

Traducción de

Asociación de Investigación de Carreteras y Transportes

NORMA TÉCNICA DE ENSAYO

Ensayo dinámico de carga con placa
con la ayuda del
equipo ligero de impacto

Asociación de Investigación de Carreteras y Transportes

Grupo de trabajo de Ingeniería de Suelos y Cimentaciones

**Normas técnicas de ensayos y mecánica de suelos y rocas
en la construcción de carreteras**

TP BF-StB

Parte B 8.3

*Ensayo dinámico de carga con placa
con la ayuda del
equipo de ensayo ligero de impacto*

Fecha de Publicación: 2003

Grupo de trabajo de Ingeniería de Suelos y Cimentaciones
Comité de trabajo sobre equipos de ensayo

Presidente: Prof. Dr.-Ingg. K u d l a, Freiberg

Miembros: Dip.-Ing. B e c k e r, Köln
Dipl.-Geol. B i n a r d – K ü h n e l, Wetzlar
Dipl.-Ing. B l u m e, Bergisch Gladbach
Dipl.-Geophys. B u m i l l e r, München
Dipl.-Ing. C e j k a, Hamburg
Dipl.-Math. Dr.rer.nat D e u t l e r, Mannheim
Dipl.-Ing. F r a n z e n, Münster
Dr.-Ing. H a a s, Rösrath
Dipl.-Ing. H e n h a p p l, Grönwohld
Dr.-Ing. K r a t z e r, Berlin
Dipl.-Ing. L a m m e n, Münster
Dipl.-Ing. L a n g e, Köln
Dipl.-Phys. N i c k o l, Magdeburg
Dr.-Ing. R a h n, Berlin
Dipl.-Ing. S c h l ö g l, München
Ltd. Akad. Dir. A.D. Dipl.-Ing. v o n S o o s, München
Dipl.-Ing. T o p h i n k e, Westensee
Prof. Dr.-Ing. W e i n g a r t, Dessau

Nota:

El procedimiento del “ensayo dinámico de carga con placa con ayuda del equipo de ensayo ligero de impacto” fué elaborado por el Comité de trabajo de equipos de ensayo. Este procedimiento de ensayo está incluido como sección B 8.3 en el manual “Normas Técnicas de ensayos y mecánica de suelos y rocas en la construcción de carreteras”.

Tabla de contenidos

| | Página |
|--|--------|
| 1. Campo de aplicación y objeto | 6 |
| 2. Terminología | 6 |
| 2.1 Ensayo dinámico de carga con placa | 6 |
| 2.2 Módulo de deformación dinámico | 6 |
| 3. Componentes del equipo | 7 |
| 3.1 General | 7 |
| 3.2 Placa de carga | 8 |
| 3.3 Dispositivo de carga | 9 |
| 3.4 Dispositivo para medida de asiento | 9 |
| 3.5 Equipo auxiliar | 9 |
| 4. Condiciones del ensayo | 10 |
| 5. Desarrollo del ensayo | 10 |
| 5.1 Preparación del área de ensayo | 10 |
| 5.2 Procedimiento de ensayo | 10 |
| 5.3 Excavación del punto de ensayo | 11 |
| 6. Informe de ensayo y evaluación | 11 |

Prólogo

Los procedimientos del ensayo dinámico se han desarrollado en varios países para permitir un ensayo rápido de capas de suelos bajo condiciones de carga que se aproximan a aquellas impuestas por el tráfico rodado.

Estos ensayos dinámicos de carga descritos a continuación difieren de los ensayos estáticos de carga según DIN 18 134 en que la carga adopta la forma de impacto. En el impacto actúan fuerzas de inercia en el suelo y en el equipo, y estas tienen un efecto en los movimientos que han sido generados.

La placa de carga de 300 mm es la mejor opción para asegurar la comparabilidad con la placa de carga estática y con los procedimientos de ensayos dinámicos que utilizan equipos de medida de vibración.

Como procedimiento de ensayo, el ensayo dinámico de placa de carga forma parte integral de las normas ZTVE-StB 94.

El objeto de esta norma técnica de ensayo no incluye ni valores límites admitidos ni instrucciones para realizar ensayos de contraste de referencia con otros métodos de ensayo.

1. Campo de aplicación y objeto

El ensayo dinámico de carga con placa es utilizable para determinar la capacidad portante y la calidad de compactación de capas de suelo y de bases granulares en la construcción de terraplenes y carreteras.

El ensayo no precisa de mucho tiempo y, por lo tanto, facilita la realización de ensayos con métodos estadísticos. Además, permite una rápida comprobación del grado de uniformidad de la zona ensayada. Comparada con el ensayo de placa de carga según DIN 18 134 esta aproximación es ventajosa ya que permite medidas en espacios confinados (por ejemplo, zanjas de uso general y relleno de trasdós de muros).

El procedimiento del ensayo es apropiado, en particular, para suelos de grano grueso y grano medio con un tamaño máximo de grano de 63 mm y puede ser aplicado para determinar el módulo de deformación E_{vd} en el rango de 15 a $70 \text{ MN} / \text{m}^2$.

2. Terminología

2.1 Ensayo dinámico de carga con placa

El ensayo dinámico de carga con placa con la ayuda del equipo de ensayo ligero de impacto es un procedimiento de ensayo en el cual el suelo recibe un impacto de fuerza máxima F_{\max} transmitida mediante la caída de un peso sobre una placa de carga circular de radio r que se supone rígida. Cuando el dispositivo está calibrado, esta fuerza es tal que la máxima tensión normal σ_{\max} debajo de la placa de carga es $0,1 \text{ MN} / \text{m}^2$ en el ensayo.

2.2 Módulo de deformación dinámico

El módulo de deformación dinámico E_{vd} es un indicador de la deformabilidad del suelo bajo el impacto de una carga vertical definida en 2.1 y con una duración t_{\max} (ver figura 1). En un caso particular su valor es calculado en términos de la amplitud s_{\max} del asiento de la placa de carga, en adelante llamado asiento, de acuerdo con la fórmula

$$E_{vd} = 1,5 \times r \times \sigma_{\max} / S_{\max} \quad (1)$$

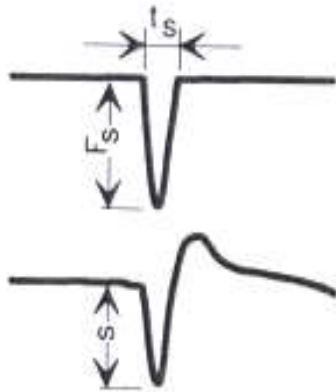


Figura1: Secuencia temporal de la fuerza de impacto ejercida por el equipo de ensayo ligero de impacto y el asiento que genera.

3. Componentes del equipo

3.1 General

Para realizar el ensayo dinámico de carga con placa se necesita un equipo de ensayo ligero de impacto.

El equipo comprende:

- placa de carga,
- medidor del asiento situado en el centro de la placa de carga en ángulo recto con la superficie receptora de la carga,e
- quipo de carga consistente en un peso suspendido, conjunto de muelle y barra o tubo guía con un resorte de liberación.

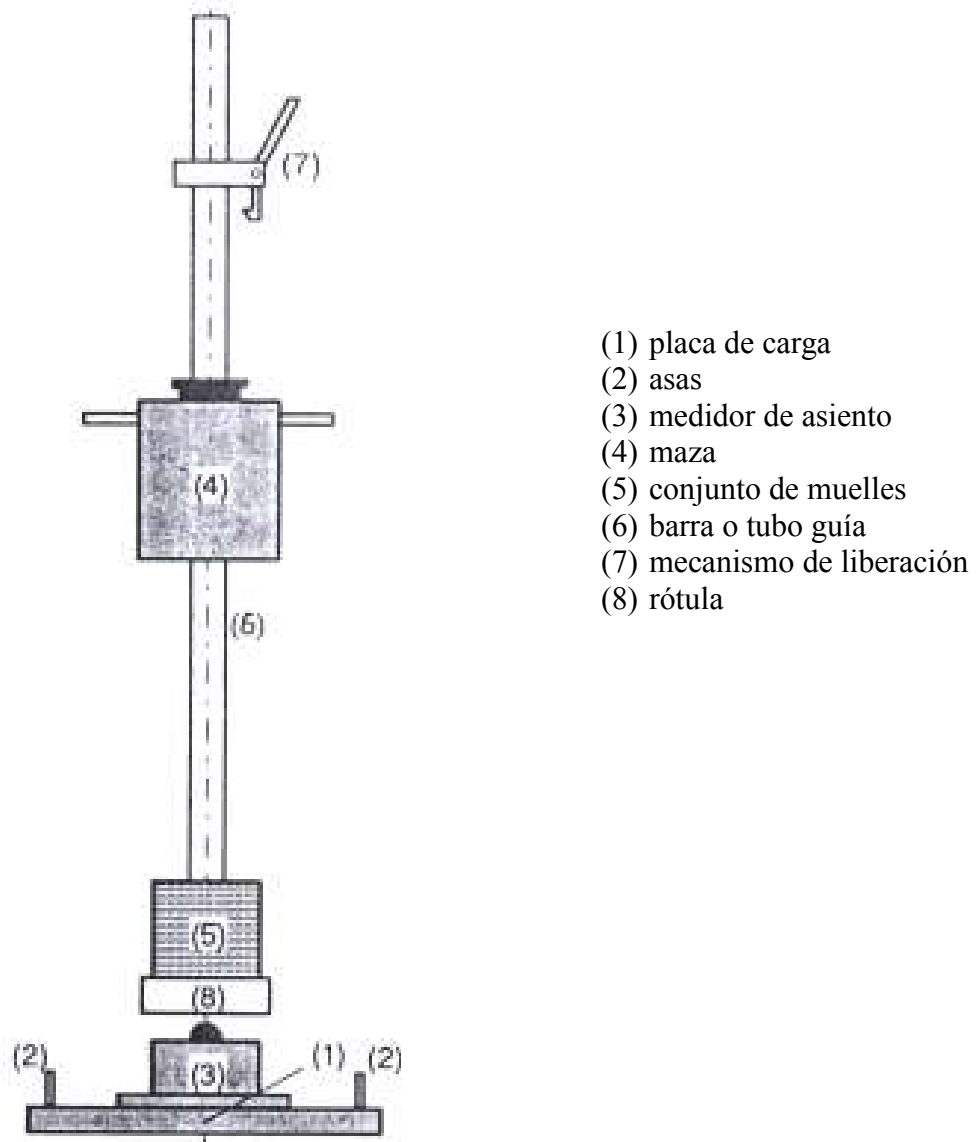


Figura 2. Esquema simplificado del equipo de ensayo ligero de impacto

3.2 Placa de carga

Las dimensiones de la placa de carga son las siguientes:

Diámetro = 300 mm ± 0,5 mm
 Espesor de la placa = 20 mm ± 0,2 mm

El material para la placa de carga debe ser acero de grado mínimo S355JO. La cara inferior debe ser lisa, debe tener una rugosidad media de 6,3 μm como máximo. La placa de carga debe tener dos asas. El sensor usado para las medidas de asientos debe estar fijado en el centro de la placa de carga. La masa de la placa de carga es:

15 kg ± 0.25 kg.

Esto incluye todos los componentes antes mencionados y todas las partes del equipo de medida de asientos fijados a la placa de carga.

3.3 Dispositivo de carga

El dispositivo de carga consiste en una maza de caída, un conjunto de muelles, un tubo guía o barra guía, y un mecanismo de liberación en la parte superior de la barra guía. El equipo ligero de impacto tiene dos componentes adicionales extremadamente útiles: una rótula en la base de la barra guía, y un cierre de transporte el cual inmoviliza la maza. Los datos técnicos especificados para el mecanismo de carga son los siguientes:

| | |
|-------------------------------------|---|
| Masa de la maza | = 10 kg ± 0,1 kg |
| Masa total de la barra guía | = 5 kg ± 0,1 kg (incluidos los componentes (5) a (8)) |
| Máxima fuerza de impacto F_{\max} | = 7,07 kN |
| Duración del impacto t_{\max} | = 17 ms ± 1,5 ms. |

El conjunto de muelles y maza han de estar calibrados de acuerdo con la sección 7, de modo que el promedio de la desviación de la fuerza de impacto sobre los valores especificados no sea mayor de un 1% en el rango de temperaturas entre 0 °C y 40 °C. También se debe hacer una comprobación para asegurarse de que la duración del impacto está también según lo especificado

La maza debe ser de acero por lo menos del grado S355JO, y la barra guía o tubo guía debe ser de acero cromado duro. La maza debe tener una forma que permita cogerla después del primer impacto en la placa de carga. Además, en el diseño y el mantenimiento se deben tomar medidas apropiadas para asegurar que la fricción entre la maza y la barra guía sea siempre mínima.

3.4 Dispositivo para medida de asiento

El dispositivo de medida de asiento comprende un sensor (sensor de aceleración) y el instrumento de lectura de las medidas. El instrumento de lectura de medidas utiliza la señal del sensor para determinar el asiento s_{\max} . El instrumento de lectura de medidas debe mostrar y almacenar el asiento máximo de cada impacto y el módulo de resiliencia E_{vd} . Por otra parte, el instrumento de lectura de medidas debe también mostrar y guardar la velocidad máxima v_{\max} bajo la carga del impacto. Tales instrumentos deben permitir medidas comprendidas en un rango de **0,3 mm** a **1,5 mm** en un radio de frecuencia no inferior a **8 Hz** hasta **100 Hz** y para un rango de temperaturas de aire de **0°C** a **40°C**. Además el dispositivo de lectura de medidas debe satisfacer todos los requisitos de calibración (Anexo A 1.3).

3.5 Equipo auxiliar

- pala,
- regleta,
- cepillo,
- paleta de albañil, espátula, arena seca de tamaño medio

4. Condiciones del ensayo

El ensayo dinámico de carga con placa puede ser utilizado en suelos de grano grueso y en suelos de grano mixto así como en suelos de grano fino firmes o sólidos. El porcentaje de granos en el suelo de más de **63 mm** debe ser insignificante.

Si el ensayo es realizado en arenas uniformes secas, en costras, o en suelos saturados cuyo nivel superior ha sido perturbado de algún otro modo, la zona alterada debe ser siempre retirada antes del inicio del ensayo. La densidad del suelo que se ensaya debe alterarse lo menos posible.

Los resultados del ensayo para suelos de grano fino (limos, arcillas) solo pueden ser obtenidos satisfactoriamente y evaluados cuando estos suelos son de consistencia dura.

La pendiente del área de ensayo no debe ser superior a 6%.

5. Desarrollo del ensayo

5.1 Preparación del área de ensayo

El área de ensayo debe ser preparada para que la placa de carga pueda ser colocada en una superficie lo más plana posible. Esta superficie se debe haber nivelado con las herramientas convenientes (regla o paleta de acero) o empujando y rotando la placa de carga. Las partículas sueltas de suelo deben ser quitadas. La cara interior de la placa de carga debe estar completamente en contacto con el suelo. En caso de necesidad, se debe rellenar cualquier desigualdad con arena seca de grano medio. Sin embargo, el relleno no debe desbordar de los huecos de debajo de la placa de carga.

5.2 Procedimiento de ensayo

Una vez la superficie de ensayo ha sido preparada y la placa de carga ha sido posicionada en el suelo, el dispositivo de carga es centrado en la placa de carga, y el dispositivo para leer la amplitud del asiento que se coloca en el centro de la placa de carga está listo para ensayar. La barra de guía se debe sostener verticalmente, incluso cuando la superficie de la prueba no es horizontal.

El ensayo debe ser precedido por tres impactos preliminares sobre la superficie de ensayo para que la placa de carga esté en perfecto contacto con el suelo. La maza debe caer libremente desde la altura calibrada, y es capturada y sujeta después de cada impacto.

Después de que el dispositivo de lectura de medidas ha sido encendido, la maza se suelta tres veces, y los asientos resultantes de los tres impactos son medidos con una precisión de $\pm 0,02$ mm. Se debe tener cuidado de asegurar que la maza cae exactamente desde la altura especificada y es capturada después de cada impacto.

El módulo dinámico de resiliencia E_{vd} en MN/m^2 es calculado mediante la ecuación (1) en función de la máxima tensión normal $\sigma_{max} = 0,1$ MN/m^2 bajo la placa de carga, el diámetro de la placa $2 \times r = 300$ mm y el valor medio s_{max} (mm) de los tres asientos, de la siguiente forma:

$$E_{vd} = 1,5 \times r \times \frac{\sigma_{\max}}{S_{\max}} = 1,5 \times 0,15 \text{ m} \times \frac{0,1 \text{ MN} / \text{m}^2}{S_{\max}} = \frac{22,5}{S_{\max}} \quad (1)$$

El módulo dinámico de resiliencia E_{vd} está expresado en MN/m^2 sin fracciones decimales (ej. $41 \text{ MN} / \text{m}^2$).

En caso de comprobaciones estadísticas, según TP BF-StB, parte E 1, el módulo dinámico de resiliencia E_{vd} debe ser indicado con un decimal (ej. $41,3 \text{ MN} / \text{m}^2$) (ver TP BF-StB, parte A 3).

El resultado del ensayo no debe ser evaluado si hay algún movimiento lateral de la placa de carga como resultado del impacto de la maza. (Este podría ser el caso si la inclinación del subsuelo es demasiado grande).

5.3 Excavación del punto de ensayo

Si los resultados obtenidos son inusuales (ej. si hay inclinaciones considerables, o la placa de carga se hunde en el suelo más de lo esperado, o los valores de asientos en la misma superficie difieren más de un 25%), entonces la tierra de debajo de la superficie de prueba en profundidad igual al diámetro de la placa debe ser excavada, o se debe repetir la medida en otra zona de ensayo contigua.

Para comprobar la conformidad de los suelos de grano fino con la consistencia indicada en la sección 4, se debe la excavar por lo menos en un punto ensayado hasta una profundidad de 30 cm.

6. Informe de ensayo y evaluación

El informe de ensayo debe contener los siguientes datos:

- identificación de la obra
- fabricante / número de serie del equipo
- localización del área de ensayo
- tipo de suelo
- condiciones atmosféricas (incluida temperatura)
- observaciones referentes a desviaciones del procedimiento especificado y ocurrencias inusuales
- resultado de las excavaciones, en su caso
- asientos medidos para cada zona ensayada
- módulo dinámico de deformación E_{vd} calculado en función del valor medio S de los asientos
- fecha de ensayo
- nombre de quien realiza el ensayo

El módulo dinámico de deformación E_{vd} es calculado de acuerdo con la fórmula (1), asumiendo que:

- el valor de la tensión normal bajo la placa de carga es $\sigma = 0,1 \text{ MN} / \text{m}^2$
- el valor del diámetro de la placa de carga es $2 \times r = 300 \text{ mm}$

- la fórmula (2), utilizando el valor medio de \bar{s} de los asientos en mm, es como sigue:

$$E_{vd} = 22,5 / S \quad (2)$$