Plan de Autoprotección propio, en el que se realizará un análisis de riesgos individualizado y se definirán las actuaciones de respuesta específicas, tanto del personal del centro de control como del personal de campo y la coordinación con medios externos. Se recomienda como norma general la creación de un único Plan de Autoprotección para un conjunto de túneles cuya gestión sea mejor realizarla de forma integrada, bien porque están ubicados en el mismo tronco de carretera y muy próximos entre sí, o bien porque existen ramales soterrados de entradas y salidas, considerados como agrupación de túneles, garantizando siempre la especificidad de cada uno de ellos en el documento integrado. Todas estas actuaciones se recogerán en procedimientos, de acuerdo con la legislación vigente, conformando los Planes de Autoprotección, que serán homologados por la Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología.

El Plan de Operación de una Explotación contendrá todos los Planes de Autoprotección de los túneles para los que proceda (tipo I).

A.2.1. Plan de operaciones normales

Las operaciones normales serán analizadas de forma conjunta para toda la Explotación. En particular, se considera dentro de este tipo de actividades:

- Servicios de control del túnel.
- Cumplimentación de partes de servicio.
- Servicios de vigilancia y prevención de accidentes e incidentes, tales como la supervisión del tráfico.

A.2.2. Plan de autoprotección

Los Planes de Autoprotección se redactarán de acuerdo con la legislación vigente. Se desarrollarán, al menos, los contenidos que ésta determina:

Capítulo 0.—Introducción

- Objetivos del Plan de Autoprotección.
- Marco Legal.

Capítulo 1.—Identificación de los titulares y del emplazamiento de la actividad

- Dirección postal del emplazamiento de la actividad. Denominación de la actividad, nombre o marca. Teléfono y fax.
- Identificación de los titulares de la actividad. Nombre o Razón social, dirección postal, teléfono y fax.
- Nombre del Responsable del Plan de Autoprotección y del director o directora del plan de actuación en emergencia, caso de ser distintos. Dirección postal, teléfono y fax.

Capítulo 2.—Descripción detallada de la actividad y del medio físico en el que se desarrolla

- Descripción de cada una de las actividades desarrolladas objeto del Plan.
- Descripción del centro o establecimiento, dependencias e instalaciones donde se desarrollen las actividades objeto del plan.
- Clasificación y descripción de usuarios.
- Descripción del entorno urbano, industrial o natural en el que figuren los edificios, instalaciones y áreas donde se desarrolla la actividad.
- Descripción de los accesos. Condiciones de accesibilidad para la ayuda externa.

Kapitulu hau idatzizko dokumentazioaren bitartez garatuko da, eta ondorengo dokumentazio grafiko hau erantsiko da, gutxienez:

- Kokapenaren planoak, hiriko inguruko eremua, inguru industrialia edo naturala barne hartuz, eta sarrerak, komunikazioak, etab. aipatuz.
- Jarduera gauzatzen den eraikinetako solairu guztien deskripzio-planoak, instalazioenak eta eremuenak.

3. kapitulua.—*Arriskuen inbentarioa, azterketa eta ebaluazioa*

- Larrialdi-egoera bat eragin lezaketean edo horren garapean eragin negatiboa izan lezaketean elementuen, instalazioen, ekoizpen prozesuen, eta abarren deskripzioa eta kokapena.
- Jardueraren berezko arriskuen eta jardueran eragin lezaketean kanpoko arriskuen identifikazioa, analisia eta ebaluazioa (Babes Zibileko planetan eta hurbileko arrisku-jardueretan jasotako arriskuak).
- Jarduerarekin lotutako pertsonen nahiz jarduera gauzatzen den eraikinetara, instalazioetara eta eremuetara sar daitezkeen pertsonen identifikazioa, kuantifikazioa eta tipologia.

Kapitulu hau idatzizko dokumentazioaren bitartez garatuko da, eta ondorengo dokumentazio grafiko hau erantsiko da, gutxienez:

- Kokapenaren planoak solairuka, arriskupeko elementu edota instalazio guztiena, propioena nahiz ingurukoena.

4. kapitulua.—*Autobabeserako baliabideen eta neurrien inbentarioa eta deskripzioa*

- Erakundeak antzemandako arriskuak kontrolatzeko, larrialdi-egoerei aurre egiteko eta Suhiltzaile Zerbitzuen esku-hartzea errazteko dauzkan neurriak eta baliabideen, giza baliabideen eta materialen, inbentarioa eta deskripzioa.
- Neurriak eta baliabideak, giza baliabideak eta baliabide materialak, segurtasunaren arloko zehazpen espezifikoan aplikazioan erabilgarri daudenak.

Kapitulu hau idatzizko dokumentazioaren bitartez garatuko da, eta ondorengo dokumentazio grafiko hau erantsiko da, gutxienez:

- Autobabeserako baliabideen kokapenaren planoak, UNE araudiaren arabera.
- Ebakuazio-ibilbideen eta konfinamendu-eremuen planoak, ebakua edo sar daitezkeen pertsonen kopuruarekin, eremuka, indarrean dagoen araudian ezarritako irizpideen arabera.
- Arrisku eremuen edo sektoreen konpartimentazio planoak.

5. kapitulua.—*Instalazioak mantentzeko programa*

- Arrisku-instalazioen mantentze-lan prebentiboaren deskripzioa, horien kontrola bermatzen duena.
- Babes-instalazioen mantentze-lan prebentiboaren deskripzioa, horien operatibitatea bermatzen duena.
- Segurtasun-ikuskapenak indarrean dagoen araudiaren arabera egitea.

6. kapitulua.—*Larrialdietan jarduteko plana*

- Larrialdien identifikazioa eta sailkapena:
 - Arrisku motaren arabera.
 - Larritasunaren arabera.
 - Okupazioaren eta giza baliabideen arabera.
- Larrialdietan jarduteko prozedurak:
 - Hautematea eta alerta.
 - Alarma mekanismoak.
 - Ohartarazpenak emango dituen pertsonaren identifikazioa.
 - SOS Deiak Koordinazio Operatiboko Zentroarekin komunikatzeko metodoak eta identifikazioa.
 - Larrialdiei erantzuna emateko mekanismoak.

Este Capítulo se desarrollará mediante documentación escrita y se acompañará al menos la documentación gráfica siguiente:

- Plano de situación, comprendiendo el entorno próximo urbano, industrial o natural en el que figuren los accesos, comunicaciones, etc.
- Planos descriptivos de todas las plantas de los edificios, de las instalaciones y de las áreas donde se realiza la actividad.

Capítulo 3.—*Inventario, análisis y evaluación de riesgos*

- Descripción y localización de los elementos, instalaciones, procesos de producción, etc. que puedan dar origen a una situación de emergencia o incidir de manera desfavorable en el desarrollo de la misma.
- Identificación, análisis y evaluación de los riesgos propios de la actividad y de los riesgos externos que pudieran afectarle (riesgos contemplados en los planes de Protección Civil y actividades de riesgo próximas).
- Identificación, cuantificación y tipología de las personas tanto afectas a la actividad como ajenas a la misma que tengan acceso a los edificios, instalaciones y áreas donde se desarrolla la actividad.

Este Capítulo se desarrollará mediante documentación escrita y se acompañará al menos la documentación gráfica siguiente:

- Planos de ubicación por plantas de todos los elementos o instalaciones de riesgo, tanto los propios como los del entorno.

Capítulo 4.—*Inventario y descripción de las medidas y medios de autoprotección*

- Inventario y descripción de las medidas y medios, humanos y materiales, que dispone la entidad para controlar los riesgos detectados, enfrentar las situaciones de emergencia y facilitar la intervención de los Servicios Externos de Emergencias.
- Las medidas y los medios, humanos y materiales, disponibles en aplicación de disposiciones específicas en materia de seguridad.

Este Capítulo se desarrollará mediante documentación escrita y se acompañará al menos la documentación gráfica siguiente:

- Planos de ubicación de los medios de autoprotección, conforme a normativa UNE.
- Planos de recorridos de evacuación y áreas de confinamiento, reflejando el número de personas a evacuar o confinar por áreas según los criterios fijados en la normativa vigente.
- Planos de compartimentación de áreas o sectores de riesgo.

Capítulo 5.—*Programa de mantenimiento de instalaciones*

- Descripción del mantenimiento preventivo de las instalaciones de riesgo, que garantiza el control de las mismas.
- Descripción del mantenimiento preventivo de las instalaciones de protección, que garantiza la operatividad de las mismas.
- Realización de las inspecciones de seguridad de acuerdo con la normativa vigente.

Capítulo 6.—*Plan de actuación ante emergencias*

- Identificación y clasificación de las emergencias:
 - En función del tipo de riesgo.
 - En función de la gravedad.
 - En función de la ocupación y medios humanos.
- Procedimientos de actuación ante emergencias:
 - Detección y alerta.
 - Mecanismos de alarma.
 - Identificación de la persona que dará los avisos.
 - Identificación y métodos de comunicación con el Centro de Coordinación Operativa SOS Deiak.
 - Mecanismos de respuesta frente a la emergencia.

- Ebakuazioa edo konfinamendua.
 - Lehenengo laguntzak ematea.
 - Kanpoko laguntzak jasotzeko moduak.
- Larrialdietako ekintza-prozedurak gauzatuko dituzten pertsona eta ekipoen identifikazioa eta zereginak.
- Larrialdien aurrean Jarduteko Plana martxan jartzeko arduradunaren identifikazioa.

7. kapitulua.—*Autobabeserako plana maila altuagoko beste batzuetan barne hartzea*

- Larrialdia jakinarazteko protokoloak.
- Autobabeserako Planaren zuzendaritzaren eta Autobabeserako Plana barne hartzen duen Babes Zibileko Planaren zuzendaritzaren arteko koordinazioa.
- Autobabeserako Erakundearen eta Babes Zibileko sistema publikoko planen eta jardueren lankidetzak-moduak.

8. kapitulua.—*Autobabeserako planaren ezarpena*

- Plana ezartzeko arduradunaren identifikazioa.
- Prestakuntza eta trebakuntza programa Autobabeserako Planeko parte-hartze aktiboarekin.
- Langileak Autobabeserako Planari buruz trebatzeko eta informatzeko programa.
- Erabiltzaileen informazio orokorrerako plana.
- Seinaleztapena eta arauak bisitariarentzat.
- Neurri materialak eta baliabideak hornitu eta egokitzeko programa.

9. kapitulua.—*Autobabeserako planaren eraginkortasuna mantentzea eta eguneratzea*

- Heziketa eta informazioko birziklatze-programa.
- Baliabideak eta bitartekoak ordezkatzeko programa.
- Ariketa- eta simulazio-programa
- Autobabeserako Planak barne hartzen duen dokumentazio osoa berrikusi eta eguneratzeko programa.
- Auditoretza eta ikuskapen programa.

I. eranskina.—Komunikazioko direktorioa:

- Larrialdietako langileen telefonoak.
- Kanpoko laguntza-telefonoak.
- Komunikatzeko beste modu batzuk.

II. eranskina.—Larrialdiak Kudeatzeko Formularioak.

III. eranskina.—Planoak.

IV. eranskina.—Terminoen glosategia

V. eranskina.—Tuneleko larrialdi-seinaleen katalogoa.

VI. eranskina.—Komunikazio-protokoloak.

VII. eranskina.—Larrialdietan lehenengo sorospenak ematea.

A.3. Mantentzearen plana

Ustiapenaren eskuliburuaren kapitulu hau aparteko dokumentua da. Bertan bildu beharko dira azpiegitura eta gainegitura egoera onean mantentzeko lanak, jarduketak eta plangintza. Honako hauek izango ditu gutxienez mantentze planak:

1. kapitulua.—*Helburuak*

Instalazioen baliagarritasunaren eta fidagarritasunaren arloan lortu beharreko ratioak zehaztu beharko dira (zerbitzuaren kalitatea).

2. kapitulua.—*Baliabideak eta antolaketa*

Mantentzearen buruaren eta ekipoaren inguruan antolatuko dira mantentzearen jardueretarako giza baliabideak; obra zibileko eta instalazioetako espezialistak izango dira. Eragiketen basetik has-

- Evacuación o confinamiento.
 - Prestación de las primeras ayudas.
 - Modos de recepción de las ayudas externas.
- Identificación y funciones de las personas y equipos que llevarán a cabo los procedimientos de actuación en emergencias.
- Identificación del Responsable de la puesta en marcha del Plan de Actuación ante Emergencias.

Capítulo 7.—*Integración del plan de autoprotección en otros de ámbito superior*

- Los protocolos de notificación de la emergencia.
- La coordinación entre la dirección del Plan de Autoprotección y la dirección del Plan de Protección Civil donde se integre el Plan de Autoprotección.
- Las formas de colaboración de la Organización de Autoprotección con los planes y las actuaciones del sistema público de Protección Civil.

Capítulo 8.—*Implantación del plan de autoprotección*

- Identificación del responsable de la implantación del Plan.
- Programa de formación y capacitación para el personal con participación activa en el Plan de Autoprotección.
- Programa de formación e información a todo el personal sobre el Plan de Autoprotección.
- Programa de información general para los usuarios.
- Señalización y normas para la actuación de visitantes.
- Programa de dotación y adecuación de medios materiales y recursos.

Capítulo 9.—*Mantenimiento de la eficacia y actualización del plan de autoprotección*

- Programa de reciclaje de formación e información.
- Programa de sustitución de medios y recursos.
- Programa de ejercicios y simulacros.
- Programa de revisión y actualización de toda la documentación que forma parte del Plan de Autoprotección.
- Programa de auditorías e inspecciones.

Apéndice I.—Directorio de Comunicación:

- Teléfonos del Personal de emergencias.
- Teléfonos de ayuda exterior.
- Otras formas de comunicación.

Apéndice II.—Formularios para la Gestión de Emergencias.

Apéndice III.—Planos.

Apéndice IV.—Glosario de Términos.

Apéndice V.—Catálogo de Señales de Emergencia en Túnel.

Apéndice VI.—Protocolos de Comunicación.

Apéndice VII.—Prestación de primeros auxilios en caso de emergencia.

A.3. Plan de mantenimiento

Este capítulo del Manual de Explotación constituye un documento independiente. En él se deben contemplar todas las labores, actuaciones y planificación orientada a mantener la infraestructura y superestructura en condiciones óptimas. El Plan de Mantenimiento tiene que recoger al menos los siguientes contenidos:

Capítulo 1.—*Objetivos*

Deberán definirse los ratios a conseguir en términos de disponibilidad y fiabilidad de las instalaciones (calidad del servicio).

Capítulo 2.—*Recursos y organización*

Los recursos humanos dedicados a actividades de mantenimiento se organizan alrededor del Jefe de Mantenimiento y el equipo correspondiente, con especialistas en obra civil y en instalaciones.

ten dira baliabide materialak, non ordezkoko piezen, kontsumigarrien eta funtzioa betetzeko beharrezko ibilgailu eta makineriaren stocka kokatzen baita.

3. kapitulua.—*Prozedurak*

Kapitulu honek hiru dokumentu hauek ditu:

- Mantentzeari buruzko eskuliburua. Talde edo azpisisistema bakoitzak mantentzearen inguruan dituen ekintza espezifikoko azaltzen dira dokumentu honetan, prebentzioko mantentzearen zein mantentze zentzagarriko ekintzak aintzat hartuz. Beharrezko baliabide materialak eta esku hartzeko aurreikusitako denbora zehaztu beharko dira horietako bakoitzean. Ekipoaren hornitzaileek eta eraikitzaileak eman beharko du informazioa.
- Jarduketan programa. Aurreko puntuan azaldutako ekintzetatik abiatuz, mantentzearen inguruko aldizkako jarduketan egutegia edo programa egiten da, beharrezko baliabideak finkatzeko eta laneko sekuentziak sistematizatzeko modua ematen duena.
- Mantentze-lanen liburua. Mantentze-ekintzak erregistratzeko eta ondoren aztertzeko oinarriko dokumentua da. Horri esker, eginiko lanaren eta matxuren edo izandako arazoaren jarraipena egin daiteke, baita esku-hartzeen gaineko azterketa historikoa ere.

A.4. Ezarpen eta jarraipen plana

Ustiapena zerbitzuan jartzeko egin beharreko jarduketak zehazten dira ezarpen eta jarraipen planean, baita jarraipeneko jarduketak eta prozedurak ere ustiapena etengabe hobetzeko prozesuaren barruan.

A.4.1. *Ustiapenaren eskuliburua ezartzea*

Ustiapenaren eskuliburua ezartzeak honako hauek dakartza, besteak beste.

A.4.1.1. *Ustiapenaren pertsonala trebatzea*

Atal honetan ezarri beharko dira ustiapenaren pertsonalaren trebakuntzari buruzko gutxieneko beharrezko eskakizunak; hala, ustiapena segurtasunaren aldetik egoera egokietan egiten dela bermatzeko, betiere tunela ustiatzeko jardueretan taldeek duten gaitasun egokia izanik. Trebakuntzaren arloko eskakizun horiez gain, ikastaroen edukiak eta zein talderi emango zaizkion zehaztu beharko da.

A.4.1.2. *Ariketak eta simulakroak*

Ustiatzaileak simulakroen plana egin beharra ezarri da atal honetan. Gainera, ustiapenaren eskuliburua ezarrita burutu beharreko frogak eta simulakroak deskribatuko dira, eta aldiari aldiari egingo dira tunelaren ustiapenak iraun bitartean. Kanpoko laguntza eta tunelaren ustiapenetik kanpoko zerbitzuek eta erakundeek simulakroetan parte hartzea ere definituko dira.

A.4.1.3. *Ustiapenaren eskuliburuaren kudeaketa*

Ustiapenaren eskuliburua kudeatzeko prozedurak egingo dira atal honetan, eta gutxienez ustiapenaren eskuliburuaren berrikuspenean, onespenean eta banaketa jorratuko dira.

Aldian-aldean berrikusiko da ustiapenaren eskuliburua, arriskua aldarazi duten inguruabar berriak sartuta, hala nola IMD handiagoa, eraikuntzako aldaketa nabarmenak edo ustiapenarekin lotutako alderdien aldaketak (baliabide gehiago, antolakuntzako aldaketa eta bestelakoak). Aldizkako berrikuspenez gain, ustiapenaren eskuliburua berehala berrikusi beharko da aipaturiko alderdietako batean aldaketa garrantzitsuak gertatzen direnean.

Eskuliburuaren erregistro bat erabiltzeko moduan izango da, eta dokumentua oro har eta horren zati guztiak berrikusiko dira, inplikaturiko erakundeei eginiko banaketa eta banaturiko kopia guztien berrikuspenean barne.

A.4.2. *Ustiapenaren jarraipena*

Ustiapenaren jarraipena egiteko metodologia zehaztuko da, eta zehaztasunez azalduko dira datuak atzemateko, jarraipeneko informazioa sortzeko eta aztertzeko eta hobekuntzak proposatzeko prozesuak. Gainera, tunelen koordinatzaileari eta administrazio

Los recursos materiales comienzan por la base de operaciones, en la que se sitúa el stock de repuestos, consumibles y vehículos y maquinaria necesarios para cubrir la función correspondiente.

Capítulo 3.—*Procedimientos*

Este capítulo consta de tres documentos:

- Manual de Mantenimiento. En este documento se describen las acciones de mantenimiento específicas de cada equipo o subsistema, considerando tanto las acciones de mantenimiento preventivo como correctivo. Para cada una de ellas deberán especificarse los medios materiales y humanos necesarios y el tiempo previsto en la intervención. Esta información debe ser suministrada por los proveedores de los equipos y el constructor.
- Programa de actuaciones. A partir de las acciones descritas en el punto anterior, se elabora un calendario o programa de actuaciones periódicas de mantenimiento que permite dimensionar los recursos y sistematizar las secuencias de trabajo.
- Libro de mantenimiento. Es un documento que sirve de base para el registro y posterior análisis de acciones de mantenimiento. Permite realizar un seguimiento de las tareas realizadas y averías o problemas producidos y efectuar un análisis histórico de las intervenciones.

A.4. Plan de Implantación y seguimiento

El Plan de Implantación y Seguimiento define las actuaciones que se deben emprender para la puesta en servicio de la explotación, así como las actuaciones y procedimientos de seguimiento, dentro del proceso de mejora continua de la explotación.

A.4.1. *Implantación del manual de explotación*

La implantación del Manual de Explotación supone, entre otros, los siguientes aspectos.

A.4.1.1. *Formación del personal de explotación*

En este apartado se deben establecer los requerimientos mínimos necesarios sobre la formación del personal de explotación, de forma que se garantice que la explotación se realiza con las condiciones óptimas de seguridad, con una correcta capacitación de los distintos colectivos en las actividades de explotación del túnel. A partir de estos requerimientos de formación se definen los cursos con sus contenidos y los colectivos a los que deben ser impartidos.

A.4.1.2. *Ejercicios y simulacros*

En este apartado se establece la obligación, por parte del explotador, de elaborar un Plan de Simulacros. Además, se describirán las pruebas y simulacros que se deberán realizar con la implantación del Manual de explotación y de forma periódica durante la explotación del túnel. También se definirán las colaboraciones externas y la participación en los simulacros de los servicios y organismos externos a la explotación del túnel.

A.4.1.3. *Gestión del manual de explotación*

En este apartado se elaborarán los procedimientos de gestión del Manual de Explotación, que tratarán, al menos la revisión, aprobación y distribución del Manual de Explotación.

El Manual de Explotación será revisado periódicamente con la inclusión de las nuevas circunstancias que hayan modificado el riesgo, tales como una mayor IMD, modificaciones constructivas relevantes o aspectos relacionados con la explotación (mayores recursos, cambios organizativos u otros). Además de las revisiones periódicas, el Manual de Explotación deberá ser revisado al momento en el caso de modificaciones importantes en alguno de los aspectos mencionados.

Se mantendrá operativo un registro del Manual, con la revisión del conjunto del documento y de todas sus partes, incluyendo la distribución realizada a las instituciones implicadas y la revisión de cada una de las copias distribuidas.

A.4.2. *Seguimiento de la explotación*

Se definirá la metodología de seguimiento de la explotación, describiendo con detalle los procesos de captación de datos, generación y análisis de la información de seguimiento, y propuesta de mejoras. Además, se definirán los mecanismos de información al

agintariari informazioa emateko mekanismoak definituko dira, bai ta horiek ustiapenari aholkularitza ematekoak ere.

Ustiapenaren jardura guztien gainekoa izango da jarraipena, eta horretarako, segurtasun-mailak, instalazioen eskuragarritasuna eta erabilitzailearentzako zerbitzua ebaluatzeko ereduak ezarriko dira. Sistema horien bidez, ustiapenaren helburuen betetze-maila eta ustiapenaren etengabeko hobekuntza ebaluazioa egin ahal izango da. Honako ebaluazio sistema hauek ezarriko dira:

- Segurtasun-mailaren ebaluazioa, segurtasun-mailaren indizearen ereduaren bidezkoa.
- Zerbitzu-mailaren ebaluazioa, zerbitzuaren maila-indizeen eremu baten bidezkoa.

A.5. Zirkulazioko arauak

Tuneletan aplikaturiko zirkulazioko arau orokorrak eta bereziak bildu beharko dira kapitulu honetan. Inguruko udalerrien artean banatuko dira arauak, eta egoki den tokian argitaratuko dira.

A.6. Eskumenen liburua

Eskumenen liburua ere barne hartu beharko da, ibilgailuak tuneletatik zirkulatzearen inguruko eskumena duten edo ustiapenaren kudeatzaileak edo erantzuleak diren edo haien interesak zuzenean edo zeharka ukitzen dituzten erakundeen erantzukizuna ezartzen duena. Gutxi gorabehera:

- Bizkaiko Foru Aldundiaren Herri Lanen arloko sail eskuduna.
- Bizkaiko Foru Aldundiaren Segurtasun eta Babes Zibilaren arloko sail eskuduna.
- Eusko Jauralaritzako Larrialdiei Aurregiteko eskumena duen saila.
- Trafikoko agintaritza.
- Aldeko tokiko agintariak.
- Beste batzuk.

A.7. Eranskinak

A.7.1. Telefono direktorioa

Telefono direktorio batean aurkeztu beharko dira ustiapenarekin lotuta dauden erakunde eta pertsona guztien telefono zenbakiak. Ustiapenek jarduketan arabera antolatuko dira (mantentzea, larrialdiak ...).

Dokumentu hau aldizka eguneratu beharko da.

A.7.2. Proiektuko dokumentazioa

Ustiapenaren eskuliburuak obra amaierako dokumentazioaren zerrenda zehatza izan beharko du, eta tunela ustiatzeko eskuragarri izan beharko da, zeren eta beharrezkoa baita mantentzeko jarduerak egiteko, pertsonala trebatzeko eta eragiketaren zenbait euskarriren euskarria izateko. Kalitatezkoa izan beharko du dokumentazio horrek, eta gainera proiektuaren aldaketak eta eraikuntzak iraun bitartean buruturiko aldaketak bildu beharko ditu; gainera, eguneratuta eta kontrolatuta egon behar du etengabe.

A.7.3. Herritarrek beren burua babesteko aholkuak

Herritarren artean zabaldu nahi diren zenbait aholku eta eduki bilduko dira kapitulu honetan, ohiko egoeretan eta larrialdietan beren jokabidea beren segurtasunerako mesedegarria izan dadin.

(I-653)

Gizarte Ekintza Saila

Familiaren barruan zainketak emateko prestazioari buruzko Auzitegi-lzapidea jakinarazteko iragarpena.

Jarraian adierazten diren interesdunei beren-beregi jakinaraztea ezinezkoa gertatu denez gero, eta Herri Administrazioen Araubide Juridikoaren eta Administrazio Prozedura Erkidearen azaroaren 26ko 30/1992 Legeko 59-4 eta 92. artikuluen arabera, honako iragarki hau plazaratzen da.

Gestor del Túnel y a la Autoridad Administrativa, y de auditoría por parte de éstos a la Explotación.

El seguimiento se referirá a todas las actividades de la explotación, para lo cual, se implantarán modelos de evaluación de los niveles de seguridad, disponibilidad de instalaciones y servicio al usuario. A través de estos sistemas se permitirá la evaluación del cumplimiento de los objetivos de explotación y la mejora continua de la explotación. Se implantarán los siguientes sistemas de evaluación:

- Evaluación del nivel de seguridad mediante un modelo de índice del nivel de Seguridad.
- Evaluación del nivel de servicio mediante un modelo de índices del nivel de Servicio.

A.5. Normas de circulación

En este capítulo se deberán relacionar las normas de circulación, tanto generales como particulares, que aplican a los distintos túneles. Las normas se distribuirán entre los municipios cercanos, publicándose donde convenga.

A.6. Libro de competencias

Se ha de incluir en el Manual un Libro de Competencias, que determine responsabilidades de las instituciones que tienen competencia en la circulación de vehículos a través de los túneles, son gestores o responsables de la explotación, o ésta afecta a sus intereses directa o indirectamente. De forma orientativa:

- Departamento competente en materia de Obras Públicas de la Diputación Foral de Bizkaia.
- Departamento competente en materia de Seguridad y Protección Civil de la Diputación Foral de Bizkaia.
- Departamento competente en la Atención de Emergencias del Gobierno Vasco.
- Autoridad de Tráfico.
- Autoridades locales de la zona.
- Otros.

A.7. Anexos

A.7.1. Directorio telefónico

En un directorio telefónico deberán presentarse los números telefónicos de todas las entidades, organizaciones y personas con relación con la Explotación. Se organizarán por actividades de explotación (mantenimiento, emergencias...).

Este documento deberá ser actualizado periódicamente.

A.7.2. Documentación de proyecto

El Manual de Explotación contendrá una relación exhaustiva de la documentación de final de obra, «as built», que deberá estar disponible para la explotación del túnel, ya que es necesaria para el correcto desempeño de las actividades de mantenimiento, formación del personal y para soportar determinadas tareas de la operación. Esta documentación deberá ser de calidad, incluir todas las modificaciones de proyecto y las llevadas a cabo durante la construcción, debiendo estar actualizada y controlada de forma continua.

A.7.3. Consejos de autoprotección a la población

En este capítulo se deberán incluir aquellos consejos y contenidos que se pretenden difundir entre la población para que su comportamiento tanto en situaciones normales como en situaciones de emergencia sea beneficiosa para su seguridad.

(I-653)

Departamento de Acción Social

Notificación del Trámite de Audiencia a solicitantes de Prescripción para cuidados en el entorno familiar.

No habiéndose podido notificar de forma expresa a los interesados que se relacionan a continuación y de conformidad con lo dispuesto en los artículos 59-4 y 92 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, se hace público el presente anuncio.