

serie normativas

Instrucciones de construcción



IOS-98

Instrucción para el proyecto, construcción
y explotación de obras subterráneas para
el transporte terrestre



MINISTERIO
DE FOMENTO

DIRECCIÓN GENERAL
DE CARRETERAS

serie normativas

IOS-98

Instrucción para el proyecto, construcción
y explotación de obras subterráneas para
el transporte terrestre



SECRETARÍA DE ESTADO
DE INFRAESTRUCTURAS
Y TRANSPORTES

DIRECCIÓN GENERAL
DE CARRETERAS

2000

ESPAÑA. Dirección General de Carreteras

Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre : IOS-98 / Dirección General de Carreteras. - Madrid: Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 2000

30 p. ; 30 cm.- (Serie normativas. Instrucciones de Construcción)

TÚNELES DE CARRETERAS-Proyecto y construcción
TÚNELES DE FERROCARRIL-Proyecto y construcción
TRANSPORTES TERRESTRES-Infraestructura

624.19
625.12



Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Fomento ©

I.S.B.N.: 84-498-0461-2
NIPO: 161-00-019-0
Depósito Legal: M-11142-2000
Fotocomposición: AM 2000
Imprime: SALJEN, S.L.

Diseño cubierta: Carmen G. Ayala

Impreso en papel reciclado

ORDEN DE 19 DE NOVIEMBRE DE 1998 POR LA QUE SE APRUEBA LA INSTRUCCIÓN PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE. IOS-98. (B. O. E. núm. 287 de 1 de diciembre).

Las obras subterráneas que constituyen o forman parte de proyectos de infraestructuras del transporte terrestre (carreteras y ferrocarriles), son construcciones que precisan atención específica por parte de los poderes públicos, debido a su especial incidencia en la seguridad de las personas y los bienes, tanto en su fase de ejecución como en la de explotación.

Pero existen también otros factores de diversa índole funcional que afectan a estas obras subterráneas y que condicionan los criterios que inspiran su realización.

Por ello dichas obras han de proyectarse, construirse y explotarse de manera que, sin olvidarse de los criterios de economicidad, se cumplan los requisitos esenciales que les afectan directamente: resistencia mecánica y estabilidad; seguridad en caso de incendio o vertido de materiales tóxicos o inflamables, y seguridad de utilización.

En consecuencia, resulta necesario establecer criterios básicos de carácter obligatorio que den respuesta a tales exigencias.

La "Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre (IOS-98)", que se aprueba por esta Orden, se configura como la reglamentación técnica específica que establece los mencionados criterios básicos.

En la tramitación de esta disposición han sido consultadas las Corporaciones Profesionales directamente afectadas y el Consejo de Consumidores y Usuarios, dándose así cumplimiento a lo establecido en el artículo 24 de la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno, y en el artículo 22 de la Ley 26/1984, de 19 de julio, General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios, respectivamente.

En su virtud, al amparo de la Ley de Obras Públicas, de 13 de abril de 1877; la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras, y su Reglamento General, aprobado por el Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, así como la Ley 13/1995, de 18 de mayo, de Contratos de las Administraciones Públicas,

DISPONGO:

Artículo único

Se aprueba la "Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre" (IOS-98), que figura como anexo a esta Orden.

Disposición transitoria única

A los proyectos ya aprobados o para los que hubiese sido emitida orden de estudio antes de la entrada en vigor de esta Orden, únicamente les serán de aplicación las prescripciones de la IOS-98 relativas a las atribuciones para las aprobaciones técnicas y administrativas e inspecciones que hayan de realizarse.

Disposición derogatoria única

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en esta Orden.

Disposición final única

Esta Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

ANEXO

INSTRUCCIÓN PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE (IOS-98)

TÍTULO I CONSIDERACIONES GENERALES

I.1. Objeto

La presente Instrucción tiene por objeto establecer criterios básicos para el proyecto, construcción y explotación que deben observarse en las obras subterráneas que constituyan proyectos de infraestructuras del transporte (de carreteras o ferroviarias), o formen parte de los mismos.

I.2. Requisitos esenciales y ámbito de la aplicación

Las obras subterráneas objeto de esta Instrucción deberán cumplir, al menos, los siguientes requisitos esenciales:

- a) Resistencia mecánica y estabilidad.
- b) Seguridad en caso de incendio o de vertido de materiales tóxicos o inflamables.
- c) Seguridad de utilización.

La presente Instrucción establece criterios básicos para el cumplimiento de los requisitos anteriormente citados.

Su ámbito de aplicación abarca a las obras subterráneas que se clasifican en el apartado I.3. y que, constituyendo un proyecto independiente o formando parte de otro principal de infraestructuras para el transporte terrestre, sean promovidas, directamente o en régimen de concesión, por la Administración General del Estado, sus Organismos autónomos y Entidades vinculadas o dependientes de aquélla.

El Proyectista y la Dirección facultativa de las obras podrán, en el ejercicio de sus atribuciones profesionales, adoptar decisiones diferentes a las establecidas en esta Instrucción, siempre que justifiquen expresamente, en el proyecto o en documentos de órdenes de las obras, respectivamente, que dichas decisiones no suponen una disminución de los niveles de seguridad y funcionamiento que proporciona la IOS-98.

I.3. Clasificación de las obras subterráneas

A los efectos de esta Instrucción, las obras subterráneas se clasifican:

- a) Según su función:
 - Carreteras (a las que se asimilan las vías urbanas).
 - Ferroviarias.
- b) Según su geometría:
 - Lineales (túneles, galerías o pozos).
 - Cavernas.
- c) Según tipo de terreno:
 - Roca, con uso de explosivos.
 - Roca, con maquinaria.
 - Suelos.
- d) Según el método de construcción:
 - Con excavación manual.
 - Con excavación convencional (voladuras y máquinas excavadoras).
 - Con máquinas integrales (rozadoras y máquinas con cabeza en sección completa).
 - Falsos túneles.

TITULO II OBLIGACIONES FUNCIONALES

II.1. El titular de la obra subterránea

A los efectos de esta Instrucción, se considerará titular de la obra subterránea, tanto si ésta tiene entidad individual como si forma parte de otra obra principal :

- Al órgano de la Administración Pública contratante, en el caso de una obra pública de promoción directa, cualesquiera que sea el sistema de adjudicación.
- Al concesionario, en el caso de una obra pública promovida en régimen de concesión.
- Al organismo autónomo o Ente público, según sea promovida la obra por uno u otro de ellos.

II.2. Obligaciones del titular

El titular deberá disponer de un proyecto completo de la obra subterránea con anterioridad al inicio de la fase de construcción, tanto si dicha obra subterránea forma parte de otra obra principal como si tiene entidad independiente. Deberá ser autor del proyecto un profesional, al menos, con la titulación necesaria para ello, de acuerdo con la legislación vigente.

Dicho proyecto requerirá la aprobación técnico-administrativa, que deberá realizar, con carácter exclusivo, el órgano de la Administración Pública contratante, concedente o de adscripción, según se trate, respectivamente, de obras de promoción directa, en régimen de concesión o promovidas por un Organismo autónomo o Ente público.

El titular nombrará al Director facultativo de las obras para encargarse de la dirección de los trabajos durante la construcción y cuya titulación le ca-

pacite para el ejercicio de tal actividad. En el caso de concesiones administrativas tal nombramiento deberá ser refrendado por la Administración Pública concedente.

El contratista, antes del inicio de los trabajos, deberá presentar una Memoria de construcción con especificación de los contenidos previstos en el apartado IV.2., para aprobación por la Dirección facultativa de las obras.

El titular nombrará un Director de explotación con la titulación necesaria para ello, de acuerdo con la legislación vigente, que será responsable del correcto funcionamiento y uso de la obra subterránea, desde su puesta en servicio. En el caso de concesiones administrativas tal nombramiento deberá ser refrendado por la Administración Pública concedente.

II.3. Situaciones de emergencia

En situaciones de emergencia, la Dirección facultativa de las obras o la de explotación, según corresponda por la fase en que se encuentre la obra, coordinará las actuaciones necesarias conjuntas con las autoridades sanitarias, laborales y de protección civil, de acuerdo con la legislación vigente.

II.4. De la aprobación de los proyectos e inspección de las obras subterráneas

La aprobación técnico-administrativa de los proyectos de las obras subterráneas, así como la inspección técnica de la ejecución de las mismas, corresponde:

- Al órgano de la Administración Pública contratante, en el caso de una obra pública de promoción directa, cualesquiera que sea el sistema de adjudicación.
- Al órgano de la Administración Pública concedente, en el caso de una obra pública promovida en régimen de concesión.
- Al órgano de la Administración Pública considerado como de adscripción de un Organismo autónomo o Ente público, en el caso de obras promovidas por éstos últimos.

La inspección en materia de seguridad y salud laboral, durante la realización de las obras, se regirá por lo establecido en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

TITULO III CRITERIOS BÁSICOS EN LA FASE DE PROYECTO

III.1. Condiciones generales de seguridad y estabilidad

III.1.1. Generalidades

El proyecto incluirá la justificación de la estabilidad y suficiente seguridad de todas y cada una de las zonas de la obra: accesos, instalaciones de obra, emboquilles y tramos subterráneos. Con tal fin contendrá las soluciones adecuadas para dar cumplimiento a las diferentes exigencias indicadas en los apartados III.2. a III.6., ambos inclusive.

Se proyectarán también las instalaciones definitivas (a las que se refiere el apartado III.8.), y las escombreras que fueren precisas para recibir los materiales sobrantes de la excavación (conforme indica el apartado III.9.).

Asimismo se establecerán los requisitos de seguridad y salud, relativos a las fases de proyecto, construcción y explotación, y se atenderán los aspectos medioambientales sobre los que pueda influir la obra subterránea (de acuerdo con los apartados III.10. y III.11.).

III.1.2. Acciones a considerar

Para conseguir la seguridad y estabilidad de todas y cada una de las zonas de la obra se efectuará un estudio específico, amplio y detallado, y se tendrán en cuenta, al menos, las siguientes acciones:

- a) La gravedad
- b) Las tensiones naturales existentes en el terreno
- c) El agua en alguno de los siguientes aspectos:
 - Niveles freáticos estáticos.
 - Corrientes de agua naturales o inducidas por la existencia, construcción o explotación de la obra.
 - Lluvias.
- d) El efecto sísmico en los tramos subterráneos de aquellas obras cuya destrucción puede interrumpir un servicio imprescindible, o aumentar los daños del terremoto, y situadas en zonas en las que, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-94), pueda preverse la incidencia de una “aceleración sísmica básica” probable mayor de 150 cm/s².

En los tramos de acceso a la obra subterránea se tendrá en cuenta la acción del terremoto, de acuerdo con la “peligrosidad sísmica”, definida e indicada en la citada Norma.

Asimismo, en el caso de túneles paralelos, se deberá analizar la incidencia de las vibraciones (causadas por voladuras, etc.), inducidas sobre cada uno durante la construcción del otro.

III.2. Trazado

III.2.1. Túneles urbanos o en zonas industriales

En el caso de túneles, cualquiera que fuese su tipo, situados en zonas urbanas o industriales, además de los estudios de autoestabilidad, se justificarán:

- a) Las subsidencias o, en general, los movimientos inducidos en los contornos por el trazado y morfología del túnel elegidos.
- b) Su influencia, riesgo y posibles daños, en las edificaciones, servicios o instalaciones próximas.
- c) La ausencia de anomalías en aquéllas, tales como inclinaciones, fisuraciones o roturas.

III.2.2. Túneles de carretera

Independientemente de los condicionantes procedentes del trazado general de la carretera, de las características geológico-geotécnicas del terreno, o de otras causas como las recomendaciones medioambientales, el trazado de los túneles deberá respetar la normativa vigente de trazado de carreteras y, salvo expresa justificación en contrario, los máximos valores de rampas y pendientes serán el 3% y el 5% respectivamente.

Se estudiarán las 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 obra en esta zona es poco diferente de la orientación de los rayos solares en algunas horas del día.

Cuando se trate de autovías o autopistas y se proyecte la construcción de túneles separados para cada dirección, se estudiará la separación entre ambos, en función de las características del terreno, métodos y secuencias constructivas de ambas perforaciones de manera que se eviten interferencias que pudieran producir inestabilidades o disminución significativa de la

seguridad en el sostenimiento o revestimiento. Esta circunstancia será especialmente atendida en las zonas próximas a los emboquilles, o en zonas de eventuales subsidencias que eventualmente pudieran afectar a edificios o instalaciones próximas.

Salvo justificación en contrario, en túneles paralelos de longitud mayor de 1 km se construirán conexiones entre ambos, a distancias y dimensiones adaptadas a las necesidades del tráfico o a otros objetivos de ventilación y seguridad.

III.2.3. Túneles de ferrocarril

El trazado, en planta y alzado, de los túneles de ferrocarril, se efectuará, en su caso, de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas por el Ministerio de Fomento y, en su defecto, por la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE) o el Ente Público Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), según sea pertinente.

Además de los condicionantes procedentes del trazado general del ferrocarril, de las características geológico-geotécnicas del terreno, o de otras causas como las recomendaciones medioambientales, el trazado de los túneles deberá tener en cuenta los condicionantes derivados de la construcción y explotación (drenaje, renovación del aire, etc.).

Así pues, y salvo expresa justificación en contrario, los valores máximos y mínimos de rampas y pendientes serán los siguientes:

- Pendiente mínima: 0'5%.
- Pendiente máxima para tráfico mixto (viajeros y mercancías): 1,25%.
- Pendiente máxima para tráfico exclusivo de viajeros: 3%.

En túneles paralelos se estudiará la posible conexión entre ambos. La distancia entre conexiones y sus dimensiones se adaptarán a las necesidades del tráfico o a otros objetivos de ventilación y seguridad.

III.3. Estudios geológicos y geotécnicos

III.3.1. Generalidades

Se realizarán los reconocimientos y estudios geológicos y geotécnicos adecuados para obtener un conocimiento suficiente de los terrenos que serán afectados directa o indirectamente por la construcción y explotación de la obra subterránea y de sus zonas de acceso y emboquille.

La planificación de los reconocimientos será lo suficientemente flexible para acomodarlos en cada momento, en su secuencia, tipo y alcance, a una mejor determinación de la morfología y características generales del terreno, y de sus singularidades, en especial a la cota del túnel.

Los reconocimientos en la superficie que sea accesible, complementados, si fuera preciso, con zanjas, calicatas, sondeos cortos, o estaciones geomecánicas, se extenderán a uno y otro lado de la traza en planta del túnel, hasta una distancia tal que los datos obtenidos puedan servir, en su extrapolación hacia el interior del terreno, a un posible mejor conocimiento del mismo a la cota del túnel, o correspondan a zonas posiblemente afectadas por la existencia de la obra, o por su construcción, siquiera sea temporalmente.

Si el terreno involucrado es un medio rocoso, se prestará especial atención a la eventual presencia de fallas o discontinuidades importantes, de ámbito regional o local, que pudieran ser cortadas por la perforación del túnel.

Se destacará, asimismo, la presencia de otras anomalías o singularidades estructurales del terreno o medio rocoso, como zonas cársticas, y corrimientos o paleodeslizamientos que alcanzasen la alineación del túnel u obra subterránea.

Los estudios se concentrarán también en las posibles áreas de emboquille, con objeto de examinar y conocer con mayor precisión el terreno en tales zonas, plausiblemente más débiles bajo el punto de vista geotécnico, y poder fijar mejor el punto de arranque de la obra subterránea.

El acusado influjo del agua en los diferentes aspectos del diseño, construcción y explotación de la obra subterránea, exige un adecuado estudio de las condiciones hidrogeológicas del entorno del túnel. Más adelante se especifican las diferentes circunstancias que deben ser examinadas a este respecto.

La gran variedad de métodos de prospección y ensayo para determinar la también amplia gama de morfologías, disposiciones estratigráficas y propiedades geotécnicas del terreno, exige una adecuación y una profundización de las actuaciones, acorde con las características, profundidad e importancia de la obra. Galerías y pozos de reconocimiento, sondeos mecánicos o penetrométricos, zanjas, calicatas, métodos geofísicos, diagráfias, toma de muestras, y ensayos de campo o laboratorio, deben ser seleccionados para obtener una suficiente base para el diseño del túnel.

Los objetivos a conseguir con los reconocimientos y ensayos pueden concretarse en los siguientes puntos:

- a) Determinación del perfil geológico del túnel, con definición litológica y tectónica de todos los terrenos y accidentes atravesados por aquél, en especial:
 - Fallas y contactos mecánicos.
 - Zonas tectónicas.
 - Zonas alteradas.
 - Corrimientos.
 - Zonas carstificadas o milonitizadas.
 - Rocas alterables, solubles o expansivas.

Se debe prestar especial atención a las fallas activas en zonas con riesgo sísmico, analizando las posibles soluciones (cambio de trazado, dispositivos de absorción de desplazamientos, etc.).

- b) Caracterización geotécnica cuantitativa de los terrenos, que sirva de base para la utilización de las “clasificaciones geomecánicas” adecuadas y posterior sectorización del túnel. Debe comprender, al menos, la determinación de los parámetros correspondientes a:
 - Resistencia y deformabilidad.
 - Permeabilidad.
 - Alterabilidad.
 - Expansividad.
 - Erosionabilidad.
 - Comportamiento geológico.
 - Susceptibilidad a la licuefacción por efecto sísmico.
- c) Recomendaciones sobre tipos de sostenimiento a adoptar para los distintos sectores establecidos.
- d) Recomendaciones orientadas a definir los sistemas de ejecución, las cuales deben comprender:
 - Análisis de la perforabilidad mecánica.
 - Métodos de sostenimiento recomendados.
 - Métodos de revestimiento recomendados.
 - Problemática previsible de la excavación (estabilidad, avenidas de agua, presencia de líquidos o gases, etc.).
- e) Determinación de otros parámetros que, indirectamente, pueden servir de base también para el proyecto de la sección tipo.
- f) Cálculo de subsidencias o movimientos del terreno, inducidos por el túnel, en el caso de entornos susceptibles a las deformaciones de aquél.

- g) Análisis específico de las áreas de emboquille y posibles estructuras especiales, que comprenda los siguientes aspectos:
- Estudio de estabilidad de taludes en zonas de acceso al túnel.
 - Recomendaciones sobre la zona de emboquille.
 - Revestimientos en zonas de emboquille.
 - Estudios complementarios para estructuras especiales.

III.3.2. Estudios hidrogeológicos

Se efectuarán los estudios hidrogeológicos necesarios para conseguir conocer de una manera suficiente, para las etapas de construcción o explotación, las siguientes facetas:

- a) Establecimiento del o de los niveles freáticos, y su eventual variación estacional.
- b) Existencia de fuentes, manantiales, captaciones de agua, etc., que puedan influir en el túnel, o ser influidos por éste.
- c) Permeabilidad o transmisividad de los diferentes terrenos que pudieran ejercer su influjo en los aportes de agua al túnel durante la vida de la obra.
- d) Factores que influyen en la elección del drenaje o impermeabilización del túnel.
- e) Inlujo del eventual drenaje del túnel en la posible variación de las condiciones hidráulicas de los niveles freáticos, afloramientos o aprovechamientos indicados en a) y b).
- f) Posibilidad de que el túnel suponga una barrera total o parcial a las corrientes subálveas naturales, y la correspondiente variación de las circunstancias indicadas en a) y b).

Los estudios hidrogeológicos deberán llenar los objetivos señalados para establecer las bases del restablecimiento de las condiciones iniciales, o aceptación de las modificaciones que fueran admisibles.

III.4. Sección transversal

En base a los gálibos requeridos por la funcionalidad de cada tipo de obra, de la estructura geológico-geotécnica del terreno, de los imperativos de las instalaciones propias y de los contornos externos, se definirán y justificarán cuantas secciones tipo sean precisas para cumplir las condiciones mínimas de estabilidad y seguridad que las circunstancias indicadas exigen.

En el caso de túneles de carreteras se cumplirá lo prescrito en la normativa vigente de trazado de carreteras.

Si se trata de túneles ferroviarios, su gálibo se adaptará, en su caso, a las especificaciones técnicas establecidas por el Ministerio de Fomento y, en su defecto, por la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE) o el Ente Público Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), según sea pertinente y en función del tipo y condiciones de circulación de los trenes.

La resistencia al avance de los trenes provocada por el efecto pistón debe ser reducida al máximo, con el fin de aumentar la velocidad del tren, reducir los gastos de energía y el calentamiento de la estructura, y limitar la amplitud de las sobrepresiones y depresiones soportadas por el usuario. Se tendrán en cuenta estos efectos a la hora de diseñar la configuración transversal y longitudinal del túnel.

Deberá tenderse a la normalización de secciones tipo para usos equivalentes contribuyendo así al mejor aprovechamiento del parque de máquinas existente en el país.

En el proyecto, se establecerán las tolerancias y las superficies del gálibo mínimo para la construcción del sostenimiento o revestimiento.

III.5. Métodos constructivos

Se prestará especial atención al estudio de los factores que influyen en la elección del método de construcción más adecuado. La excavación mediante máquinas tuneladoras, rozadoras, palas, o explosivos; la protección y estabilidad de las excavaciones mediante escudos a presión atmosférica o presurizados, precortes, cerchas, bulones, hormigón proyectado, armadura con mallazos o fibras metálicas, micropilotes, *jet-grouting*, inyecciones, etc., serán convenientemente analizadas.

Se realizará una descripción de los aspectos fundamentales de la secuencia operativa del método de construcción elegido.

Se definirá el sostenimiento y el revestimiento de la obra subterránea (conforme al apartado III.6.), entendiéndose por sostenimiento el conjunto de dispositivos precisos para mantener la estabilidad de la excavación provisionalmente hasta la ejecución de revestimiento, o definitivamente. Se justificarán y proyectarán las condiciones de drenaje o impermeabilización de los entornos de la excavación durante la construcción y explotación.

En el caso de que las deformaciones sean prioritarias por la proximidad de edificaciones o instalaciones importantes, los métodos constructivos y los sostenimientos se dirigirán especialmente hacia una admisibilidad de los movimientos originados por la obra, fijándose en el proyecto las condiciones de admisibilidad.

III.6. Sostenimiento y revestimiento

De acuerdo con el tipo y requerimientos de la obra, con las características del terreno y con los métodos de construcción elegidos, se justificará la seguridad del túnel u obra subterránea durante la construcción y explotación, frente a los diferentes modos de posible inestabilidad que puedan presentarse.

Se definirán una o varias secciones tipo, longitudinales y transversales, de la obra, de su sostenimiento, y, si es el caso, de su revestimiento, que respondan a las diversas circunstancias previsibles del terreno y de la profundidad o situación de la obra. Se prestará especial atención a las zonas de emboquille.

Si la consecución del sostenimiento o revestimiento finales tiene lugar según diferentes etapas (desfases entre excavación y dispositivos del sostenimiento, galerías u otro tipo de excavaciones en avance, destroza, etc.), se justificará también la estabilidad en todas las fases intermedias.

También se contemplará la seguridad frente a eventuales desprendimientos de bloques.

La metodología para juzgar la seguridad de la obra, según su importancia y salvo justificación razonada, tomará como base el criterio más adecuado de entre los siguientes:

- Una comparación con el comportamiento de obras semejantes en circunstancias análogas a las objeto del proyecto. En tal caso se deberá demostrar la similitud de los aspectos fundamentales que influyen en la estabilidad.
- Utilización de métodos empíricos o semiempíricos, suficientemente contrastados en la práctica, basados en determinadas características geotécnicas de reconocida solvencia o en algunas clasificaciones geomecánicas del terreno.
- Cálculo tensodeformacional del conjunto obra-terreno, sustentado en unas acciones, estado inicial y propiedades geotécnicas del terreno, obtenidas por medio de determinaciones directas, o indirectas mediante comparaciones o métodos empíricos.

Se determinará la seguridad de cada uno de los elementos que configuran la obra, su sostenimiento y revestimiento, y el del conjunto obra-terreno.

no. En el caso de utilizar el cálculo tenso-deformacional, se justificará la admisibilidad de las tensiones de trabajo y el coeficiente de seguridad a la rotura permisible, según las circunstancias de la obra, el modo de inestabilidad analizado, el método de diseño utilizado y la fiabilidad de los datos que han servido de base para los cálculos de estabilidad.

En el caso de obras lineales, y en concordancia con los estudios geológico-geotécnicos se incluirá la justificación de una sectorización longitudinal, que prevea la adopción, por tramos, de alguna de las secciones tipo diseñadas.

En el caso de que existan edificaciones o instalaciones industriales próximas, será preceptivo un cálculo deformacional que demuestre la inocuidad en aquéllas de los movimientos originados por la obra.

En el caso en que, por aplicación de la legislación vigente o por que así lo exigiera el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del contrato, fuera necesaria la elaboración de un proyecto específico de sostenimiento, ya fuera independiente o incorporado al proyecto de la obra principal, la aprobación técnico-administrativa del mismo recaerá, exclusivamente, en el correspondiente órgano de la Administración Pública, de acuerdo con el apartado II.4.

III.7. Auscultación y reconocimientos durante la construcción

En el proyecto se incluirá una definición, o se justificará su ausencia, de los dispositivos e instrumentación precisa para conocer el comportamiento del terreno y de la obra (movimientos, presiones, filtraciones, gases, emisión acústica, radiación infrarroja, etc.).

En particular será obligatorio el proyecto de auscultación siempre que concurra, al menos, una de las siguientes circunstancias:

- a) Cuando el método de construcción elegido requiera la obtención de parámetros a medida que progresa la excavación, con objeto de adaptar localmente el diseño del sostenimiento o revestimiento.
- b) Cuando los movimientos estáticos o dinámicos inducidos por la excavación o por la presencia de la obra, puedan afectar a edificaciones, instalaciones industriales, o de cualquier otro tipo.
- c) Cuando se prevea una modificación sustancial, o un influjo decisivo, en las condiciones hidrológicas del contorno.
- d) Cuando las circunstancias previsibles influyan en la seguridad de los operarios, personal de mantenimiento o usuarios.

No obstante, y en cualquier caso, se deberá llevar a cabo un control mínimo de convergencias.

Asimismo se especificarán en el proyecto los reconocimientos y estudios complementarios que deberán ser llevados a cabo durante la construcción (ensayos de características geotécnicas, sondeos en avance, tensiones internas, etc.), que no hayan sido viables, por razones de accesibilidad o motivos técnicos o económicos, para el proyecto, o que se requieran para una mayor precisión en las circunstancias señaladas en los párrafos anteriores.

El proyecto de auscultación analizará la conveniencia o no de que la auscultación se mantenga operativa para la fase de explotación.

III.8. Instalaciones definitivas

En el Proyecto general de la obra se incluirán, o se acompañarán al mismo, los proyectos complementarios de las instalaciones definitivas que sean preceptivas o previstas en cada caso, referentes a:

- Suministro de energía.
- Alumbrado.

- Ventilación.
- Señalización.
- Comunicaciones.
- Sistemas de control.
- Auscultación.
- Incendio.
- Otras instalaciones.

En el Título V de esta Instrucción se indican los condicionantes a cumplir por tales instalaciones.

III.9. Escombreras

En el proyecto se planificará el destino de los materiales procedentes de la excavación del túnel. Los que no vayan a ser utilizados en la construcción de terraplenes, rellenos, obras anejas, u otros fines específicos, serán depositados en escombreras, cuya situación deberá ser indicada en el proyecto.

En el caso de que se trate de vertederos o escombreras de nueva implantación, se justificará debidamente los rellenos a efectuar, en las siguientes vertientes:

- a) Morfología del relleno, su disposición topográfica y suficiencia volumétrica para recibir los sobrantes de las excavaciones.
- b) Secuencia temporal y espacial de las operaciones y condiciones de vertido o colocación.
- c) Estabilidad de la propia escombrera, de su cimentación y de su entorno. Con tal fin se llevarán a cabo los pertinentes reconocimientos geológico-geotécnicos que permitan establecer las condiciones para su permanencia con el adecuado margen de seguridad.
- d) Eventual influjo de los rellenos en las condiciones hidrológicas, superficiales o subálveas, que existen en el terreno antes de construir el relleno. Diseño, en su caso, de los dispositivos de drenaje o impermeabilización.
- e) Impacto ambiental, y si fuere preciso, tratamiento final de la superficie de la escombrera, una vez finalizados los aportes de terreno.

En los casos que se considere necesario, el proyecto preverá unidades de abono de las operaciones efectuadas en las escombreras.

III.10. Prevención de riesgos laborales

El proyecto y la propia fase de elaboración del mismo, deberán dar cumplimiento a lo establecido en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Se destacarán las medidas referentes a las fases de proyecto, construcción y explotación, que puedan afectar especialmente a la seguridad y salud de los trabajadores, tales como vibraciones, voladuras, iluminación, comunicaciones, etc.

III.11. Impacto medioambiental

El proyecto deberá dar cumplimiento a las disposiciones vigentes en materia de medio ambiente que afecten al mismo y a la construcción y explotación de la obra subterránea.

En particular el proyecto deberá examinar, y justificar en su caso, las posibles incidencias que puedan afectar al entorno o a la propia obra, relacionadas con:

- a) Ruidos, vibraciones, efectos dinámicos o térmicos, originados por la construcción o explotación de la obra.
- b) Contaminación de gases en el interior o exterior de la obra.
- c) Contaminación de aguas subterráneas y superficiales.
- d) Eliminación de los residuos y efluentes propios.
- e) Modificación de acuíferos.
- f) Interferencias con posibles restos arqueológicos o con dependencias amparados por la legislación vigente sobre el Patrimonio Nacional.
- g) Escombreras para los residuos de la excavación.
- h) Modificación del paisaje e influjo sobre la fauna y vegetación en las zonas de acceso y emboquille y su adaptación a los contornos de la obra.
- i) Efectos psicológicos en los conductores de los vehículos en el caso de túneles de gran longitud en carreteras.

III.12. Documentos del proyecto

En el caso de que la obra subterránea forme parte de un proyecto que incluya otras obras, los documentos de éste deberán contener los apartados y artículos específicos de aquélla, análogos a los que requiere un proyecto independiente.

En la Memoria y en sus anejos se describirán y justificarán las obras de acuerdo con las prescripciones contenidas en la presente Instrucción. En particular se incluirá un Anejo que estudie los costes de explotación.

En el documento Planos se incluirá la definición longitudinal y transversal de los accesos, emboquilles y tramos subterráneos. Se establecerán cuantas secciones tipo sean precisas para cubrir las circunstancias previsibles en la obra.

En el documento Presupuesto se incluirán el cuadro de precios, las mediciones y el presupuesto parcial de la obra subterránea.

Lo establecido en este apartado se entenderá sin perjuicio de lo dispuesto en la legislación de Contratos de las Administraciones Públicas.

TITULO IV CRITERIOS BÁSICOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

IV.1. Del terreno y los materiales de construcción

Las condiciones previstas en el proyecto se irán adaptando a lo largo del proceso de ejecución, de acuerdo con la información disponible y aplicando las técnicas especializadas correspondientes.

IV.2. Memoria de construcción

En la Memoria de construcción se deberán contemplar todas las disposiciones necesarias para el desarrollo adecuado del proceso constructivo previsto. En particular se incluirán:

- La descripción detallada del proceso constructivo, fases de construcción, esquema de tiro, si procede, y justificación de todas las instalaciones provisionales necesarias que se especifican más adelante.
- Los planos de todas las instalaciones auxiliares, accesos, pozos, etc.
- El plan de seguridad y salud en el trabajo.

- El plan de aseguramiento de calidad.
- El programa de ejecución.
- Un plan de tratamiento medioambiental, en el que se indiquen las cuestiones relacionadas con el medio ambiente (levantamiento de caminos, de instalaciones, formas de tratamiento de préstamos y vertederos, etc.).
- Cualquier otro documento que complete la descripción de todas las disposiciones que definen el proceso constructivo.

IV.3. Instalaciones para la construcción

Según las circunstancias de cada caso, se dispondrán los siguientes tipos de instalaciones: redes de ventilación; sistema de iluminación; redes eléctricas; redes de aire comprimido, agua y desagüe; etc.

IV.4. Instrumentación

Se revisará de acuerdo con la evolución de los trabajos el sistema de sensorización e instrumentación que se considere más adecuado, tanto para el seguimiento de las subsidencias que el proceso constructivo produzca en superficie, como para el seguimiento de los parámetros necesarios que midan el comportamiento del terreno para realizar el ajuste que proceda del diseño de los sostenimientos y revestimientos definitivos.

IV.5. Maquinaria

En relación con la maquinaria a emplear, ésta cumplirá con los requisitos reglamentarios, y especialmente se tendrá en cuenta que:

- El funcionamiento de los sistemas hidráulicos, eléctricos y mecánicos debe garantizar la seguridad de los operarios durante el desarrollo de su trabajo.
- Deben adoptarse las medidas de seguridad, que en cada caso procedan, durante la conservación de la maquinaria: paradas, frenos, calzos, etc., especialmente cuando la conservación se haga fuera del taller.
- Deben protegerse las partes móviles de máquinas estáticas.
- Las máquinas de combustión interna (Diesel) deben llevar dispositivos de depuración en el escape y se comprobará periódicamente su correcto funcionamiento.
- Las máquinas deben ir provistas de medios auxiliares que indiquen su presencia y maniobrabilidad, tales como sistemas acústicos o luminosos.
- Debe establecerse un programa para la conservación y mantenimiento de maquinaria, instalaciones y redes.

IV.6. Explosivos

La utilización de explosivos se realizará, en su caso, de acuerdo con la reglamentación vigente de carácter general sobre la materia. Además, se actuará, específicamente, de acuerdo con lo siguiente:

- Se fijarán criterios para el almacenamiento, transporte y manipulación de explosivos dentro de la propia obra, así como en relación con la carga de las voladuras y medidas particulares a adoptar.
- Se dispondrá de personal responsable y autorizado para el manejo de los explosivos.

- Los materiales que se empleen cumplirán con los requisitos reglamentarios.
- Los medios empleados para la comprobación o práctica de la voladura tendrán la capacidad suficiente y cumplirán con los requisitos reglamentarios.
- No se podrá simultanear la carga de explosivos y perforación, a no ser que se adopten medidas especiales.
- La recuperación de las voladuras fallidas se hará bajo la dirección de un responsable cualificado.
- Deberá disponerse en obra de un detector de tormentas.
- Durante la carga de explosivos se deben prever golpes del brazo del jumbo, desprendimientos de roca; se debe separar perforación y carga; se deben utilizar plataformas de trabajo, etc.

IV.7. Proceso constructivo

IV.7.1. Saneo

Se saneará el frente y el avance correspondiente a cada voladura.

Debe mantenerse una estabilidad temporal de la bóveda y hastiales hasta el sostenimiento definitivo mediante la vigilancia y saneo periódicos de las zonas excavadas.

IV.7.2. Perforación

Debe procederse al saneo del frente previamente al comienzo de la perforación.

La perforación debe realizarse siempre con aportación de agua.

No deben utilizarse fondos de barrenos de la voladura anterior para emboquilles de la nueva perforación.

En el uso de jumbos prever golpes, aplastamientos, caídas de roca, polvo y ruido; señalar áreas peligrosas, utilizar perforación por vía húmeda, protección antirruído y luces intermitentes en vehículos, etc.

En la perforación manual deben preverse los resbalones y caídas, el polvo y la proyección de piedras; se debe asegurar buena protección de ojos y oídos.

IV.7.3. Excavación

Para la ejecución de la excavación se pueden emplear: los métodos convencionales basados en la utilización de explosivos; los de arranque mecánico con máquinas puntuales o de plena sección, o cualquier otro sancionado por la práctica.

Desde el punto de vista de la seguridad se tendrán en cuenta las situaciones peligrosas siguientes:

- Voladura (prever proyección de rocas, humos tóxicos; ruido y onda expansiva; cuidar distancia de seguridad y protección, ventilación inmediata, protectores de oídos, etc.).
- Arranque con excavadora (prever atropellos y arrastres; delimitar zonas de trabajo de riesgo).
- Arranque con rozadora (prever atropellos y arrastres, desprendimientos de roca; delimitar zonas de trabajo de riesgo; instalar interruptores visibles para parada de emergencia).
- Máquinas integrales (prever caídas, desprendimientos de roca, entibaciones provisionales, equipo personal de seguridad, etc.).

IV.7.4. Carga, transporte, vertido y acopio

Las máquinas utilizadas en la carga de escombros en el frente irán dotadas de dispositivos acústicos y luminosos que permitan identificar sus movimientos durante el trabajo.

En la zona de trabajo solamente permanecerá el personal imprescindible para la ejecución de los trabajos y siempre fuera del alcance de las máquinas.

Los medios de transporte se cargarán correctamente y nunca con exceso, evitando la caída de escombros durante el transporte.

Los vehículos de transporte se visualizarán fácilmente mediante dispositivos acústicos y luminosos.

Se evitará la circulación inmediatamente por detrás de los vehículos cargados y se tomarán precauciones durante el cruce.

En el caso de transporte por cinta se prevenirán los posibles aplastamientos por el escombros, los atrapamientos por la máquina sin protección; se protegerán las máquinas; se dispondrán interruptores de emergencia.

En los pozos se prevenirán las caídas por el cazo o almeja, las caídas de material; las áreas de carga estarán protegidas durante la carga; estarán controlados los movimientos de la almeja, etc.

Durante la elevación en pozos se cuidarán las oscilaciones o caídas de la carga y se dispondrán áreas protegidas de las caídas.

Los vertederos estarán bien explotados y organizados y debidamente iluminados en caso de trabajo nocturno.

Se cuidará el tratamiento ambiental de los vertederos y escombreras de acuerdo con lo definido en el estudio de impacto ambiental, en el proyecto de construcción y en el plan de tratamiento medioambiental incluido en la Memoria de construcción.

IV.7.5. Sostenimiento

Teniendo en cuenta la operatividad que se espera del sostenimiento, éste podrá ser provisional o definitivo.

Se deberá controlar el comportamiento del sostenimiento, tanto visualmente, como mediante el auxilio de la auscultación, para poder actuar ante circunstancias indeseadas (pérdidas de gálibo, reducciones de la capacidad resistente, etc).

Para la colocación del sostenimiento se emplearán equipos y medios adecuados que eviten el riesgo de los operarios, especialmente en el caso de que tengan que trabajar inicialmente desprotegidos.

El manejo de los materiales se hará con maquinaria adecuada o adaptada a tal fin, evitando la utilización de equipos específicos para otros trabajos. Si se emplean medios fijos tales como andamios, se tomarán precauciones frente a posibles desprendimientos.

Salvo justificación en contrario se emplearán brazos o equipos mecánicos para gunitar, con el objeto de reducir los riesgos y mejorar la calidad de obra terminada. Los andamios para trabajos en altura deberán ser amplios y estar provistos, al menos, de barandilla y rodapié.

En el proceso de ejecución del sostenimiento se tendrán en cuenta, entre otras, las precauciones siguientes desde el punto de vista de la seguridad:

- En el saneo mecánico: los desprendimientos de rocas; las caídas, etc.
- En el saneo manual: los desprendimientos de roca, las caídas; se procurará trabajar desde zonas protegidas, usar plataformas de trabajo y definir las zonas de trabajo de riesgo.

- En el uso de mallazos: las caídas; las heridas por bordes cortantes; se utilizarán plataformas de trabajo; guantes; se definirán las zonas de trabajo de riesgo.
- En el uso de cerchas metálicas: los golpes fuertes; caídas; se emplearán plataformas de trabajo, etc.
- En el uso de bulones de anclaje: las caídas; se emplearán plataformas de trabajo.

En la aplicación de hormigones proyectados se tendrán en cuenta:

- En general (caídas; polvo; material de rebote; empleo de plataformas de trabajo; iluminación adecuada; empleo de robots de proyección; uso obligado de máscaras de protección).
- Robots de proyección (caídas o aplastamiento; material de rebotes; zonas de trabajo de riesgo; máscara de protección).
- Proyección manual (daños en la piel, ojos y sistema respiratorio; silicosis; equipo a prueba de polvo; aditivos en forma líquida; gafas y máscaras protectoras; guantes y traje adecuado).

En el uso de gunitadoras se tendrán en cuenta:

- Mantenimiento (arranque accidental de la máquina; desconexión de la alimentación de la máquina, tanto eléctrica como neumática).
- Supresión de atascos en las tuberías (golpes de las mangueras o proyección de material; zonas de proyección de riesgo; contacto visual del operador).

IV.7.6. Revestimiento

El movimiento de encofrados metálicos para revestimientos de hormigón debe ser lento y seguro, para evitar atrapamientos por los grandes pesos y volúmenes.

Los encofrados deben disponer de barandillas que permitan el acceso fácil y seguro a los distintos puntos de la sección.

La elevación del hormigón por los hastiales del encofrado deberá ser homogénea (llenado simultáneo por ambos lados); las ventanas deberán estar suficientemente próximas y adecuadamente distribuidas, de forma que permitan seguir la elevación del hormigón.

Asimismo, se deberá controlar la aparición de fisuras en los módulos del revestimiento, evaluando su importancia y actuando en consecuencia. A tales efectos se fijará previamente la fisuración máxima admisible.

Deberá tenerse en cuenta que el desencofrado prematuro de los módulos puede llegar a producir el desprendimiento de las bóvedas. Por tal circunstancia deberá determinarse, previamente, el tiempo mínimo de espera para desencofrar cada unidad hormigonada, en función de su importancia estructural y de las características del hormigón utilizado.

IV.7.7. Construcción con máquinas integrales

La máquina y equipos deben disponer de elementos adecuadamente dispuestos que permitan el acceso seguro a las diferentes partes de la máquina, tanto cuando está operando como para su conservación.

Las partes móviles de la máquina deberán estar protegidas para evitar atrapamientos cuando estén operando.

Se avisará mediante sistemas acústicos y/o luminosos la puesta en marcha de elementos móviles de la máquina, disponiendo de tiempo suficiente para que los operarios puedan protegerse del riesgo que estos elementos móviles pueden producir.

Debe vigilarse el comportamiento del terreno y definir y colocar la entibación adecuada en las máquinas integrales para evitar desprendimientos de bóveda y hastiales, tanto al quedar libre el terreno por el paso de la coza o espadines, como a lo largo del túnel excavado.

Los operarios no implicados directamente en la actividad de colocación del sostenimiento provisional o revestimiento con dovelas, deben permanecer fuera del alcance de los elementos o sistemas de colocación para evitar golpes.

Las zonas de trabajo deben estar iluminadas.

La ventilación debe ser suficiente para mantener un ambiente adecuado de trabajo en el frente, especialmente en pequeñas secciones, donde la temperatura es elevada.

Los elementos de protección personal son especialmente obligatorios para evitar efectos de golpes, cortes o atrapamientos.

En la colocación de dovelas prefabricadas se evitarán los golpes fuertes y los aplastamientos.

IV.8. Prevención de riesgos laborales .

Las especificaciones de este apartado se entenderán sin perjuicio de lo dispuesto en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Debe establecerse una buena organización, limpieza y orden en los tajos, para eliminar riesgos.

Los tajos deben estar bien iluminados y señalizados, especialmente cuando los trabajos sean peligrosos o sea frecuente el paso de maquinaria. El régimen interno de cada obra fijará las zonas y medidas a aplicar en cada caso.

Se deben emplear equipos (máquinas y medios) insonorizados, de forma que se mantenga el nivel de ruido admisible, tanto en interior como exterior de los túneles, muy especialmente en zonas urbanas o trabajos nocturnos. Se debe realizar una comprobación periódica.

Es conveniente la selección y formación del personal que permita dotarles de carné de especialista después de un examen realizado por un organismo oficial u oficialmente acreditado.

Se establecerá una comunicación del frente de trabajo o tajos especialmente peligrosos con algún centro situado en el exterior que permita la actuación inmediata frente a accidentes. Se dispondrá de equipos de comunicación normal y de emergencia.

Se debe preparar y actualizar periódicamente un plan de actuación frente a situaciones de emergencia producidas por accidentes: definiendo la persona responsable, los equipos de salvamento, las normas de primeros auxilios, el teléfono de centro de asistencia, etc.

Se adoptarán, además, las siguientes medidas:

IV.8.1. *Accesos y transporte (exterior e interior de la obra subterránea)*

- Conservación de caminos de acceso a las bocas.
- Señalización de tráfico interior: semáforos, indicadores, etc.
- Diferenciación entre zonas de circulación de máquinas y personal si la sección lo permite.
- Utilización de pasillos peatonales señalizados sobre la propia soleira o con pasarelas montadas expresamente sobre el nivel del suelo con sus respectivas barandillas.

- Disposición de refugios señalizados en túneles de pequeña sección.
- Utilización de ropas o distintivos luminosos que permitan identificar a los peatones.
- El Plan de seguridad y salud en el trabajo debe definir las disposiciones particulares para circulación de personas y máquinas.

IV.8.2. Transporte de personal

- En el transporte sobre neumáticos: prevención de arrollamiento por vehículos en movimiento; camino especial para personal; nichos de refugio; ropas visibles y reflectantes; sistema adecuado de señales, etc.
- En el transporte sobre vía: prevención de arrollamiento por vehículos en movimiento; pasarelas de peatones; locomotoras en cabeza con luces frontales y claxon; vagones de transporte de personal; doble vía, si es posible, etc.
- En el transporte por pozos: caídas de objetos o materiales; caídas de cestas; escaleras protegidas con plataformas intermedias; cables antigiratorios; guías fijas para las cestas; elevador de cangilones u otros, etc.

TITULO V CRITERIOS BÁSICOS PARA LAS INSTALACIONES DEFINITIVAS Y LA EXPLOTACIÓN

V.1. Consideraciones generales

La explotación de un túnel de carretera exige la implantación de una serie de instalaciones que aseguren el adecuado nivel de servicio y seguridad, tanto en régimen normal como en circunstancias excepcionales (accidentes, incendio...).

Para asegurar un buen servicio será preciso considerar las circunstancias específicas de este tipo de obras:

- Espacio limitado a la sección transversal.
- Mayor incidencia que a cielo abierto, de cualquier accidente, incendio o avería.
- Efectos psicológicos que pueden derivarse sobre el conductor: claustrofobia, adormecimiento, etc.
- Reacciones mal conocidas del usuario en caso de incidencias graves.
- Cambio de condiciones ambientales y físicas a las entradas y salidas del túnel (sección, luz, efecto pared, aire...).

El proyectista deberá tener en cuenta dichas circunstancias desde el inicio de los estudios previos, con objeto de proceder a su mejor resolución a lo largo de las distintas etapas del proyecto.

En un túnel ferroviario los efectos psicológicos sobre el conductor quedan eliminados y los cambios de condiciones ambientales y físicas a la entrada y salida del túnel afectan mínimamente a la seguridad. En contraposición el efecto pistón y un anormal calentamiento de las estructuras pueden alterar el nivel de seguridad y confort del pasajero.

V.2. Túneles de carretera

La explotación de un túnel de carretera exige unos niveles de operatividad o servicio y de seguridad para el usuario del mismo rango, al menos, que el existente para el resto del trazado.

Al discurrir el tráfico por un espacio cerrado y de reducidas dimensiones, con el riesgo que ello lleva implícito para el conductor (o eventualmente el peatón), se hace necesario habilitar el túnel con una serie de instalaciones fijas que permitan reducir el riesgo de accidente o incendio, a niveles aceptables o aceptados por la sociedad.

Este riesgo por otro lado debe ser equivalente para cualquier túnel, independientemente de su tráfico, dimensiones o trazado.

Las siguientes especificaciones tienen por objeto fijar las condiciones mínimas que deben tener las instalaciones fijas de un túnel de carretera para que el nivel de seguridad y riesgo que se va a asumir esté en consonancia con los criterios adoptados para el resto del trazado.

V.2.1. Sistemas de explotación. Criterios de clasificación

Existen diversos sistemas de explotación que dependen, fundamentalmente, de los siguientes factores:

- Tráfico (frecuencia y tipo).
- Longitud.
- Trazado.
- Sección tipo (uni o bidireccional).
- Ubicación (urbano, semiurbano, bajo agua...).
- Condiciones medioambientales.
- Revestimiento.
- Tipo de propiedad (concesión administrativa, Administración).
- Condiciones legales.

El análisis e integración de todos estos parámetros en el proyecto proporcionará el tipo o sistema de explotación.

Estos sistemas se pueden clasificar en tres niveles:

- Nivel III: túneles cortos o de poco tráfico que no requieren de ningún tipo de instalación específica.
- Nivel II: túneles que van a exigir un cierto tipo de instalaciones y de vigilancia particular con respecto al resto del trazado donde están inscritos (túneles de montaña de mediana longitud).
- Nivel I: túneles en los que por sus especiales condiciones, se va a necesitar una organización específica permanente para el control y vigilancia de sus instalaciones (túneles de autopista, urbanos, etc.). Estos túneles dispondrán de una sala de control donde se recogerá y tratará toda la información proveniente de las diversas instalaciones del túnel.

Para los túneles de nivel I y II será preceptiva la redacción de un Manual de Explotación.

V.2.2. Instalaciones fijas

El proyecto de las instalaciones de un túnel se puede descomponer en los siguientes apartados:

1. Suministro de energía.
2. Sistemas de control.
3. Ventilación.
4. Alumbrado.
5. Salidas de emergencia. Refugios.
6. Incendios. Detección. Sistemas de extinción.
7. Control de tráfico y circulación.
8. Comunicaciones.
9. Señalización y balizamiento.
10. Obra civil.
11. Manual de Explotación.

V.2.2.1. Suministro de energía

El suministro de energía para el funcionamiento de las instalaciones deberá ser adecuado a su nivel.

En túneles de nivel I habrá que prever el doble abastecimiento y la instalación de generadores de emergencia, así como un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) que cubra el servicio hasta el funcionamiento de los generadores.

V.2.2.2. Sistema de control

Los túneles de nivel I dispondrán de un centro de control que recogerá toda la información procedente de las instalaciones fijas. Deberá preverse un sistema que garantice las funciones vitales de ventilación, extinción de incendios y energía de emergencia en el caso de que fallara el sistema de control.

El sistema de control deberá ser permanente con mando automático y/o manual, según los casos.

V.2.2.3. Ventilación

El estudio de la ventilación en un túnel de carretera tendrá como fin reducir a límites aceptables la concentración de gases tóxicos y humos expulsados por los vehículos que circulen por el interior del túnel, teniendo en cuenta los parámetros de óxidos de carbono y los humos provenientes de los motores diesel que afectan a la visibilidad dentro del túnel.

La cantidad y composición de estos gases y humos varían sensiblemente en función de diversos parámetros, que habrá que tener en cuenta en el momento de diseñar el túnel. Entre otros:

- Pendiente (en el túnel y en los accesos).
- Altura o nivel sobre el mar.
- Composición del tráfico.
- Fluidez del tráfico.

Serán las condiciones del túnel y del tráfico a soportar las que determinen el sistema de ventilación artificial más adecuado para cada caso, siendo conveniente que se le dote del correspondiente sistema de automatismo.

Otros criterios para la elección del sistema van a ser el entorno y/o afectación del medio ambiente y el coste, de instalación y explotación, del sistema.

La necesidad de ventilación de un túnel a partir de una determinada longitud quedará fijada de acuerdo con el cuadro adjunto.

MODO	TRÁFICO	LONGITUD metros
Unidireccional	alto	> 300
	medio	> 500
	bajo	> 1.000
Bidireccional	alto	> 100
	medio	> 200
	bajo	> 300

En túneles ferroviarios con elevado tráfico de viajeros (por ejemplo en líneas de cercanías), se deberá justificar la necesidad o no de instalación de ventilación, siendo conveniente, en su caso, que vaya dotada de un sistema de automatismo arranque-parada.

El estudio de la ventilación del túnel tendrá en cuenta la posibilidad de actuación en caso de incendios en el interior.

V.2.2.4. Alumbrado

El alumbrado de un túnel se justifica fundamentalmente por razones de seguridad. El conductor debe verse mínimamente afectado al pasar de un espacio abierto, iluminado (aire libre) a otro oscuro (túnel) y viceversa.

Estos cambios bruscos de luminosidad afectan negativamente a la retina del ojo y deben ser evitados o al menos reducidos a límites tolerables. La transición debe ser gradual, para lo que se fijan habitualmente unas zonas de transición a las entradas y salidas del túnel de diferente graduación lumínica, con objeto de conseguir una mejor adaptación del ojo del conductor.

El proyecto debe fijar los niveles mínimos de iluminación en la parte central del túnel y en las zonas de transición.

El siguiente Cuadro recoge la necesidad de alumbrado de un túnel en determinadas condiciones de tráfico (unidireccional o bidireccional) intensidad (alto, medio y bajo) y longitud que se tendrá en cuenta salvo justificación razonada.

MODO	TRÁFICO	LONGITUD metros
Unidireccional	alto	> 100
	medio	> 500
	bajo	no
Bidireccional	alto	> 50
	medio	> 200
	bajo	> 1.000

V.2.2.5. Salidas de emergencia. Refugios

Un túnel carretero a partir de los 2.000 metros debe disponer de salidas de emergencia para utilizar en caso de accidente grave, incendio o vertido de materias peligrosas.

En túneles de montaña esta salida será la propia galería de servicios que en muchas ocasiones ha sido necesario construir con el túnel por razones de reconocimiento del terreno, constructivas y/o de ayuda a la explotación.

En túneles urbanos con baja cobertura, se estudiará la conveniencia de habilitar pozos de servicio, distanciados convenientemente y con salida directa a la vía pública.

Una alternativa a la galería de servicios podrá ser la habilitación de refugios adosados a los hastiales del túnel, con suficiente capacidad y dotados de los medios de supervivencia necesarios (agua, aire, luz, telecomunicación...).

En el diseño de las salidas de emergencia habrá que tener en cuenta muy especialmente los efectos psicológicos que se derivan en la persona por el hecho de haber sufrido un accidente o ser víctima de un incendio en el interior de un túnel. Los esquemas de señalización y comunicación deberán ser muy claros y su aparellaje suficientemente resistente al choque o fuego.

V.2.2.6. Incendio. Detección y extinción

El túnel deberá estar equipado con los sistemas de detección y extinción de incendios que mejor se adapten a sus características.

El proyecto deberá recoger esta eventualidad y analizarla con todo detalle para incorporar en el diseño de las instalaciones, especialmente en el de la ventilación, los medios necesarios para evitar o al menos reducir al máximo los efectos que pueda producir el incendio.

El Manual de Explotación recogerá de forma pormenorizada las sucesivas actuaciones que será necesario acometer en el caso de incendio y las medidas permanentes de mantenimiento y conservación para que el sistema en su conjunto (ventiladores, detectores de fuego, tuberías, sistemas de comunicación, etc.) esté siempre en condiciones de servicio.

V.2.2.7. *Control del tráfico y circulación*

Los túneles en los que, por razones de su longitud, intensidad de tráfico o alguna otra razón que lo justifique, fuera necesario conocer en cada instante el tráfico que circula por su interior y en sus accesos, habrán de equiparse adecuadamente para este fin, estudiándose y eligiéndose los diversos tipos de equipamiento que aislados o combinados pueden servir a estos efectos:

- Circuito cerrado de televisión (C.C.T.V.) conectado al centro de control.
- Equipos de señalización (semáforos, barreras, paneles alfanuméricos, etc. accionables a control remoto) para regular el tráfico en caso de accidente, y equipamientos fijos para evitar la entrada de vehículos no deseados en razón de su gálibo, tipo de carga, etc.
- Sistemas para la ordenación del tráfico después de un accidente o incendio, en coordinación con los planes de emergencia.

Otros aspectos a tener en cuenta a la hora de controlar y regular la circulación dentro del túnel son:

- Aforadores de tráfico, por bucle magnético.
- Nichos o refugios para la protección de peatones o personal de mantenimiento.
- Anchurones dentro del túnel para paradas de vehículos, zona de maniobras...
- Galerías transversales conectando los túneles, en caso de separación de tráfico.

V.2.2.8. *Comunicaciones*

Tanto en régimen normal como en el caso de accidente o incidente grave es importante disponer de un sistema de comunicación entre el usuario del túnel y el centro de control, entre éste último y el titular de la obra, y de éste con los servicios exteriores (bomberos, policía de tráfico...).

Existen diversos sistemas:

- Radiotransmisión y recepción.
- Altavoces.
- Intercomunicación.
- Teléfono (línea directa).

Habrá que incluir en el proyecto los más adecuados para cada caso, incorporando su utilización, manejo y conservación al Manual de Explotación.

V.2.2.9. *Señalización y balizamiento*

Aparte de la señalización específica en caso de incidencias, ya definida en el apartado V.2.2.7., el túnel deberá disponer de una señalización en su interior y en los accesos, que informe adecuadamente y en cada momento al usuario que circula por el túnel, de los aspectos que éste debe conocer para garantizar la máxima seguridad en la circulación.

Asimismo y según los casos, se dispondrá de sistemas de balizamiento, fijos o móviles, para regular la circulación, cuando las condiciones del tráfico lo requiriesen.

Todas estas instalaciones deberán justificarse en el proyecto y su funcionamiento vendrá recogido en el Manual de Explotación.

V.2.2.10. *Obra civil y auscultación*

– Estructuras de hormigón:

El fuego, en caso de incendio, y el agua de infiltración son los dos agentes que más pueden afectar a la durabilidad de una obra subterránea de hormigón (revestimiento, falsos techos...). El proyecto deberá analizar estos aspectos y prever en su caso las medidas protectoras más adecuadas. En fase de explotación se procederá a inspecciones permanentes para actuar preventivamente en caso de necesidad.

– Revestimiento de hormigón proyectado:

Si el túnel no dispone de un revestimiento rígido, deberán instalarse secciones de auscultación permanente en algunas zonas del túnel. En este caso, el Manual de Explotación definirá el tipo y frecuencia de las medidas a realizar.

– Hastiales y pavimentos:

Su conservación y mantenimiento se regirá de acuerdo con los criterios generales aplicables a este tipo de obra. El Manual de Explotación recogerá la frecuencia de lavado y limpieza de estas unidades de obra especialmente en aquellos casos en que su grado de luminosidad afecte a la visibilidad dentro del túnel.

V.2.3. *Manual de Explotación*

Los túneles que por razón de su importancia (Niveles I y II) van a disponer de una serie de instalaciones fijas para su buen funcionamiento y máxima garantía de seguridad, deberán disponer de unos equipos y medios para su correcta explotación. La estructura de estos medios debe ser analizada y valorada en la fase de proyecto y su coste debe integrarse en el presupuesto general de la obra.

Las funciones principales son:

- Control de la circulación.
- Mantenimiento de las instalaciones y de la obra civil.
- Actuación en caso de emergencia.

Parte de estas tareas son permanentes (control de la circulación y mantenimiento de las instalaciones fijas). El resto serán periódicas o puntuales.

Tanto unas como otras se regirán por el Manual de Explotación, cuyos términos de referencia estarán recogidos en el proyecto y serán los que sirvan de base para el diseño de la estructura organizativa: personal, locales y medios materiales con su correspondiente valoración a lo largo del tiempo.

El Manual de Explotación contemplará las limitaciones a imponer, en su caso, al tráfico de mercancías peligrosas en general, sin perjuicio de lo establecido en la legislación vigente sobre la materia.

V.3. *Túneles ferroviarios*

La explotación de un túnel ferroviario para uso civil exige unos niveles de servicio y de seguridad para el usuario del mismo rango al menos de los que existen en el resto del trazado.

Al discurrir el tráfico por un espacio cerrado y de reducidas dimensiones con el riesgo que ello lleva implícito para los pasajeros, conductor y eventualmente el peatón, se hace necesario habilitar el túnel con una serie de instalaciones fijas que permitan reducir el riesgo de accidentes o incendios a niveles aceptables.

Las siguientes especificaciones tienen por objeto fijar las condiciones mínimas que deben tener las instalaciones fijas de un túnel ferroviario para que el nivel de seguridad y riesgo que se va a asumir esté en consonancia con los criterios adoptados en el resto del trazado.

V.3.1. Sistemas de explotación. Criterios de selección

Existen diversos sistemas de explotación que dependen, entre otros, de los siguientes factores: tipo y frecuencia del tráfico, características geométricas del túnel, sección tipo (uni o bidireccional), condiciones medioambientales y tipo de administración.

El análisis e integración de todos estos parámetros en el proyecto, conducirá al tipo o sistema de explotación.

Estos sistemas se clasifican en tres niveles:

- Nivel III: túneles cortos o de poco tráfico, que no requieren de ningún tipo de instalación específica.
- Nivel II: túneles que van a exigir un cierto tipo de instalaciones y de vigilancia particular con respecto al resto del trazado donde están inscritos.
- Nivel I: túneles en los que por sus especiales condiciones van a necesitar una organización específica permanente para el control y vigilancia de sus instalaciones. Estos túneles dispondrán de una sala de control donde se recogerá y explotará toda la información proveniente de las diversas instalaciones del túnel.

Los túneles de los niveles I y II deberán tener el correspondiente Manual de Explotación.

V.3.2. Instalaciones fijas

El proyecto de las instalaciones de un túnel ferroviario debe abarcar los siguientes conceptos:

1. Suministro de energía.
2. Sistema de control.
3. Ventilación.
4. Alumbrado.
5. Salidas de emergencia.
6. Incendio. Detección y extinción.
7. Efecto pistón y calentamiento.
8. Equipamientos: vía, señalización, comunicaciones, tracción eléctrica, puesta a tierra, drenaje.
9. Seguridad. Medidas preventivas.
10. Manual de Explotación.

V.3.2.1. Suministro de energía

El suministro de energía para el funcionamiento de las instalaciones debe garantizar su fiabilidad. Se estudiará la conveniencia de recurrir a un doble abastecimiento en el túnel de Nivel I y a un sistema de emergencia a través de generadores.

V.3.2.2. *Sistema de control*

En los túneles de nivel I con sala de control, se habilitará un sistema especial que permita garantizar las funciones vitales que deben seguir actuando aunque falle el sistema básico. Estas funciones son:

- Ventilación
- Extinción de incendios
- Energía de emergencia

V.3.2.3. *Ventilación*

La ventilación de un túnel ferroviario tiene como objetivos básicos:

- a) Mantener la atmósfera del túnel en las adecuadas condiciones de temperatura e higrometría para los pasajeros del tren y para el personal de explotación.
- b) Evacuar los humos procedentes de un incendio en el menor tiempo posible.

En el proyecto se estudiará la necesidad del sistema de ventilación según sea la longitud del túnel y las condiciones del tráfico ferroviario.

En su caso, el proyecto incluirá asimismo los medidores de estos parámetros y el sistema de transmisión de información.

V.3.2.4. *Alumbrado*

Cuando la importancia del túnel lo requiera, se diseñará un sistema de alumbrado, con una disposición de puntos luz que garantice:

- Un nivel mínimo de iluminación.
- Un adecuado grado de uniformidad tanto longitudinal como transversal.

El Manual de Explotación recogerá su conservación y mantenimiento. Sólo en túneles de Nivel I, se proyectará un sistema de alumbrado de emergencia, servido por baterías independientes.

V.3.2.5. *Salidas de emergencia y refugios*

Un túnel ferroviario, de Nivel I, deberá disponer de salidas de emergencia para utilizar por los usuarios en caso de accidentes graves o incendio.

En túneles de montaña o subacuáticos, esta salida será la propia galería de servicio que en muchas ocasiones ha sido preciso construir con el túnel por razones de reconocimiento del terreno, constructivas y/o ayuda a la explotación.

Una alternativa a la galería de servicios será la habilitación de refugios adosados a los hastiales del túnel, con suficiente capacidad y dotados de los medios de supervivencia necesarios (agua, aire, luz, telecomunicación...).

En túneles urbanos o de baja cobertura deberán habilitarse pozos de servicio distanciados convenientemente y con salida directa al aire libre.

En cualquiera de los casos, en el diseño de estas salidas de emergencia, habrá que tener muy en cuenta las reacciones un tanto imprevisibles de las personas que acaban de sufrir el accidente por lo que los sistemas de señalización y comunicación deben ser muy claros e inmunes al fuego o el impacto.

V.3.2.6. *Incendio*

El túnel deberá estar equipado con los sistemas de detección y extinción que mejor se adapten a sus características.

El proyecto deberá recoger esta eventualidad y analizarla con todo detalle para incorporar en el proyecto de las instalaciones, especialmente en el de ventilación, los medios necesarios para evitar o al menos reducir al máximo los efectos que pueda producir el incendio (p.e.: incombustibilidad de los materiales).

El Manual de Explotación recogerá de forma pormenorizada las sucesivas actuaciones que será necesario acometer en caso de incendio y las medidas permanentes de mantenimiento y conservación para que el sistema en su conjunto (ventilación, detectores de fuego, sistemas de comunicación, etc.) esté siempre en condiciones de servicio.

V.3.2.7. *Calentamiento*

La mayor parte de la energía de tracción de los trenes que circulan por el túnel se disipa en forma de calor. Habrá que calcular los niveles máximos de temperatura en cada caso, para determinar si se hace necesario el diseño e instalación de algún sistema de enfriamiento artificial en el túnel.

V.3.2.8. *Equipamientos*

Dentro de este apartado se incluyen entre otros los siguientes equipamientos:

- Vía
- Señalización y balizamiento
- Telecomunicaciones
- Instalación de tracción eléctrica
- Telemandos y telecontroles
- Drenaje
- Puesta a tierra
- Conductos de recogida de vertidos tóxicos o inflamables.

Todos estos conceptos serán objeto de estudio y se incluirán en el proyecto de instalaciones en un nivel proporcional al de la categoría del túnel.

El Manual de Explotación recogerá el uso, conservación y mantenimiento de cada uno de estos equipamientos del túnel.

V.3.2.9. *Seguridad. Medidas preventivas*

Para asegurar la máxima seguridad de los viajeros en caso de incidencia grave (accidente, incendio...) hay que actuar desde el proyecto, incluyendo en dicho concepto aspectos propios de la explotación como pueden ser el tipo de material rodante, la composición y frecuencia de los trenes, el distanciamiento entre ellos y otra serie de aspectos relacionados directamente con la explotación.

El sistema operativo durante la explotación deberá estar reflejado en el correspondiente documento del proyecto e incorporado en su momento al Manual de Explotación.

V.3.2.10. *Obra civil*

Será de aplicación el contenido del apartado V.2.2.10 relativo a túneles de carretera.

V.3.2.11. *Manual de Explotación.*

Los túneles que por razón de su importancia (Niveles I y II) van a disponer de una serie de instalaciones fijas para su buen funcionamiento y má-

xima garantía de seguridad, deberán contar con equipos y medios para su correcta explotación. La estructura y composición de estos medios debe ser analizada y valorada en fase de proyecto y su coste debe integrarse en el presupuesto general de la obra.

Las funciones principales son:

- Control del tráfico ferroviario
- Mantenimiento de las instalaciones y de la obra civil
- Actuación en caso de accidente ferroviario

Parte de estas tareas son permanentes: control de tráfico y mantenimiento de las instalaciones. El resto serán periódicas o puntuales.

Tanto unas como otras se regirán por el Manual de Explotación, cuyos términos de referencia estarán recogidos en el proyecto y servirán para el diseño de la estructura organizativa: personal, locales y medios materiales con su correspondiente valoración a lo largo del tiempo.



MINISTERIO
DE FOMENTO

CENTRO
DE PUBLICACIONES



9 788449 804618

P.V.P.: 600 ptas.
3,61 €
(I.V.A. incluido)