

Ensayo de carga con placa

1 OBJETO, FUNDAMENTO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta norma de ensayo describe el procedimiento que debe seguirse para la realización del ensayo de carga con placa circular rígida.

1.2 El ensayo permite determinar las curvas cargas-asientos y, a partir de ellas, la deformabilidad y la capacidad portante del suelo. De estas curvas se pueden calcular el módulo de compresibilidad E_v y el módulo de reacción K_s .

1.3 El método consiste en medir, con los dispositivos que se describen en el apartado 3, el desplazamiento vertical de un punto de la superficie de un suelo situado en la vertical del centro de gravedad de una placa rígida cargada. En cada punto de ensayo se miden las deflexiones, producidas en dos o más ciclos de carga, respecto a una posición inicial de referencia. Conocidas las deflexiones del suelo y las cargas respectivas transmitidas por la placa se calculan los módulos referidos.

1.4 El método tiene aplicación tanto en obras civiles y de movimiento de tierras como en la construcción de carreteras y aeropuertos. Se puede utilizar en el control de la compactación de suelos y en la definición de los parámetros para el dimensionamiento de los firmes y de las capas de base.

2 DEFINICIONES

2.1 **Curva de cargas-asientos.** En el método se procede, de forma escalonada, a la carga y descarga, repetidas veces, de una placa circular mediante un dispositivo adecuado. Las tensiones normales medias σ_0 debajo de la placa y los correspondientes asientos, s , producidos en los distintos escalones de carga, se representan gráficamente en un diagrama denominado curva de cargas-asientos.

2.2 **Módulo de compresibilidad.** Este módulo, E_v , es una magnitud característica de la deformabilidad del suelo. Sus valores se calculan de la curva cargas-asientos en un primer ciclo de carga y

en un segundo ciclo de carga, a partir de la inclinación de la secante entre los puntos $0,3\sigma_{1\text{máx.}}$ y $0,7\sigma_{1\text{máx.}}$ por medio de la expresión:

$$E_v = 1,5r \frac{\Delta\sigma}{\Delta s} \left[\frac{MN}{m^2} \right]$$

(Véase apartado 6.2)

2.3 **Módulo de reacción.** Este módulo, K_s , es una magnitud característica que define la elasticidad de la superficie del suelo sometido a carga. Se determina a partir de la curva cargas-asientos obtenida en el primer ciclo de carga mediante la expresión:

$$K_s = \frac{\sigma}{s} \left[\frac{MN}{m^3} \right]$$

(Véase apartado 6.3)

3 APARATOS Y MATERIAL NECESARIO

3.1 Aparato de carga con placa, compuesto por:

3.1.1 Placas de carga. Las placas de carga deben estar construidas de acero de calidad St52-3, como mínimo. La superficie inferior debe ser plana. En la zona superior debe disponer de un nivel de burbuja para ajustar horizontalmente y poder compensar inclinaciones de la placa de hasta 7 grados. Además la placa tendrá dos asas para su transporte. Se debe disponer de placas con los diámetros y características que se especifican:

a) Placas de carga con diámetro de 300 mm. Tendrán un espesor, como mínimo, de 25 mm y los dispositivos adecuados para poder efectuar mediciones en tres puntos distribuidos a 120° (Figura 1).

b) Placas de carga con diámetro de 600 mm y 762 mm. Estarán construidas con refuerzos en la cara superior, dispuestos radial y simétricamente de forma tal que se pueda apoyar sobre dicha cara la placa de 300 mm, descrita en el párrafo anterior, quedando ésta en un plano paralelo a la superficie

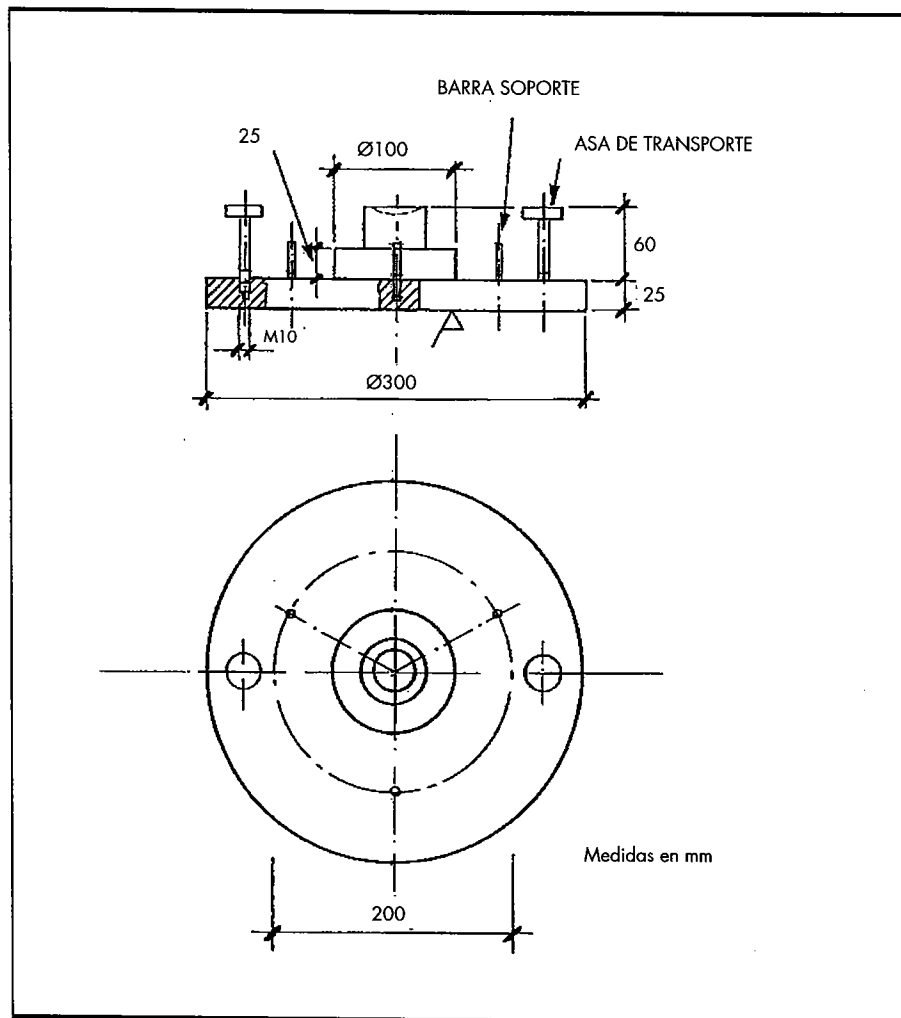


FIGURA 1. Placa de carga de 300 mm, para mediciones en tres puntos con un puente de medición.

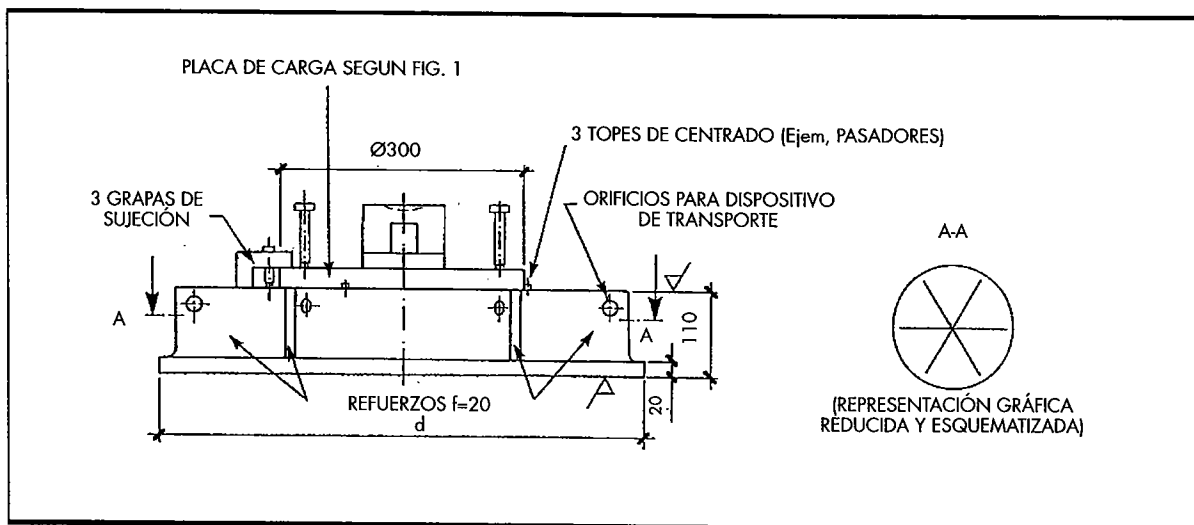


FIGURA 2. Placas de carga de 600 mm y 762 mm, con refuerzos dispuestos de forma radial y simétricamente.

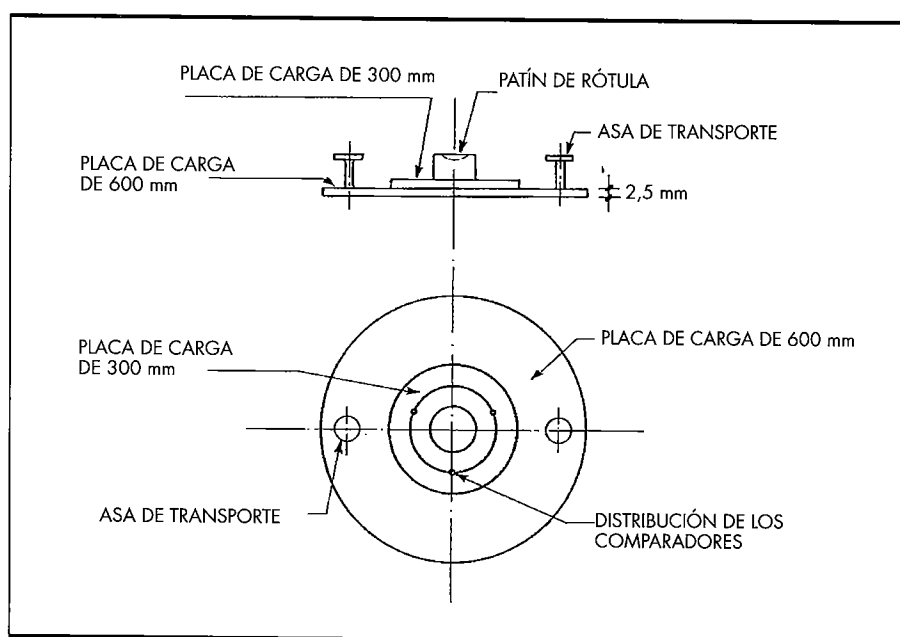


FIGURA 3. Placa de 600 mm. rigidizada mediante la colocación encima de la placa de 300 mm de forma concéntrica.

inferior (Figura 2). El espesor de estas placas será, como mínimo, de 25 mm.

En la mayoría de las ocasiones, para conseguir una rigidez adecuada se dispondrán las placas de la forma siguiente: La placa de 300 mm de diámetro se sitúa, concéntricamente, sobre la cara superior de la placa de 600 mm de diámetro. El contacto entre ambas placas será total en toda la superficie común (Figura 3). En el modo operativo con placa de 762 mm de diámetro se colocarán, análogamente, sobre la superficie superior de ésta las otras dos placas de 600 mm y 300 mm, quedando en la posición superior ésta última que es la que tiene los dispositivos adecuados para efectuar las mediciones en tres puntos equidistantes del centro de la placa (Figura 4). Para conseguir la posición correcta de las placas, tal como se ha descrito, se requiere el empleo de unas grasas de sujeción.

3.2 Reacción. Para la realización del ensayo es necesario un sistema de reacción, cuya carga útil sea, como mínimo, superior en 10 kN a la carga máxima necesaria para el ensayo. Se puede utilizar un camión o un remolque cargados, o bien un apoyo fijo adecuado.

3.3 Dispositivo de carga

3.3.1 El dispositivo de carga debe ser capaz de efectuar la carga y descarga sobre la placa de forma escalonada, rápida y segura. Para ello resulta conveniente el uso de un gato hidráulico co-

nectado a una bomba hidráulica mediante una manguera para altas presiones.

3.3.2 Bomba hidráulica. La presión de aceite debe generarse por medio de una bomba de émbolo de dos etapas que cambie automáticamente de baja a alta presión. Para poder reducir la presión con exactitud y de forma escalonada durante la descarga de la placa, la bomba debe disponer de una válvula reductora de presión. Tras periodos prolongados de inactividad, es necesario evacuar el aire acumulado en el sistema hidráulico antes de iniciar el primer ciclo de carga.

3.3.3 Manguera para alta presión. Se utilizará una manguera para alta presión de 3 m de longitud como mínimo, que disponga de racores de cierre automático en ambos extremos.

3.3.4 Cilindro o gato hidráulico. Para cargar la placa se utilizará un cilindro hidráulico de acción simple. Durante el proceso de descarga, el émbolo debe retornar automáticamente a su posición inicial. Este efecto se logra mediante la acción de un muelle recuperador situado en el interior del émbolo. A fin de conseguir una perfecta transmisión de la carga, el cilindro con el dinamómetro incluido, debe disponer de rótulas en ambos extremos.

El cilindro hidráulico debe incorporar los medios adecuados para evitar que se pueda volcar. Una vez preparado para la realización de la prueba, la altura del conjunto no debe superar los 600 mm. Para compensar posibles diferencias de altura de

los vehículos empleados como reacción, se pueden utilizar unos suplementos de longitud regulable que permitan la prolongación del émbolo hasta alcanzar los 1000 mm, como mínimo. Se debe tener especial precaución para asegurar que el conjunto sea totalmente rígido, utilizando por ejemplo, pasadores entre los diferentes suplementos. Estos pueden ser de longitudes diferentes y uno de ellos debe disponer de una zona roscada con tuerca. El desplazamiento del émbolo debe ser, como mínimo, de 150 mm. Además, para evitar que pandee o se acodale, debe presentar una guía de suficiente longitud en la que se solapan los dos segmentos, aun en la posición de máxima extensión.

3.4 Dispositivos para medición de las cargas.

Entre la placa y el sistema de aplicación de la carga, se sitúa un dispositivo de medida, mecánico o electrónico (células de carga) con objeto de poder medir directamente la carga aplicada, independientemente del control que se realice en el sistema de presión de aceite. Dicho medidor debe indicar la carga correspondiente con un margen de error equivalente, como máximo, al 1% de la carga máxima que se prevea alcanzar en el ensayo. Este dispositivo debe calibrarse cada 2 años.

3.5 Dispositivos para medir los asientos. La medida de los asientos de las superficies sometidas a las cargas durante el ensayo pueden realizarse

con la ayuda de un puente de medición y tres comparadores o tres transductores, calculándose de esta manera el asiento medio de la placa como media de las medidas tomadas en los tres puntos.

Los puentes de medición y los dispositivos de medida deben permitir el cálculo del asiento medio de la placa con una exactitud de 0,01 mm. El movimiento de la placa se medirá a lo largo del eje vertical al plano de la placa situado en el baricentro del triángulo equilátero formado por los tres puntos que, al inicio del ensayo, deben equidistar del centro, y que forman entre sí ángulos de 120°.

La disposición que se describe seguidamente cumple estos requisitos, ya que la placa de carga va provista de barras de soporte para los comparadores o transductores, los cuales apoyan sobre los suplementos de longitud situados en el puente medición. En ocasiones, el apoyo de los comparadores se puede hacer directamente sobre la placa. Lógicamente ésta será siempre la de 300 mm, cualquiera que sea la disposición elegida en los distintos tipos de montaje.

El puente de medición debe ser de fácil transporte, de manipulación segura e inherentemente estable, para lo que se precisa un apoyo sobre tres puntos. Resulta conveniente que la forma sea la de una Y, y que tenga largueros telescópicos (véase la Figura 5) que deben ser de acero inoxidable o de aluminio,

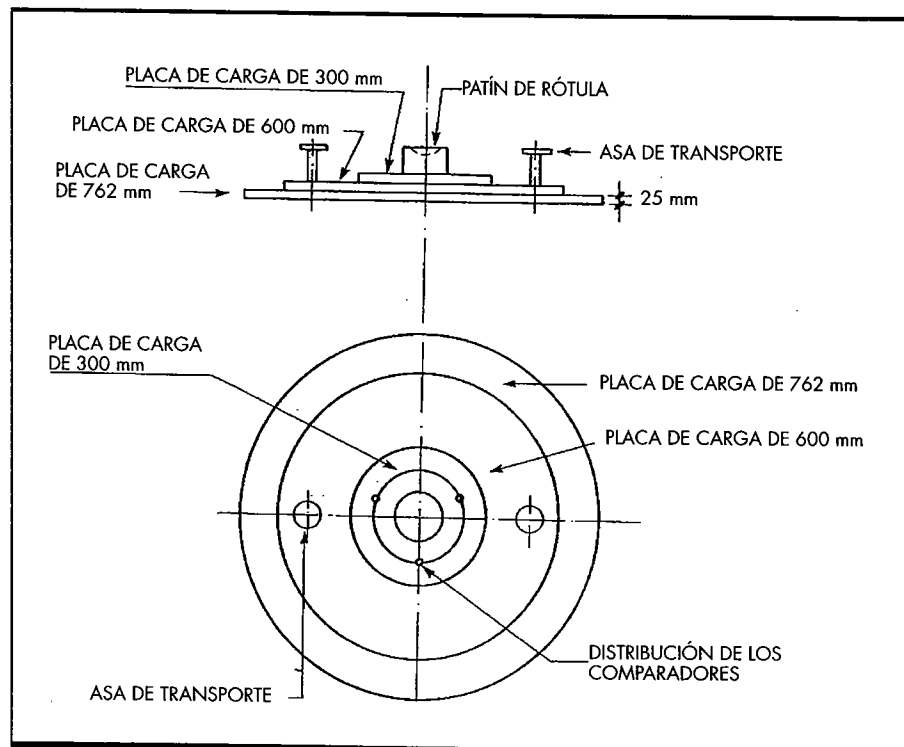


FIGURA 4. Placa de 762 mm, rigidizada mediante la colocación encima de dos placas concéntricas (1ª la de 600 mm y 2ª la de 300 mm).

y resistentes a la flexión. Para compensar las desigualdades del terreno se debe poder regular la altura de los soportes del puente de medición. Con una luz de 4 m, el momento resistente ha de ascender como mínimo a $W = 8 \text{ cm}^3$. También se puede emplear un puente de referencia de madera tratada antihumedad con objeto de que la climatología no le afecte.

Sobre el puente de medición se pueden colocar suplementos de longitud regulable en sentido horizontal, desplazables en toda la longitud del larguero y con superficie plana para situar los comparadores o transductores.

Los comparadores o transductores se fijan previamente a unas barras de soporte que van atornilladas a los casquillos roscados previstos a estos efectos y que se encuentran situados sobre la placa de carga. Dichos casquillos estarán dispuestos de forma simétrica y radial a 100 mm del centro de la placa. Las barras de soporte atornilladas deben tener una longitud de 400 a 600 mm. Los extremos superiores de las barras se unirán y fijarán por medio de un anillo. Los comparadores dispuestos en las barras de soporte deben estar colocados a la misma altura y a una distancia uniforme sobre la placa de carga, así como los soportes encontrarse alineados de tal manera que sus ejes estén orientados hacia el centro de la placa (véase la Figura 6).

3.6 Aparatos auxiliares. Palas, reglas de acero de 400 mm, 700 mm y 850 mm de longitud, cepillo de cerdas, llana, espátula, nivel de burbuja, plomada, metro peglable, arena seca de granulometría media, escayola, aceite, protección contra sol y viento.

4 CONDICIONES DE ENSAYO

El ensayo de carga con placa puede realizarse sobre distintos tipos de suelo, ya sean de granulometría gruesa, media o fina, y que varíen de rígidos a firmes. Directamente debajo de la placa, no debe encontrarse material granular con tamaño superior a una cuarta parte del diámetro de la placa.

En el caso de que se trate de arenas de granulometría uniforme, de arenas que se resequen con rapidez, de suelos que formen costras o se reblandezcan transitoriamente en superficie, así como de suelos que se alteren de cualquier otro modo en su capa superior, el ensayo de carga con placa debe realizarse siempre, por debajo de esta primera capa afectada. La densidad del suelo que se ha de estudiar debe mantenerse lo más inalterada posible.

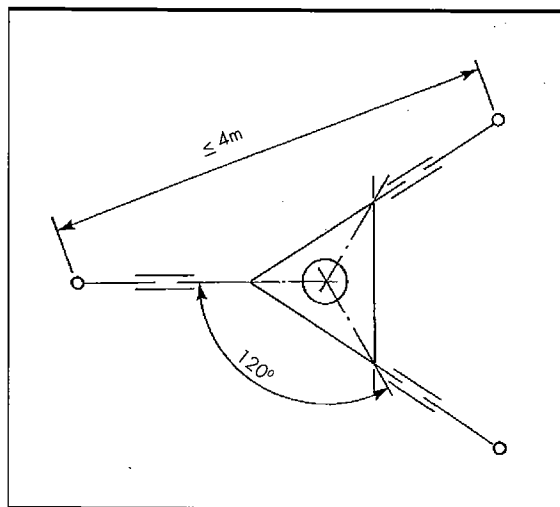


FIGURA 5. Planta del puente de medición.

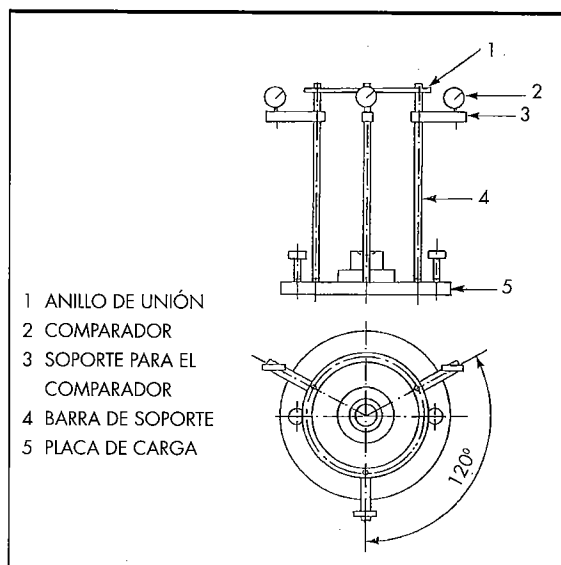


FIGURA 6. Disposición de los tres comparadores o transductores durante la aplicación del método de medición en tres puntos.

En el caso de suelos de granulometría fina (arenas sueltas, arcillas), el ensayo de carga con placa sólo podrá realizarse y valorarse adecuadamente cuando aquéllos posean una consistencia que varíe de rígida a firme. Por esta razón, en caso de duda, se determinará el contenido de agua del suelo a diferentes profundidades hasta llegar a $2r$ (r = radio de la placa de carga) por debajo de la superficie del punto de medición, ya que éste influye de forma decisiva en el resultado del ensayo.

Nota 1. Conviene hacer notar que el resultado del ensayo de carga con placa puede estar afectado por el contenido de humedad del suelo, por lo que conviene asegurar que éste sea representativo de las condiciones para las que se pretende ensayar el suelo.

5 PROCEDIMIENTO

5.1 Preparación de la superficie de ensayo.

Se prepara, en el emplazamiento en que se vaya a realizar el ensayo, una superficie plana lo suficientemente grande para situar adecuadamente la placa de carga. La zona así preparada debe ser lo más llana posible, utilizándose para ello los medios auxiliares necesarios (regla de acero o llana). Se eliminan las partículas granulares que se encuentren sueltas, utilizando el cepillo.

5.2 Instalación del equipo de carga con placa.

Se sitúa la placa en el lugar elegido y se presiona de forma que no queden puntos en los que no exista contacto entre el suelo y aquélla. Si fuera preciso enrasar o nivelar las desigualdades se extiende una capa de arena seca de granulometría media; o bien una pasta de escayola de escasos milímetros de espesor. En este caso último se aplica una película de aceite a la superficie de la placa. A continuación, se ajusta la placa de carga haciéndola girar y golpeándola suavemente sobre su superficie. Si la superficie de ensayo se encuentra inclinada se pondrá horizontalmente con ayuda del nivel esférico.

Si se utiliza pasta de escayola, se retira el material sobrante que rebose lateralmente con una espátula, antes de que solidifique. No debe iniciarse el ensayo antes de que la capa de escayola se haya secado. Se puede controlar el proceso de fraguado por medio de los restos de la escayola anteriormente retirados de los bordes.

Se coloca el cilindro hidráulico sobre la placa de carga formando ángulo recto con ella, y de forma que quede protegido contra posibles vuelcos. La distancia entre la placa de carga y la superficie de apoyo de la reacción debe ser como mínimo de 0,75 m para una placa de 300 mm de diámetro, de 1,10 m, para una placa de 600 mm de diámetro, y de 1,30 m, para una placa de 762 mm de diámetro. A fin de impedir desplazamientos en sentido transversal a la dirección de carga, se debe asegurar convenientemente el apoyo.

Nota 2. Por razones de seguridad laboral, deberá garantizarse una correcta estabilidad de la instalación de carga.

5.3 Colocación de los dispositivos para la medición de asientos. En el apartado 3.5 se indica el procedimiento para seguir en la colocación de los dispositivos de medida de los asientos.

Se aplica sobre la placa una precarga de 0,01 MN/m² durante unos 30 segundos. Se descarga

seguidamente y se ajustan a cero los comparadores o se toman sus lecturas, como valor de referencia para el ensayo. Si fuese preciso, se protege el dispositivo instalado para la toma de mediciones de los asientos con una lona contra sol y viento. Todo el conjunto debe estar adecuadamente protegido contra cualquier tipo de vibración durante la realización del ensayo.

5.4. Procesos de carga y descarga

5.4.1 Principio. La carga máxima, el asiento máximo o ambos para conseguir en el ensayo, dependen en cualquier caso de la finalidad del mismo, así como de las características del suelo y del tamaño de la placa.

5.4.2 Determinación del módulo de compresibilidad E_v . Para determinar el módulo de compresibilidad E_v en obras de movimientos de tierra y en obras de carreteras, es práctica habitual realizar el ensayo utilizando una placa de carga de 300 mm de diámetro, y aumentar progresivamente la carga hasta alcanzar un asiento de unos 5 mm o una tensión normal bajo la placa del orden de 0,5 MN/m².

Si se utiliza una placa de carga de 600 mm de diámetro, los valores límites correspondientes son de 7 mm y 0,25 MN/m²; análogamente, con una placa de 762 mm, los valores son de 13 mm y 0,2 MN/m², respectivamente.

El ensayo se interrumpirá en el caso en que se produzcan hundimientos con la correspondiente descarga, en materiales de baja resistencia (por ej., escoria de lava) o si, al aumentar la carga, se produce un fuerte incremento de las deformaciones indicando la inminencia de una rotura.

El proceso de carga debe incluir, como mínimo, seis escalones con intervalos aproximadamente iguales entre ellos. En caso de comprobarse que a lo largo del ensayo los primeros intervalos de carga elegidos han resultado ser excesivamente elevados o excesivamente pequeños, se seleccionan otros más adecuados según sea el caso. El intervalo de tiempo entre dos escalones de carga sucesivos debe ser de un minuto, como mínimo.

En los ciclos de carga y descarga únicamente se puede pasar al nivel siguiente cuando las variaciones de levantamiento o asentamiento, tomadas cada 2 minutos, no sean superiores a 0,2 mm/min. En el caso de capas de base, el tiempo

entre lecturas en cada escalón de carga se puede reducir a 1 minuto. La carga aplicada debe permanecer constante durante los diferentes escalones de carga.

Si la medición de los asientos se realiza con 3 comparadores, el primer comparador se lee 10 seg antes de la finalización del tiempo de espera. Una vez efectuada la primera lectura del comparador, debe procurarse que el incremento de carga se realice siempre a intervalos iguales.

Si al efectuar la carga se aplicara por error una carga superior a la debida, ésta no se puede reducir, debiendo por tanto mantenerse y efectuar la anotación pertinente en el impreso de datos, conjuntamente con los valores medidos.

El proceso de descarga se debe realizar en 3 escalones: 50%, 25% y 0% de la carga máxima. Una vez finalizada la descarga, se realiza otro nuevo ciclo de carga, aunque sólo se debe llegar hasta el penúltimo escalón de los aplicados en el primer ciclo, a fin de permanecer dentro de la condición de precarga.

Para comprobar el segundo ciclo de carga, se puede efectuar, después de la descarga completa por etapas del segundo ciclo, un tercer ciclo de carga en forma análoga, pero aplicando después del segundo nivel de carga, inmediatamente, la carga final del segundo ciclo, sin necesidad de aplicar las cargas correspondientes a las etapas intermedias.

5.4.3 Determinación del módulo de reacción K_S . Para determinar el módulo de reacción K_S , de aplicación al dimensionamiento de firmes en la construcción de carreteras y aeropuertos, como norma general, se debe realizar el ensayo con una placa de carga circular de 762 mm de diámetro. La precarga de $0,01 \text{ MN/m}^2$ se debe mantener hasta que la variación del asiento de la placa sea inferior a $0,02 \text{ mm/min}$. A partir de este momento, la carga se incrementa en escalones de carga con una tensión normal de $0,04 \text{ MN/m}^2$; $0,08 \text{ MN/m}^2$; $0,14 \text{ MN/m}^2$ y $0,2 \text{ MN/m}^2$. Antes de aplicar cada escalón de carga, se espera hasta que la variación del asiento no supere los $0,02 \text{ mm/min}$. Para la descarga, basta con introducir un escalón intermedio de $0,08 \text{ MN/m}^2$.

Nota 3. Al determinar el módulo elástico de reacción para losas de cimentación, se debe tener en cuenta la dependencia que dicho módulo tiene de la superficie cargada (véase la norma DIN 4018).

5.5 Preparación de la superficie de emplazamiento de la placa mediante excavado. En caso de obtenerse unos resultados de ensayo desproporcionados, por ejemplo una acusada inclinación transversal de la placa de carga (la burbuja del nivel se sale por completo del centro de círculo), o hundimientos muy grandes de la placa, será necesario proceder a la excavación del lugar en el que se ha realizado el ensayo hasta alcanzar una profundidad equivalente al diámetro de la placa. Si en el proceso aparecen piedras, suelos con una consistencia inferior a rígida, o bien suelos con contenido de agua muy altos o muy bajos, se debe hacer constar este hecho en el impreso de ensayo.

6 EVALUACIÓN Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS

6.1 Curva cargas-asientos. La tensión normal media σ , obtenida en cada escalón de carga y el asiento correspondiente medido con los comparadores o transductores, se anotarán en los impresos (veáanse los ejemplos de aplicación).

La presión correspondiente a cada escalón de carga y el valor medio de las lecturas de los asientos medidos, con los tres comparadores o transductores, se representarán gráficamente de

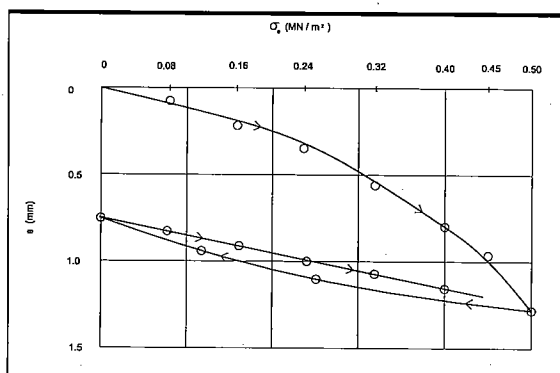


FIGURA 7. Curva cargas-asientos.

la forma que se indica en la Figura 7. Es conveniente identificarlos con facilidad. Además, para diferenciar entre procesos de carga y descarga, se deberá poner flechas que indiquen el sentido de recorrido del ensayo.

En el caso de suelos con módulos de compresibilidad muy elevados y cuando se utilice en el ensayo la placa de carga de 762 mm de diámetro, se deberá tener siempre en cuenta, en su valoración, la flexión que experimenta la placa. Para ello, es preciso controlar el hundimiento medio de la placa mediante la utilización de comparadores o transductores complementarios.

Con el fin de establecer el estado de compactación, además del valor del módulo de compresibilidad obtenido, se puede utilizar también la forma y el tipo de curva cargas-asientos. En el resultado del ensayo deben reflejarse los siguientes datos:

- Situación del lugar de ensayo.
- Diámetro de la placa de carga.
- Tipo de dispositivo utilizado en la medición de asientos; si fuera preciso se utilizará un factor de conversión.
- Tipo de suelo.
- Tipo de base de la placa.
- Tiempos de comienzo y finalización del ensayo.
- Condiciones atmosféricas y temperatura.
- Personal participante en el ensayo.
- Descripción de cualquier anomalía observada durante el ensayo y de los cambios que haya sido necesario efectuar con respecto al procedimiento estándar.
- Valores de las tensiones aplicadas y de las lecturas correspondientes de los medidores de asientos.
- Curvas cargas-asientos.
- Si se considera necesario, comentarios acerca de la excavación llevada a cabo en el lugar de ensayo.

Nota 4. En los impresos 1 y 2 se recogen, a título de ejemplo, los datos correspondientes al primer y segundo ciclo de carga de un ensayo realizado con la placa de 300 mm. De igual manera se recopilan en el impreso 3 los datos obtenidos durante un ensayo realizado con placa de diámetro 762 mm.

6.2 Cálculo del módulo de compresibilidad E_v . Los módulos de compresibilidad se calculan por medio de la curva cargas-asientos del primer ciclo de carga y del segundo ciclo de carga, a partir de la inclinación de la secante entre los puntos $0,3 \sigma_{m\acute{a}x}$ y $0,7\sigma_{m\acute{a}x}$ mediante la expresión:

$$E_v = 1,5r \frac{\Delta\sigma}{\Delta s} \quad [MN / m^2]$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{02} - \sigma_{01}$$

$$\Delta s = s_2 - s_1$$

siendo:

σ_{01} Tensión normal media bajo la placa, para $0,3 \sigma_{m\acute{a}x}$ (MN/m²)

- s_1 Asentamiento medio de la placa correspondiente a la presión anterior (mm).
- σ_{02} Tensión normal media bajo la placa para $0,7 \sigma_{m\acute{a}x}$ (MN/m²)
- s_2 Asentamiento medio de la placa correspondiente a la presión anterior (mm).
- r Radio de la placa de carga (mm).

El módulo de deformación del primer ciclo se identifica con el subíndice 1 (E_{v1}), y el del segundo ciclo con el subíndice 2 (E_{v2}). (Véase ejemplo).

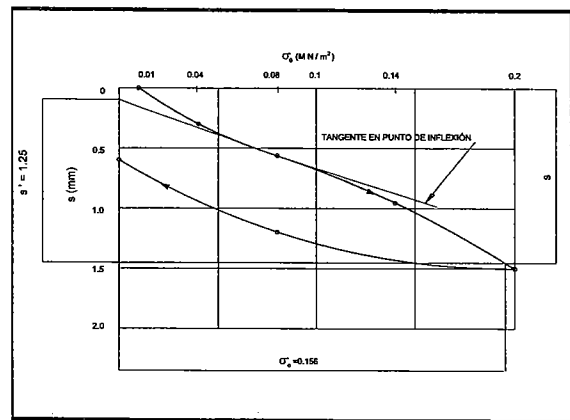


FIGURA 8. Curva cargas-asientos para determinar el módulo de reacción K_s .

6.3 Cálculo del módulo de reacción K_s .

Para determinar el módulo de reacción K_s se utiliza el primer ciclo de carga. En la curva cargas-asientos (véase figura 8) se lee la presión σ_0 que corresponde al asentamiento, s, fijado. El módulo de reacción se calcula mediante la expresión:

$$K_s = \frac{\sigma_0}{s} \quad [MN / m^3]$$

En la construcción de carreteras y aeropuertos se determina la tensión σ_0 medida con una placa de carga con un diámetro de 762 mm, que equivale a un asentamiento medio de $s = 0,00125$ m (1,25 mm).

Según la forma que tenga la curva cargas-asientos, puede ser preciso realizar una corrección del punto cero por medio de la tangente en el punto de inflexión, relacionando el asiento obtenido con el nuevo cero ya corregido (véase el ejemplo del apartado 7.2).

ENSAYO DE CARGA CON PLACA									
ENSAYO N°: 1		SITUACIÓN: XXXXXXXX		FECHA: 12-5-97		TEMPERATURA: 18°C		DIÁMETRO DE LA PLACA: 300 mm	
CLASE DE SUELO: Arena de miga			HORA COMIENZO : 10			HORA TERMINACIÓN: 12			
PRIMER CICLO DE CARGA Y DESCARGA									
CICLO N°	Carga (kN)	Tensión Normal (MN/m ²)	Tiempo (Min.)	Lectura de comparadores (10 ² mm)			(a+b+c) × 1/3 (10 ² mm)	Asiento (mm)	Observaciones
				a	b	c			
	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5,65	0,08	2,00	7,00	6,00	8,00			
	5,65	0,08	4,00	7,00	6,00	8,00			
	5,65	0,08	6,00	7,00	6,00	8,00	7,00	0,07	
	11,31	0,16	2,00	19,00	18,00	20,00			
	11,31	0,16	4,00	20,00	19,00	21,00			
	11,31	0,16	6,00	20,00	19,00	21,00	20,00	0,20	
	16,86	0,24	2,00	30,00	31,00	30,00			
	16,86	0,24	4,00	31,00	31,00	31,00			
	16,86	0,24	6,00	31,00	31,00	31,00	31,00	0,31	
	22,62	0,32	2,00	52,00	53,00	51,00			
	22,62	0,32	4,00	53,00	54,00	53,00			
	22,62	0,32	6,00	53,00	54,00	53,00	53,00	0,53	
	28,27	0,40	2,00	79,00	78,00	81,00			
	28,27	0,40	4,00	80,00	79,00	81,00			
	28,27	0,40	6,00	80,00	82,00	81,00	80,00	0,80	
	31,81	0,45	2,00	95,00	84,00	95,00			
	31,81	0,45	4,00	96,00	86,00	97,00			
	31,81	0,45	6,00	96,00	96,00	97,00	95,00	0,95	
	35,34	0,50	2,00	127,00	127,00	128,00			
	35,34	0,50	4,00	128,00	128,00	129,00			
	35,34	0,50	6,00	128,00	128,00	129,00	128,00	1,25	
	17,67	0,25	2,00	113,00	112,00	113,00			
	17,67	0,25	4,00	113,00	113,00	113,00			
	17,67	0,25	6,00	113,00	113,00	113,00	113,00	1,13	
	8,48	0,12	2,00	94,00	96,00	95,00			
	8,48	0,12	4,00	94,00	96,00	95,00			
	8,48	0,12	6,00	95,00	96,00	95,00	95,00	0,95	
	0,00	0,00	2,00	75,00	74,00	74,00			
	0,00	0,00	4,00	75,00	74,00	75,00			
	0,00	0,00	6,00	75,00	75,00	75,00	75,00	0,75	

IMPRESO 1.

Nº	Carga F (kN)	Tensión normal σ_o (MN/m ²)	Asiento centro de placa s (mm)
0	0	0	0
1	5,65	0,08	0,07
2	11,31	0,16	0,20
3	16,86	0,24	0,31
4	22,62	0,32	0,53
5	28,27	0,40	0,80
6	31,81	0,45	0,96
7	35,34	0,50	1,28
8	17,67	0,25	1,13
9	8,48	0,12	0,95
10	0	0	0,75

TABLA 1. Valores medidos, primer ciclo de carga y descarga.

ANEJO (informativo)

7 EJEMPLOS DE APLICACIÓN**7.1 Determinación del módulo de compresibilidad E_v .**

Diámetro de la placa de carga: 300 mm

Base de la placa : escayola

De los impresos 1 y 2 se toman los datos para confeccionar las tablas 1 y 2, así como la curva cargas-asientos de la fig. 7. En la tabla 3 se resumen los datos obtenidos de esta curva, aplicando la expresión del apartado 6.2.

7.2 Determinación del módulo de reacción K_s

Diámetro de la placa: 762 mm

Base de la placa: arena fina

Véanse la tabla 4 y la figura 8, obtenidos con los datos procedentes del impreso 3

8 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

DIN 18134, "Baugrund, Untersuchung von Böden. Platten druckversuch" 1976. ("Subsoil; testing procedure and testing apparatus; plate load test").

Nº	Carga F (kN)	Tensión normal σ_o (MN/m ²)	Asiento centro de placa s (mm)
10	0	0	0,75
11	5,65	0,08	0,81
12	11,31	0,16	0,88
13	16,86	0,24	0,97
14	22,62	0,32	1,04
15	28,27	0,40	1,15
16	31,81	0,45	1,23

TABLA 2. Valores medidos, segundo ciclo de carga.

ENSAYO DE CARGA CON PLACA

ENSAYO N°: 1 SITUACIÓN: XXXXXX FECHA: 12-5-97 TEMPERATURA: 18°C DIÁMETRO DE LA PLACA: 300 mm.
 CLASE DE SUELO: Arena de miga HORA COMIENZO : 10 HORA TERMINACIÓN: 12

SEGUNDO CICLO DE CARGA

CICLO N°	Carga (kN)	Tensión Normal (MN/m ²)	Tiempo (Min.)	Lectura de comparadores (10 ⁻² mm)			(a+b+c) x 1/3 (10 ⁻² mm)	Asiento (mm)	Observaciones
				a	b	c			
2	0,00	0,00		75,00	75,00	75,00	75,00	0,75	
	5,65	0,08	2,00	79,00	81,00	80,00			
	5,65	0,08	4,00	80,00	82,00	81,00			
	5,65	0,08	6,00	80,00	82,00	81,00	81,00	0,81	
	11,31	0,16	2,00	88,00	87,00	85,00			
	11,31	0,16	4,00	89,00	88,00	85,00			
	11,31	0,16	6,00	89,00	88,00	86,00	88,0	0,88	
	16,86	0,24	2,00	96,00	97,00	96,00			
	16,86	0,24	4,00	97,00	97,00	96,00			
	16,86	0,24	6,00	97,00	97,00	96,00	97,00	0,97	
	22,62	0,32	2,00	104,00	104,00	104,00			
	22,62	0,32	4,00	104,00	105,00	104,00			
	22,62	0,32	6,00	104,00	105,00	104,00	104,00	1,04	
	28,27	0,40	2,00	115,00	116,00	114,00			
	28,27	0,40	4,00	115,00	116,00	115,00			
	28,27	0,40	6,00	115,00	116,00	115,00	115,00	1,15	
	31,81	0,45	2,00	123,00	123,00	124,00			
31,81	0,45	4,00	123,00	123,00	124,00				
31,81	0,45	6,00	123,00	123,00	124,00	123,00	1,23		

IMPRESO 2.

	Primer ciclo de carga	Segundo ciclo de carga
$\Delta\sigma = \sigma_{02} - \sigma_{01}$ [MN/m ²]	0,20	0,20
$\Delta S = S_2 - S_1$ [mm]	0,47	0,21
$E_v = 1,5 r \frac{\Delta\sigma}{\Delta S}$ [MN/m ²]	95,7	214,2
E_{v2} / E_{v1}	2,23	

TABLA 3. Fusión de los resultados.

Nº	Carga F (kN)	Tensión normal σ_o (MN/m ²)	Asiento centro de placas (mm)
0	4,38	0,01	0
1	18,24	0,04	0,31
2	36,48	0,08	0,56
3	63,85	0,14	0,97
4	91,21	0,20	1,53
5	36,48	0,08	1,16
6	0,00	0,00	0,57

Resultado de la valoración con punto cero corregido 0 :

$$K_s = \frac{\sigma_o}{s} = \frac{0,186}{0,00125} = 148,8 \text{ MN/m}^3$$

TABLA 4. Valores medidos

ENSAYO DE CARGA CON PLACA									
ENSAYO N°: 3 SITUACIÓN: XXXXXXXX FECHA: 12-4-97 TEMPERATURA: 15°C DIÁMETRO DE LA PLACA: 762 mm.									
CLASE DE SUELO: Arena de miga HORA COMIENZO : 11 HORA TERMINACIÓN: 13									
PRIMER CICLO DE CARGA									
CICLO N°	Carga (kN)	Tensión normal (MN/m ²)	Tiempo (Min.)	Lectura de comparadores (10 ⁻² mm)			(a+b+c)x1/3 (10 ⁻² mm)	Asiento (mm)	Observaciones
				a	b	c			
1	4,38	0,01	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	18,24	0,04	2,00	29,00	31,00	30,00			
	18,24	0,04	4,00	30,00	32,00	31,00			
	18,24	0,04	6,00	30,00	32,00	31,00	31,00	0,31	
	36,48	0,08	2,00	54,00	57,00	54,00			
	36,48	0,08	4,00	55,00	58,00	55,00			
	36,48	0,08	6,00	55,00	58,00	55,00	56,00	0,56	
	63,85	0,14	2,00	96,00	97,00	97,00			
	63,85	0,14	4,00	96,00	98,00	97,00			
	63,85	0,14	6,00	96,00	98,00	97,00	97,00	0,97	
	91,21	0,20	2,00	153,00	152,00	151,00			
	91,21	0,20	4,00	154,00	153,00	152,00			
	91,21	0,20	6,00	154,00	153,00	152,00	153,00	1,53	
	36,48	0,08	2,00	115,00	116,00	116,00			
	36,48	0,08	4,00	116,00	116,00	117,00			
	36,48	0,08	6,00	116,00	116,00	117,00	116,00	1,16	
	0,00	0,00	2,00	127,00	127,00	128,00			
	0,00	0,00	4,00	128,00	128,00	129,00			
0,00	0,00	6,00	58,00	57,00	56,00	57,00	0,57		