

## Ensayo de resistencia a compresión de probetas de suelo-cemento

NLT-305/63

### 1. OBJETO

- 1.1. Este ensayo tiene por objeto determinar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas, moldeadas y compactadas, de suelo-cemento.
- 1.2. Para este ensayo se siguen tres métodos, y el uso de uno u otro depende de la granulometría del suelo.

*Método A.*—Seguido para los suelos que pasando por el tamiz de  $2\frac{1}{2}$  pulgadas tienen un mínimo de un 80 % que pasa por el tamiz número 8 A. S. T. M.

*Método B.*—Seguido para los suelos que pasando por el tamiz de  $2\frac{1}{2}$  pulgadas tienen un mínimo de un 80 % que pasa por el tamiz de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

*Método C.*—Seguido para suelos que pasando por el tamiz de  $2\frac{1}{2}$  pulgadas tienen un mínimo de un 80 % que pasa por el tamiz de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas.

### 2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

- 2.1. Una prensa de 5.000 kg. de capacidad, equipada por dos piezas de acero entre las que se pone la probeta y sobre las que se aplican las cargas. Una, fija a la prensa sobre la que descansa la probeta, y otra, provista de rótula, que se pone sobre la cara superior de la probeta. Ambas superficies rígidas de acero deben ser sólo ligeramente mayores que las superficies de la probeta sobre las cuales actúan; el diámetro de la esfera de acero que forma la rótula no excederá del diámetro de la probeta, y el centro de la rótula deberá coincidir con el centro de la superficie de carga.

La prensa estará provista, asimismo, de un mecanismo que permita regular su velocidad de desplazamiento, a la del ensayo, es decir, a una velocidad de un milímetro por minuto (0.05 pulgadas por minuto).

- 2.2. Nueve moldes cilíndricos de las siguientes características:

Tres de 51 mm. de diámetro interno y 178 mm. de altura. Figura 1, para probetas de 51 mm. de diámetro y 102 mm. de altura.

Tres de 102 mm. de diámetro interno y 356 mm. de altura. Figura 2, para probetas de 102 mm. de diámetro y 204 mm. de altura.

Tres de 152 mm. de diámetro interno y 532 mm. de altura. Figura 3, para probetas de 152 mm. de diámetro y 304 mm. de altura.

Y para cada serie de moldes de las mismas medidas, un juego de pistones y un collarín (dos piezas) de las dimensiones y particularidades que también se indican en las figuras.

- 2.3. Una maza de compactación de 2,5 kg. de peso y 5 cm., aproximadamente, de diámetro, con un tubo guía que asegure la caída de la maza desde una altura de 30,5 cm.
- 2.4. Una maza de compactación de 4,536 kg. de peso y 5 cm., aproximadamente, de diámetro, con un tubo guía que asegure la caída de la maza desde una altura de 45,7 cm.
- 2.5. Cuatro tamices: de 2 1/2 pulgadas, 1 1/2 pulgadas, 3/4 de pulgada y núm. 8 A. T. S. M.
- 2.6. Un cuchillo de carnicero de hoja fuerte y bien recta.
- 2.7. Una balanza de 10 kg. de capacidad, sensible al grano, y otra de 200 gr. de capacidad, sensible a 0,01 gr.
- 2.8. Parafina y un cazo eléctrico u otro artificio para derretir la parafina.

### 3. METODO A.—PROCEDIMIENTO

#### 3.1. Preparación de la muestra.

- 3.1.1. La muestra a ensayar se desmenuza hasta que todo el material, menor que 2,38 mm., pase por el tamiz 8 A. S. T. M.
- 3.1.2. Con el material que pasa por el tamiz núm. 8 A. S. T. M., y por cuarteo, se hacen siete montones de 2 1/2 kg. cada uno, y otro de muestra suficiente para el ensayo de compresión, apartado 3.2.2.3. siguiente.

#### 3.2. Ejecución del ensayo.

- 3.2.1. Siguiendo la Norma NLT-301, obtener la densidad máxima y la humedad óptima.
- 3.2.2. Una vez determinada la densidad máxima y humedad óptima de la mezcla, se procede a la fabricación de probetas, para romperlas a compresión, siguiendo los pasos que a continuación se indican:
  - 3.2.2.1. Del suelo preparado en 3.1.2. se toma el necesario para una serie de 10 probetas de 51 mm. de diámetro y 102 mm. de altura para cada contenido de cemento.
  - 3.2.2.2. Se determina la humedad natural del suelo, en estufa, a 105-110° C.
  - 3.2.2.3. Se calcula la cantidad de suelo necesaria para que cada probeta, una vez mezclado el suelo con el cemento, tenga la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de apisonado. Cantidad que puede oscilar, aproximadamente, de 400 a 600 gr.
  - 3.2.2.4. Se mezcla el suelo con el agua, para obtener una

humedad de un 3 % por debajo de la óptima de apisonado y se deja el suelo húmedo donde no pueda perder agua durante veinticuatro horas, para permitir una distribución uniforme del agua en el suelo.

- 3.2.2.5. Se calcula la cantidad de cemento a añadir según el tanto por ciento fijado respecto al suelo seco y se mezcla bien.
- 3.2.2.6. Se agrega el 3 % de agua que faltaba para la humedad óptima y se continúa amasando.
- 3.2.2.7. La mezcla amasada se echa en un molde de las medidas y características de la figura 1 y se compacta, según los casos, con uno de los procedimientos que se describen en el capítulo 4 de esta Norma: Sistemas de compactación.
- 3.2.2.8. La probeta compactada se extraerá un poco, hasta dejar en el interior del molde la altura de 102 mm. y se enrasa (figura 5-III). Para ello se introduce el pistón de 178 mm. hasta la línea intermedia que lo circunda.
- 3.2.2.9. Cortada y enrasada la probeta, se extrae del molde con ayuda del pistón (figura 4-III y figura 5-IV).

Nota.—Las probetas de los suelos cohesivos se pueden sacar del molde inmediatamente después de apisonadas.

En los suelos arenosos, las probetas se dejan durante veinticuatro horas dentro del molde, para que se produzca algún endurecimiento antes de sacarlas.

- 3.2.3. Después de extraídas las probetas de los moldes, se pesan con la aproximación de un gramo y se procede a su curado, para lo cual se cubren de parafina, con objeto de que mantengan el tanto por ciento de humedad constante y pueda hidratarse el cemento.
- 3.2.4. Las probetas parafinadas se pesan con la aproximación de un gramo y se almacenan por un período de tiempo que depende del suelo y condiciones de la obra, aunque se deben comprobar varios períodos de tiempo y ver cómo varía la resistencia con el tiempo de curado.  
Los períodos de curado son, generalmente, de tres, siete, catorce y veintiocho días, y de todos ellos el período fijado, cuando se desea tener un resultado rápido, es el de siete días.  
La temperatura de curado debe permanecer constante a  $20 \pm 2^\circ \text{C}$ .
- 3.2.5. Transcurrido el tiempo de curado, las probetas serán nuevamente pesadas, y aquellas que hayan perdido más de un gramo durante el período de cura serán desechadas.
- 3.2.6. Después de pesadas se les quita la parafina de las caras planas y se ensayan a compresión, aplicando la carga uniformemente a la velocidad de un milímetro por minuto (0,05 pulgadas por minuto).

3.2.7. La carga máxima registrada durante el ensayo será anotada como resistencia total.

3.2.8. Ensayadas las probetas a compresión, se determina la humedad y la densidad seca de las mismas.

#### 4. SISTEMAS DE COMPACTACION

4.1. La compactación puede ser estática y dinámica.

4.1.1. La compactación estática (fig. 4) se realiza de la siguiente forma:

- a) Se prepara el molde que descansa sobre el collarín que abraza el pistón inferior y evita que éste se introduzca del todo en el molde.
- b) Se echa la mezcla amasada y se coloca el pistón superior.
- c) Se lleva el conjunto a la prensa, se quita el collarín del pistón inferior, y se realiza la compactación comprimiendo los pistones hasta su posición final, es decir, hasta introducirlos del todo en el molde, manteniéndolos bajo dicha presión durante unos segundos.

4.1.2. La compactación dinámica (fig. 5) se realiza de la siguiente forma:

- a) Se prepara el molde con el pistón inferior introducido totalmente, y se echa la mezcla poco a poco, acoplándola manualmente con una varilla.
- b) A través del pistón de 178 mm. se compacta la muestra con la maza Proctor con 15 golpes de maza sobre la cabeza del pistón; después se da la vuelta al molde y se somete la cara opuesta, de manera similar a la anterior, a otros 15 golpes de maza. Para ello, se entiende, hay que cambiar la posición de los pistones.

#### 5. CALCULOS PARA DETERMINAR EL PESO DE SUELO CEMENTO HUMEDO, NECESARIO PARA COMPACTAR UNA PROBETA CON LA DENSIDAD MAXIMA PARA ROMPER A COMPRESION

$$W_1 = (V + \frac{V}{100} H) D_s$$

donde:

- $W_1$  = Peso suelo-cemento más agua.  
 $H$  = Humedad óptima del suelo-cemento.  
 $D_s$  = Densidad seca máxima.  
 $V$  = Volumen del molde usado en el ensayo.

#### 6. RESULTADOS

6.1. Como resultados se dan los valores medios de la resistencia a compresión, densidad seca suelo-cemento y humedad de una serie de

cinco a diez probetas, indicando en los mismos el sistema de compactación empleado.

## 7. METODO B.—PROCEDIMIENTO

7.1. La técnica seguida para ensayar los suelos comprendidos en este método varía de la anterior en lo siguiente:

7.1.1. En la preparación de la muestra, apartado 3.1.1., el suelo se desmenuzará hasta que todo el material, menor de 19 milímetros, pase por el tamiz A. S. T. M. 3/4 de pulgada.

7.1.2. El número de probetas a ensayar por cada contenido de cemento, apartado 3.2.2.1., será de seis, y las dimensiones de las mismas serán de 102 mm. de diámetro y 204 mm. de altura.

7.1.3. La cantidad de mezcla necesaria para que cada probeta tenga la densidad máxima de apisonado, apartado 3.2.2.3., oscila entre 1.500 a 2.500 gr.

7.1.4. En la compactación dinámica, apartado 4.1.2., se usará la maza de 2,5 kilos llenando el molde en seis capas y dando 25 golpes por capa y escarificando cada una de ellas antes de echar la siguiente.

Los golpes se dan sobre el suelo, distribuyéndolos por la superficie y no, como en el método anterior A, sobre el pistón deslizable.

Todas las demás fases del ensayo, como la determinación de la curva humedad-densidad, cálculos, preparación de la mezcla suelo-cemento para probetas, disposición del molde y velocidad de compactación estática, curado de las probetas y rotura a compresión, se realizarán igual que para los suelos comprendidos en el método A.

## 8. METODO C.—PROCEDIMIENTO

8.1. La técnica seguida para ensayar los suelos comprendidos en este método varía de la de los anteriores en lo siguiente:

8.1.1. En la preparación de la muestra, apartado 3.1.1., el suelo se pulverizará hasta que todo el material, menor de 38 milímetros, pase por el tamiz A. S. T. M. 1 1/2 pulgadas.

8.1.2. El número de probetas a ensayar por cada contenido de cemento, apartado 3.2.2.1., será de seis, y las dimensiones de las mismas serán de 152 mm. de diámetro y 304 mm. de altura.

8.1.3. La cantidad de mezcla necesaria para que cada probeta tenga la densidad máxima de apisonado, apartado 3.2.2.3., oscila entre 7.000 y 9.000 gr.

8.1.4. En la compactación dinámica, apartado 4.1.2., se usará la maza de 4,526 kilos y cayendo de una altura de 45,7 centímetros, llenando el molde en seis capas y dando 25 golpes

por capa y escarificando cada una de ellas antes de echar la siguiente.

Los golpes se dan sobre el suelo, distribuyéndolos por la superficie y no, como en el método A, sobre un pistón deslizable.

- 8.1.5. Todas las demás fases del ensayo, como la determinación de la curva humedad-densidad, cálculos, preparación de la mezcla suelo-cemento para probetas, disposición del molde y velocidad de compactación estática, curado de las probetas y rotura a compresión, se realizarán igual que para los suelos comprendidos en los métodos A y B.

## 9. CALCULOS

- 9.1. Calcular la resistencia a compresión de la muestra dividiendo la carga máxima en kilos por el área en centímetros cuadrados de la superficie de la probeta sobre la que se ha efectuado la carga.

## 10. INFORME

El informe deberá incluir los siguientes datos:

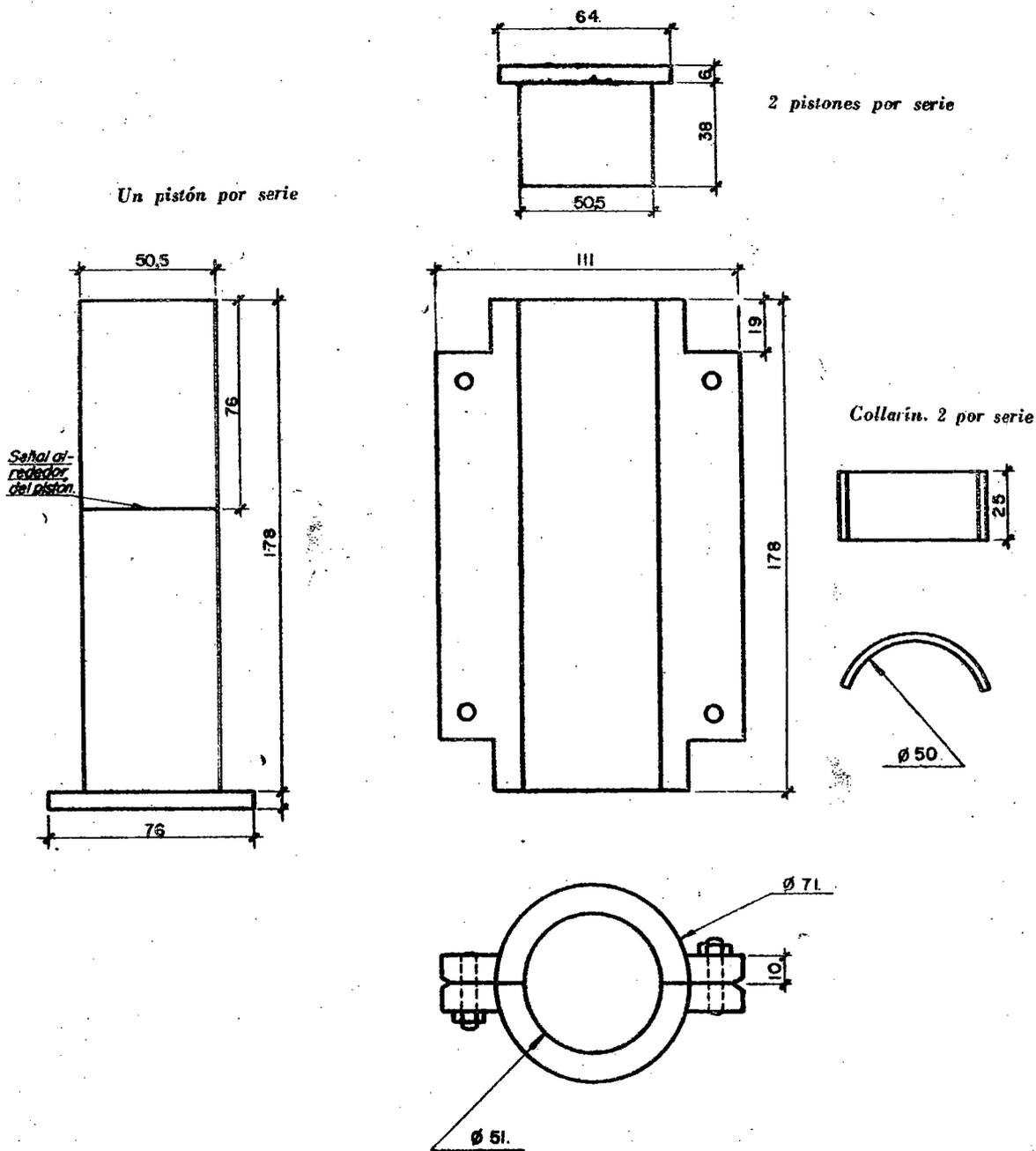
- 10.1. Número de la muestra.
- 10.2. Diámetro y altura en centímetros de la muestra.
- 10.3. Superficie de carga en centímetros cuadrados.
- 10.4. Carga máxima en kilos con una aproximación de  $\pm 5$  kilos.
- 10.5. Resistencia a compresión simple en kilos centímetros cuadrados.
- 10.6. Edad de la muestra.
- 10.7. Período inicial de curado, condiciones a las que ha estado sometida la muestra antes del ensayo y contenido de humedad en el instante de la rotura.

## 11. OBSERVACIONES

- 11.1. El tamaño de las muestras no es riguroso, pudiéndose emplear para este ensayo, según la granulometría del suelo, muestras de tamaño similar a los indicados.
- 11.2. Para romper probetas que han estado sometidas a otras condiciones tales como sumergidas, secas en estufa o en el aire, después de alternativos ciclos de humedad-sequedad y hielo-deshielo, se seguirá la técnica indicada en esta norma.

## 12. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

- A. S. T. M. Designación D. 1.633 - 59 T.  
B. S. — 1.924/1.953.

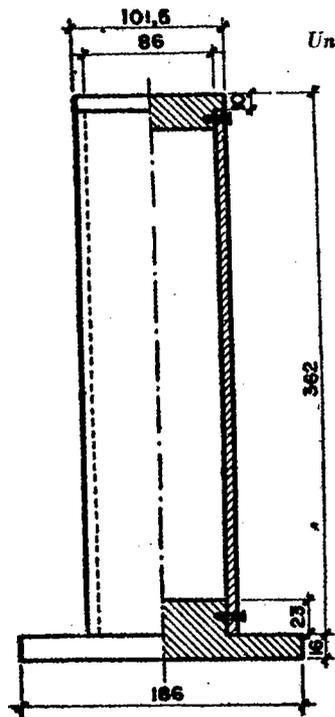
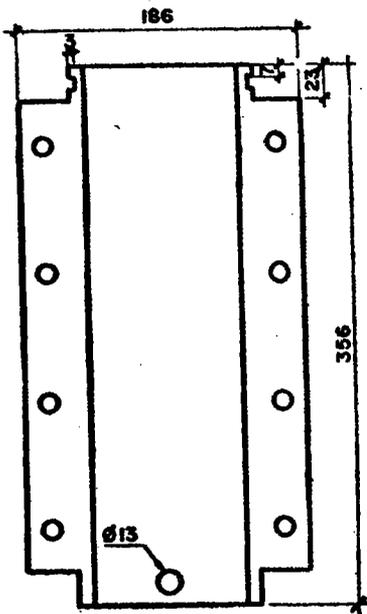
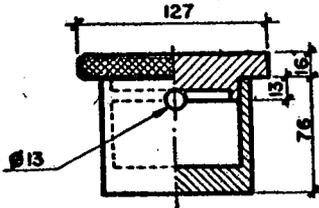


MATERIAL DE ACERO.  
DIMENSIONES EN MILIMETROS.

FIGURA-1-

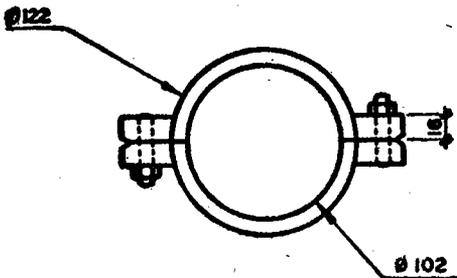
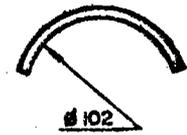
ESCALA 1/2.

Dos pistones por serie.



Un pistón por serie.

Collarin, dos por serie.

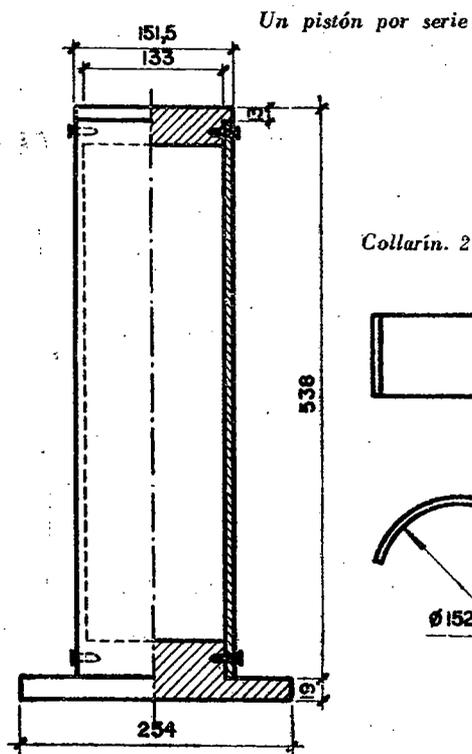
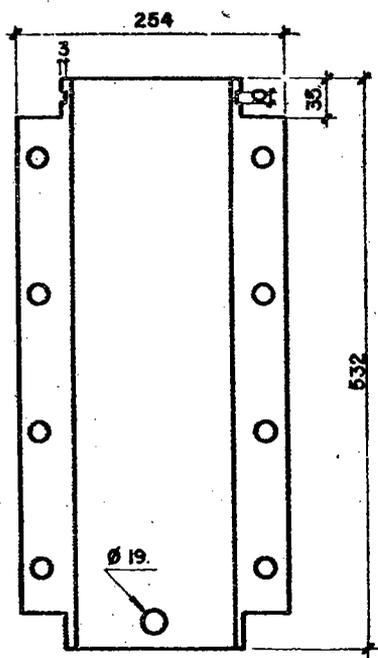
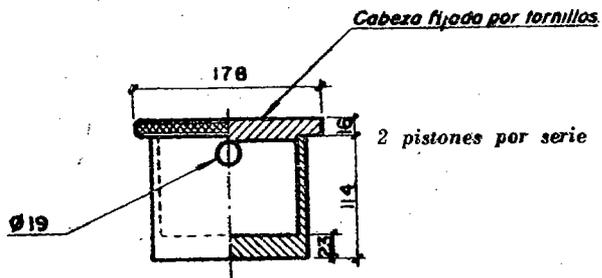


MATERIAL DE ACERO.

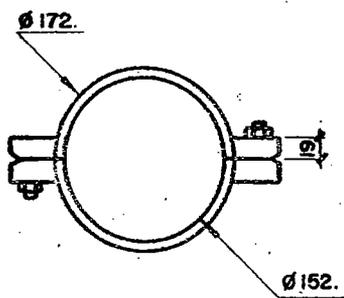
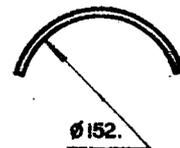
DIMENSIONES EN MILIMETROS

FIGURA-2-

ESCALA 1/4.



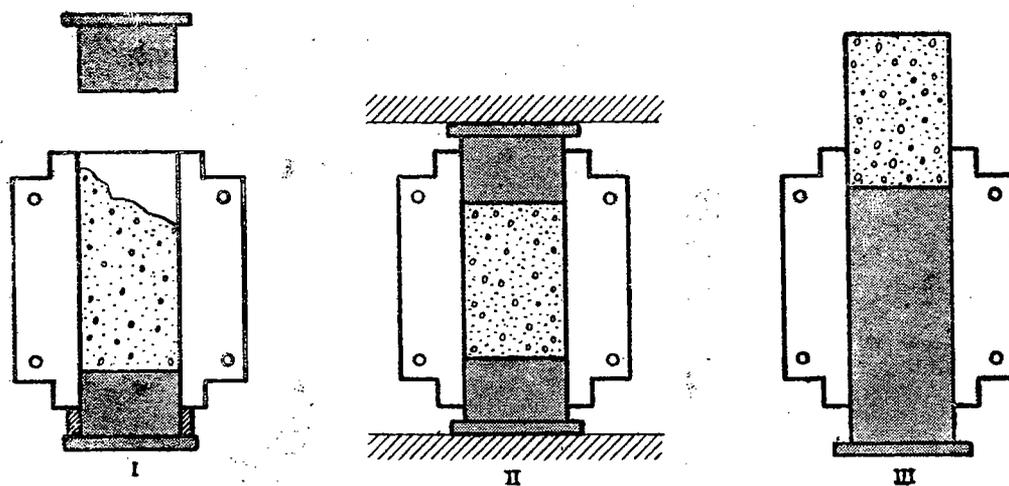
Collarín. 2 por serie



MATERIAL DE ACERO.  
DIMENSIONES EN MILIMETROS.

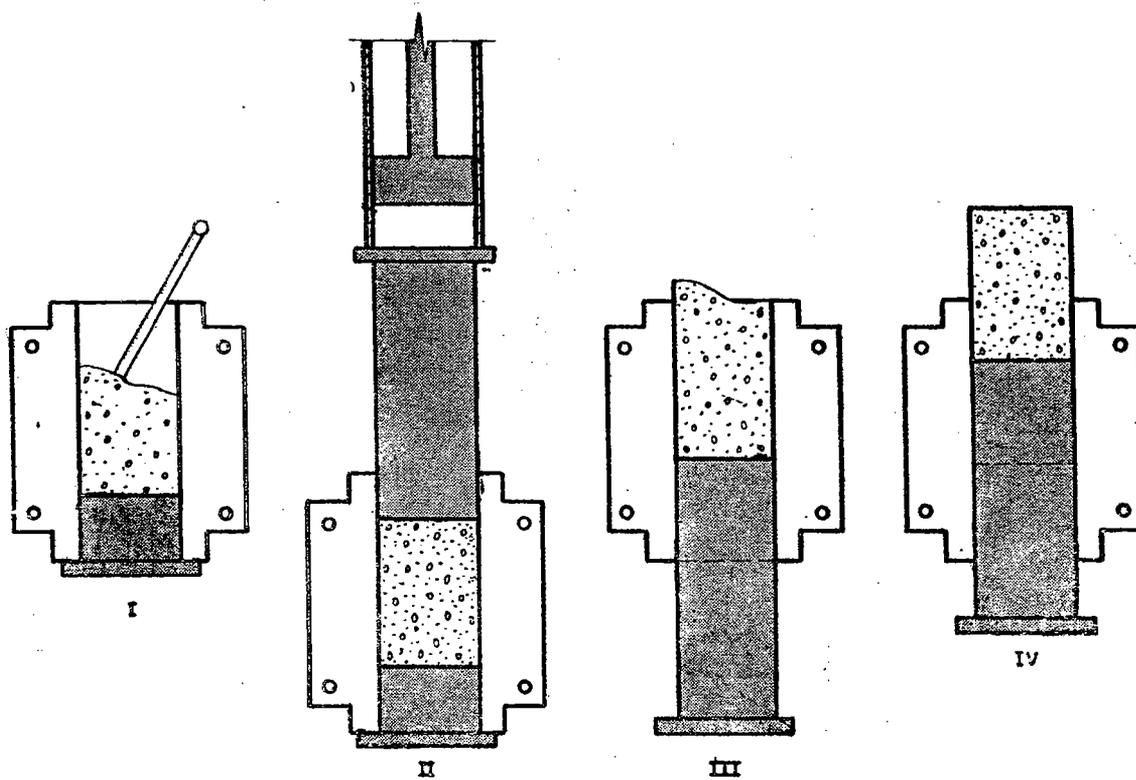
ESCALA 1/6.

FIGURA-3-



COMPACTACION ESTATICA.

FIGURA-4-



COMPACTACION DINAMICA.

FIGURA-5-