

Mecánica de suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh1852 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Cemento Cerro Blanco de Polpaico S.A, Depto.
Asistencia Técnica
Instituto Nacional de Normalización, INN
Ministerio de la Vivienda y Urbanismo,
Depto. de Normalización
Ministerio de la Vivienda y Urbanismo,
SERVIU Metropolitano
Ministerio de Obras Públicas,
Dirección de Vialidad
TECNOLAB
Universidad del Norte
Universidad Técnica del Estado,
Facultad de Ingeniería,
Depto. de Obras Civiles
Universidad Técnica del Estado,
Sede la Serena, Construcción Civil
Universidad Técnica del Estado,
Sede Temuco, Construcción Civil

Patricio Downey A.
Alfredo Cifuentes S.

Simón Cuevas C.

Lucio López V.
Pablo Gutiérrez D.
Jorge Salgado A.
Mario Quintana M.
Vicente Pérez E.

Gerardo M. Silva Ch.

J. Mario Aguilera L.

Italo Cicarelli S.

NCh1852

Esta norma concuerda con la norma de la American Society for Testing and Materials ASTM D 1883 - 73 "*Standard test method for bearing ratio of laboratory-compacted soils*".

Esta norma ha sido aprobada por el H. Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 20 de Marzo de 1981.

Esta norma ha sido declarada Oficial de la República de Chile por Decreto N° 74 de fecha 16 de Abril de 19 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, publicado en el Diario Oficial N° 30964 del 14 de Mayo de 1981.

Mecánica de suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio

1 Alcance y campo de aplicación

1.1 Esta norma establece un procedimiento para determinar la razón de soporte de los suelos compactados y ensayados en laboratorio, comparando la carga de penetración en el suelo con la correspondiente a un material normalizado.

NOTA - Este procedimiento se denomina usualmente Ensayo CBR (por California Bearing Ratio).

1.2 Esta norma se aplica a la evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, pero también es aplicable a materiales de sub-base y a algunos materiales de base.

1.3 Este ensayo es aplicable a suelos que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm (\approx ASTM 2") y retenido en el tamiz de 20 mm (\approx ASTM 3/4").

NOTA - En general se recomienda que esta fracción no exceda del 20%.

2 Referencias

- NCh1534/1 Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad-
Parte 1: Método de compactación con pisón de 2,5 Kg y 305 mm de caída.
- NCh1534/2 Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad-
Parte 2: Métodos de compactación con pisón de 4,5 Kg y 460 mm de caída.

3 Aparatos

3.1 Prensa de ensayo, con una capacidad mínima de 44 KN ($\approx 4\ 400$ Kgf), equipada con un cabezal o base movable que se desplace a una velocidad uniforme y sin pulsaciones de 1,25 mm/min ($\approx 0,05$ pulgadas. Ver nota al párrafo 6.3), para presionar el pisón de penetración en la probeta. El aparato debe estar equipado con un dispositivo indicador de carga con lecturas de 50 N (≈ 5 Kgf) o menos.

3.2 Molde, (Ver figura 1); metálico, cilíndrico con un diámetro interno de $152,4 \pm 0,7$ mm y una altura de $177,8 \pm 0,1$ mm. Debe tener un collar de extensión metálico de 50,8 mm de altura y una placa base metálica de 9,5 mm de espesor con perforaciones de un diámetro igual o menor que 1,60 mm.

3.3 Disco espaciador, metálico, cilíndrico, con un diámetro de 150,8 mm y una altura de 61,4 mm.

3.4 Pisón, que cumpla con lo especificado en NCh1534/1 o NCh1534/2. También pueden utilizarse apisonadores automáticos o el apisonador con pesas deslizables indicado en figura 2, siempre que el efecto de compactación que ofrecen sea el mismo que proporcionan los pisoneros normalizados.

3.5 Aparato para medir la expansión, compuesto por:

- a) una placa metálica provista de un vástago ajustable de metal, con perforaciones de un diámetro igual o menor que 1,6 mm; y
- b) un trípode metálico para sujetar el calibre comparador con indicador de dial (ver figura 1).

3.6 Cargas; Una carga metálica anular, y varias cargas metálicas ranuradas con una masa de 2,27 Kg cada una, de 149,2 mm de diámetro, con una perforación central de 54 mm de diámetro (ver figura 1).

3.7 Pistón de penetración, metálico, de 49,5 mm de diámetro ($19,35\text{ cm}^2$ de área) y no menor que 101 mm de largo. Si desde un punto de vista operacional resultara más ventajoso utilizar un pistón de mayor longitud, se puede usar el pistón más largo (ver figura 1).

3.8 Calibre. Dos deformómetros, comparadores con indicador de dial, con graduaciones de 0,01 mm.

3.9 Herramientas y accesorios. Otros aparatos de uso general, tales como un bol para mezclas, reglas, balanzas, depósito para remojar, estufa, papel filtro y platos.

4 Muestras

4.1 Las muestras deben prepararse de acuerdo con NCh1534/1 o NCh1534/2. Se debe indicar en el informe el método empleado.

4.2 Obtener dos o más muestras de ensayo representativas con un tamaño de aproximadamente 4,5 Kg o más en el caso de suelos de grano fino, y de 5,5 Kg o más en el caso de suelos granulares, y mezclar homogéneamente con agua. Si se desea un período de curado, colocar la mezcla en un dispositivo tapado hasta obtener una distribución uniforme de humedad.

NOTA - En suelos de alta plasticidad el plazo de curado no debe ser menor que 24 h. En suelos de baja plasticidad este plazo puede ser mucho menor y, en ciertos casos, puede eliminarse.

5 Preparación de la probeta

5.1 Si las muestras de ensayo van a ser sometidas a inmersión, sacar una muestra representativa del material para determinar la humedad al iniciar la compactación, y otra muestra del material restante después de efectuar la compactación. Pesar el material inmediatamente y secar en estufa a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por un mínimo de 12 h o hasta masa constante.

Cada muestra para determinación de humedad debe tener un tamaño igual o mayor que 100 g en el caso de suelos de grano fino e igual o mayor que 500 g para suelos granulados.

5.2 Si las muestras no se van a someter a inmersión, obtener la muestra para determinación de humedad de una de las caras cortadas después de efectuar la penetración, según se indica en párrafo 6.6.

5.3 Colocar el disco espaciador sobre la placa base. Fijar el molde, con su collar de extensión, sobre dicha placa y colocar un disco de papel filtro grueso sobre el espaciador. Compactar el suelo húmedo en el molde de acuerdo con B o D de las NCh1534/1 o NCh1534/2.

Compactar las muestras a fin de obtener máxima densidad y humedad óptima según los procedimientos de NCh1534/1 o NCh1534/2.

NOTA - Los ensayos pueden efectuarse sobre el rango de los contenidos de humedad y densidades que se esperan en la construcción.

5.4 Retirar el collar de extensión y enrasar cuidadosamente el suelo compactado con la regla al nivel del borde del molde. Rellenar con material de tamaño menor cualquier hueco que pueda haber quedado en la superficie por eliminación de material grueso.

5.5 Sacar la placa base perforada y el disco espaciador y pesar el molde con el suelo compactado. Restar la masa del molde determinando la masa del suelo compactado (m). Registrar aproximando a 1 g.

5.6 Determinar la densidad de la muestra antes de la inmersión, dividiendo la masa de suelo compactado por la capacidad volumétrica del molde:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Registrar aproximando a 0,01 g/cm³ (0,01 Kg/l).

5.7 Colocar un disco de papel filtro grueso sobre la placa base perforada, invertir el molde y fijarlo a la placa base perforada, con el suelo compactado en contacto con el papel filtro.

NOTA - Cuando hay riesgo de disgregación del suelo compactado en el molde, éste debe pesarse junto con la placa base. En este caso deben restarse tanto la masa del molde como la de la placa base para determinar *m*.

5.8 Colocar el vástago ajustable y la placa sobre la probeta de suelo compactado y aplicar cargas hasta producir una sobrecarga igual a la ejercida por el material de base y el pavimento, redondeando a los múltiplos de 2,27 Kg, y en ningún caso debe ser menor que 4,54 Kg.

5.9 Si la muestra va a ser sometida a inmersión, colocar el molde con las cargas en agua, permitiendo el libre acceso del agua a la parte superior e inferior de la probeta. Tomar mediciones iniciales para la expansión o asentamiento y dejar la probeta en remojo durante 96 h.

Mantener la muestra sumergida a un nivel de agua constante durante este período.

NOTA - Para suelos de grano fino o suelos granulares que absorben humedad fácilmente se permite un período de inmersión más corto, pero no menor que 24 h, si se demuestra mediante ensayo que el período más corto no afecta los resultados.

5.10 Al término del período de inmersión tomar las mediciones finales de la expansión y calcularla como un porcentaje de la altura inicial de la probeta:

$$\text{porcentaje de expansión} = \frac{\text{expansión en mm}}{116,4} \times 100$$

5.11 Sacar el agua libre dejando drenar la probeta a través de las perforaciones de la placa base durante 15 min. Cuidar de no alterar la superficie de la probeta mientras se saca el agua. Puede ser necesario inclinar la probeta para sacar el agua superficial.

5.12 Retirar las cargas y la placa base perforada. Pesarse el molde con el suelo.

Restar la masa del molde determinando la masa del suelo compactado después de la inmersión (*M_i*). Registrar aproximando a 1 g.

5.13 Determinar la densidad de la muestra después de la inmersión dividiendo la masa del suelo compactado por la capacidad volumétrica del molde:

$$\rho_i = \frac{m_i}{V}$$

Registrar aproximando a 0,01 g/cm³ (0,01 Kg/l).

6 Procedimiento

6.1 Colocar sobre la probeta la cantidad suficiente de cargas para producir una sobrecarga igual a la ejercida por el material de base y el pavimento, redondeando a múltiplos de 2,27 Kg, y que en ningún caso debe ser menor que 4,54 Kg. Si la probeta ha sido previamente sumergida, la sobrecarga debe ser igual a la aplicada durante el período de inmersión.

Para evitar el sollevamiento del suelo en la cavidad de las cargas ranuradas se coloca en primer lugar la carga anular sobre la superficie del suelo, antes de apoyar el pistón de penetración, y después se colocan las cargas restantes.

6.2 Apoyar el pistón de penetración con la carga más pequeña posible, la cual no debe exceder en ningún caso de 45 N (\approx 4,5Kgf). Colocar los calibres de tensión y deformación en cero. Esta carga inicial se necesita para asegurar un apoyo satisfactorio del pistón y debe considerarse como carga cero para la determinación de la relación carga-penetración.

NOTA - En el caso de emplear anillos deformables, el calibre medidor de profundidad debe estar adosado directamente al pistón de penetración y apoyado en el borde del cilindro.

6.3 Aplicar la carga en el pistón de penetración de manera que la velocidad de la penetración sea de 1,25 mm por minuto.

NOTA - Se puede aplicar alternativamente, una velocidad de 1 mm/min en aquellos tipos de suelo en que e demuestre, a través de ensayos comparativos, que el cambio de velocidad no altera los resultados del ensayo, y dejando expresa constancia en el informe.

6.4 Anotar las lecturas de la carga a intervalos regulares de penetración. Al aplicar la velocidad de 1,25 mm por minuto, registrar la carga en penetraciones de:

0,63 - 1,25 - 1,9 - 2,5 - 3,1 - 3,75 - 4,4 - 5 - 7,5 - 10,0 - 12,5 milímetros.

NOTAS

- 1) Para equipos con diales en pulgadas estos intervalos corresponden aproximadamente a: 0,025 - 0,050 - 0,075 - 0,100 - 0,125 - 0,150 - 0,175 - 0,200 - 0,300 - 0,400 y 0,500 pulgadas.
- 2) Al aplicar la velocidad de 1 mm/minuto, es recomendable registrar la carga en penetraciones de : 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 3,5 - 4 - 4,5 - 5 - 7,5-10,0 y 12,0 milímetros.
- 3) Con dispositivos de carga operados manualmente puede ser necesario tomar las lecturas de la carga a intervalos breves (por ejemplo cada 0,5 mm) a fin de controlar la velocidad de penetración.

6.5 Anota la carga y penetración máxima si esto se produce para una penetración menor que 12,7 mm.

NOTA - Las lecturas de carga a penetraciones de 10,16 mm y 12,7 mm pueden omitirse.

6.6 Sacar el suelo del molde y determinar la humedad de la capa superior en un espesor de 25 mm. Sacar una muestra para determinar la humedad que comprenda toda la altura del molde si se desea determinar la humedad promedio. Cada muestra para determinación de humedad debe tener un tamaño igual o mayor que 100 g en el caso de suelos de grano fino e igual o mayor que 500 g en el caso de suelos granulares.

7 Expresión de resultados

7.1 Curva de tensión-penetración

Calcular las tensiones de penetración en Mega Pascales (Kgf/cm^2) y trazar la curva en un gráfico de tensión-penetración. En algunos casos esta curva puede tomar, inicialmente, la forma cóncava hacia arriba debido a irregularidades de la superficie u otras causas. En dichos casos el punto cero debe corregirse trazando una recta tangente a la mayor pendiente de la curva y trasladando el origen al punto en que esta tangente corta a la abscisa (ver figura 3).

7.2 Razón de soporte

Empleando los valores de tensión corregidos tomados de la curva tensión-penetración para 2,54 mm y 5,08 mm de penetración, calcular las razones de soporte para cada una de ellas, dividiendo las tensiones corregidas por las tensiones normales 6,9 MPa ($\approx 70 \text{ Kgf/cm}^2$) y 10,3 MPa ($\approx 105 \text{ Kgf/cm}^2$). Calcular también la razón de soporte para la carga máxima si la penetración es menor que 5,08 mm, interpolando la tensión normal.

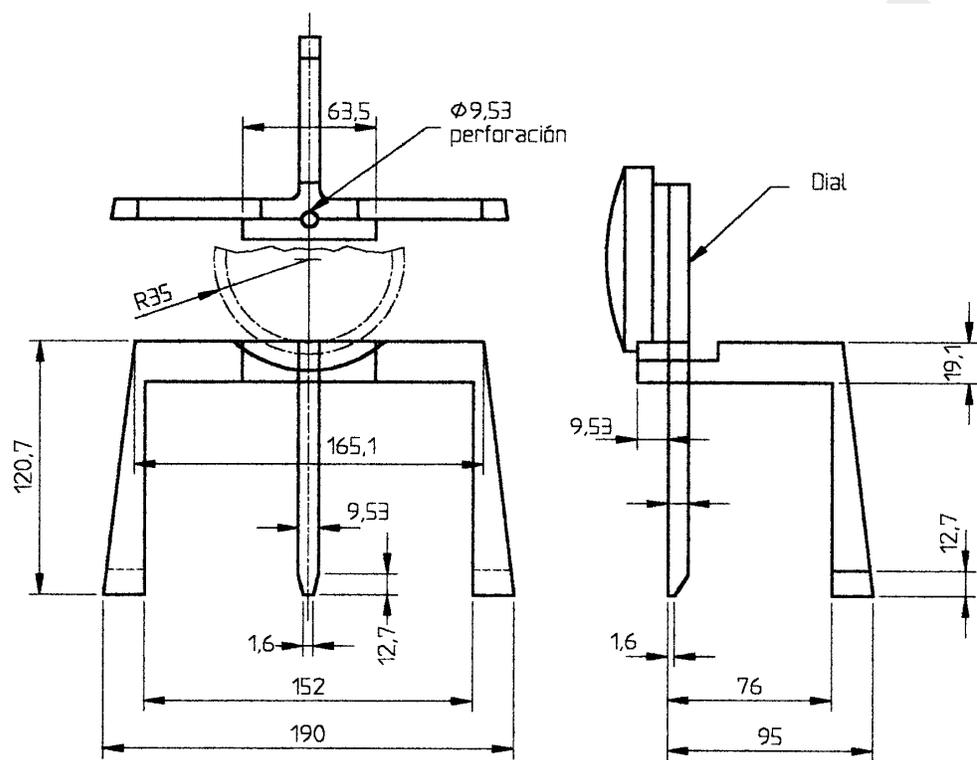
La razón de soporte es, normalmente, la correspondiente a 2,54 mm de penetración. Cuando la razón correspondiente a 5,08 mm es mayor, confirmar el resultado a través de la información obtenida en ensayos previos o, en su defecto, repetir el ensayo. Si los ensayos previos o el ensayo de chequeo entregan un resultado similar, emplear la razón de soporte correspondiente a 5,08 mm de penetración.

NOTA - Si se desea obtener los valores de la razón de soporte a penetraciones de 7,62 mm, 10,16 mm y 12,7 mm, los valores de tensión corregidos para estas penetraciones deben dividirse por tensiones normales de 13,1 MPa ($\approx 133 \text{ Kgf/cm}^2$), 15,8 MPa ($\approx 162 \text{ Kgf/cm}^2$) y 17,9 MPa ($\approx 183 \text{ Kgf/cm}^2$) respectivamente.

8 Informe

El informe debe incluir lo siguiente:

- a) método empleado para preparar y compactar la probeta (B o D de Nch1534/1 o NCh1534/2);
- b) acondicionamiento de la muestra (sumergida o no);
- c) densidad seca de la muestra antes de la inmersión (g/cm^3);
- d) densidad seca de la muestra después de la inmersión (g/cm^3);
- e) humedad de la muestra:
 - antes de la compactación, %
 - después de la compactación, %
 - capa superior de 25 mm después de la inmersión, %
 - promedio después de la inmersión, %;
- f) expansión (porcentaje de la altura inicial), %;
- g) razón de soporte de la muestra (sumergida o no), %;
- h) sobrecarga;
- i) cualquier información específica relativa al procedimiento de ensayo o al material ; y
- j) la referencia a esta norma.



Trípode para medir la expansión

Figura 1 – Aparatos CBR
(continúa)

USO EXCLUSIVO

Dimensiones en milímetros

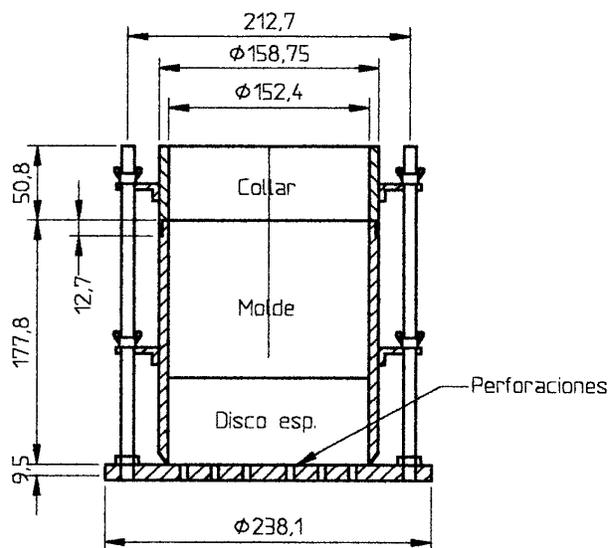
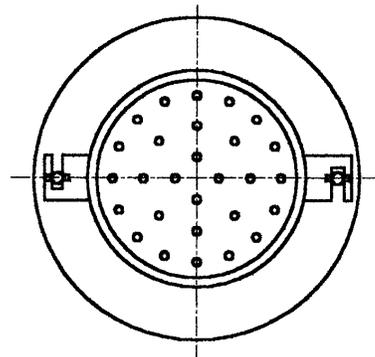
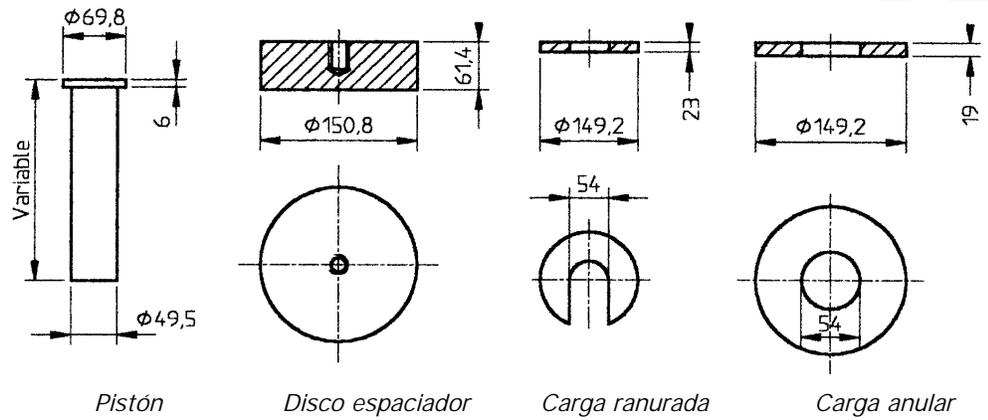
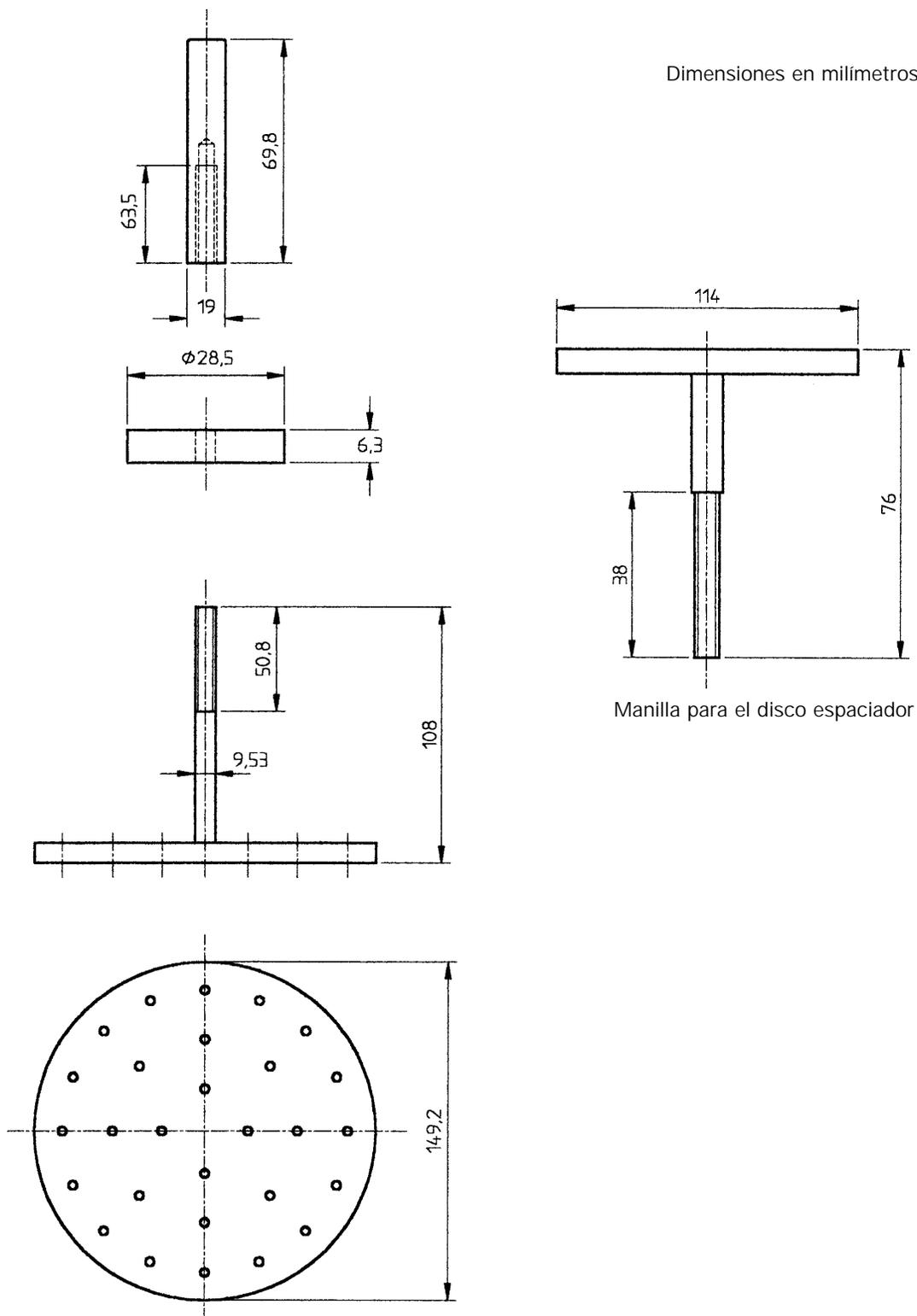


Figura 1 – Aparatos CBR (continuación)

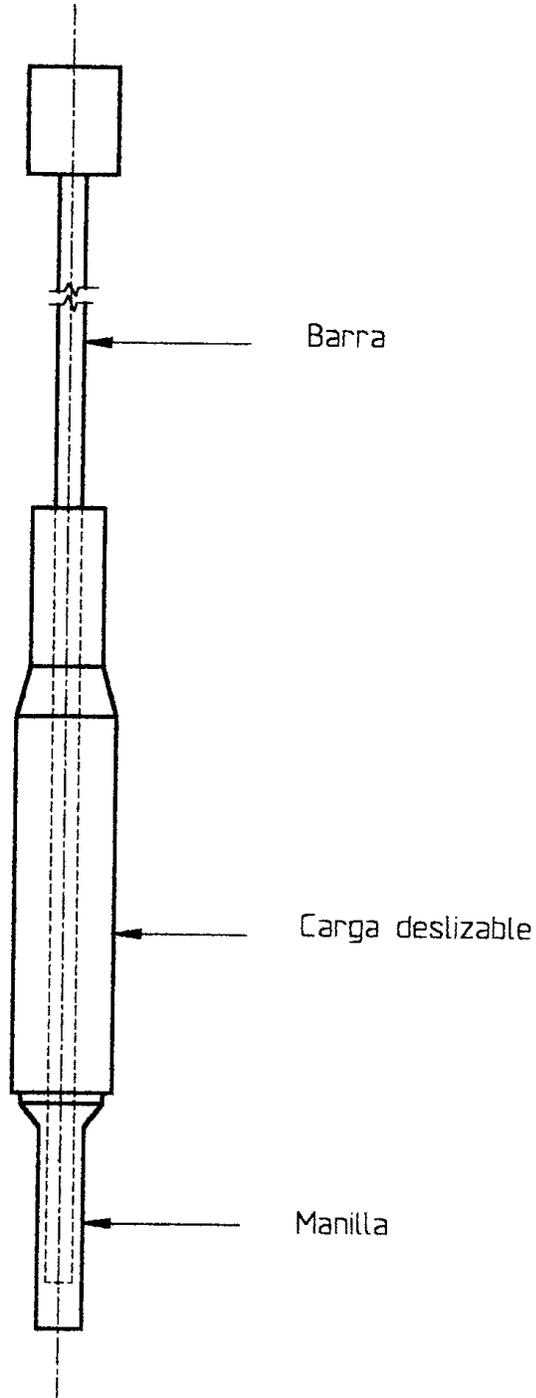
Dimensiones en milímetros



Manilla para el disco espaciador

Placa metálica y vástago ajustable

Figura 1 – Aparatos CBR
(conclusión)



USO EX

UNIVERSIDAD

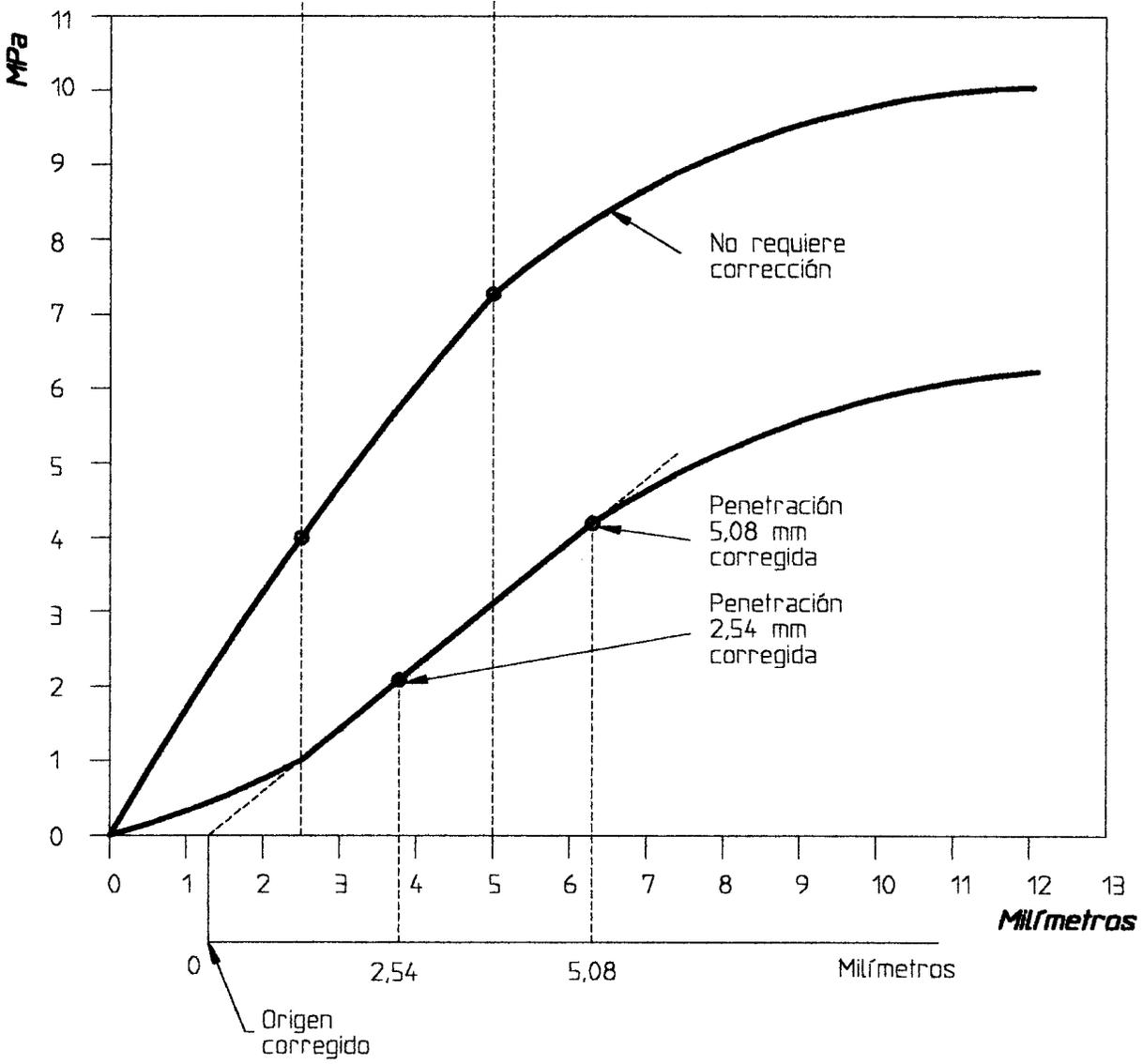


FIGURA 3 – Corrección de curvas tensión-penetración

Mecánica de suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio

Soil mechanics - Determination of bearing ratio of laboratory - Compacted soils

Primera edición : 1981
Reimpresión : 1999

Descriptor: *suelos, mecánica de suelos, ensayos, razón de soporte, cbr, compactación*

CIN

COPYRIGHT © 1981 : INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

* Prohibida reproducción y venta *

Dirección : Matías Cousiño N° 64, 6° Piso, Santiago, Chile

Casilla : 995 Santiago 1 - Chile

Teléfonos : + (56 2) 441 0330 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0425

Telefax : + (56 2) 441 0427 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0429

Web : www.inn.cl

Miembro de : ISO (International Organization for Standardization) • COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas)