

Unidad de Aprendizaje N°3

Compactación de suelos, tipos de fundaciones y diseño del hormigón.

Aprendizajes Esperados

1. Compactación de suelos, tipos de fundaciones y diseño del hormigón.

1.0 OBJETIVO.

El objetivo de esta guía es entregar los lineamientos generales y específicos para que los estudiantes puedan comprender la importancia de la determinación de la densidad por método del cono de arena, la forma y los equipos utilizados en la determinación de este ensayo.

La densidad natural o artificial de un suelo corresponde al cociente entre la masa de un suelo y el volumen total que la contiene. Para calcular el volumen que ocupa el material en el terreno se utiliza el método del cono de arena. Para tal efecto se utiliza el aparato de densidad (Cono de arena), cuya presentación esta referida a dos equipos.

Cono convencional de 6" para controlar el grado de compactación de suelos cuyo tamaño máximo sea de 50 mm.

Macro cono de 12" para controlar el grado de compactación de suelos cuyo tamaño máximo sea de 150 mm.



Cono de arena Tradicional



Macrocono



Arena Normalizada

2.0 ANTECEDENTES GENERALES.

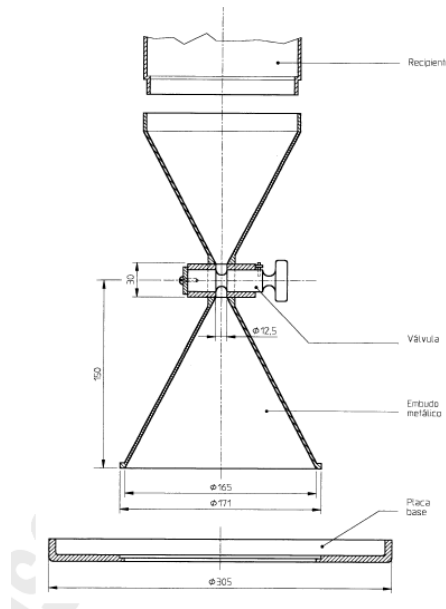
La determinación de la densidad por método del cono y arena es el más utilizado y ha permanecido en el tiempo vigente hasta nuestros días.

2.0 Aplicación.

- Este método es aplicable a suelos cuyo tamaño de partículas sea inferior o igual a 50 mm
- La norma de referencia Nacional corresponde a la norma Chilena NCh 1516 of 1979
- La norma de referencia internacional corresponde a la ASTM D-1556

3.0 Equipos y accesorios.

a) **Aparato de densidad.** Consiste en un embudo, una válvula cilíndrica de 12,5 cm de diámetro y en el otro extremo un recipiente de aproximadamente 4 litros de capacidad. La válvula tiene una operación de completamente abierta o completamente cerrada. Como parte del aparato también se suministra una placa base con el objetivo de realizar las perforaciones y disminuir las pérdidas.



b) **Arena estandarizada**, compuesta por partículas sanas, redondeadas, no cementadas, cuyo tamaño está comprendido entre 1 y 2 mm, la cual deberá ser lavada y secada en horno a $110\text{ C}^\circ \pm 5\text{ C}^\circ$ hasta masa constante. Se debe calibrar esta, determinando su densidad aparente suelta, con un mínimo de cinco determinaciones. El valor promedio se aceptara siempre que no difieran de este en más de 1% entre sí.



C) Dispositivo para calibración de la arena, recipiente metálico impermeable de forma cilíndrica con una capacidad volumétrica de 2000 a 3000 cm³.



D) Balanza, digital con una capacidad máxima de 15kg y una precisión de 1 g



E) Horno para secado, con control de temperatura que permita alcanzar $110\text{ C}^{\circ} \pm 5\text{ C}^{\circ}$



F) Envases, recipientes metálicos con tapa o bolsas plásticas, adecuados para contener las muestras y evitar que pierdan humedad o masa



G) Herramientas y accesorios, Picota, chuzo, pala para preparar superficie de ser necesario. Punto, brocha, martillo combo, cinta métrica y cuchara.



4) Procedimiento

1. Determinación de la densidad aparente suelta de la arena estandarizada.

- Se pesa la medida volumétrica (W_1) y se determina su capacidad volumétrica
- Se coloca el molde sobre una superficie plana, firme y horizontal, montando en él la placa base y el aparato de densidad, procurando que la operación sea similar a la que se desarrollará en terreno.
- Se abre la válvula y se deja escurrir la arena hasta llenar el molde, se cierra la válvula, se retiran el aparato de densidad y la placa base y se procede a enrasar cuidadosamente el molde, sin producir vibración, registrando el peso del molde más la arena que contiene. Esta operación se repetirá hasta obtener, a lo menos, tres pesadas que no difieran entre sí más de un 1%.



A

Válvula cerrada



B

Válvula abierta



Proceso de enrasado

- Promediando los valores, se obtiene el peso del molde con arena (W_2) y se determina la densidad aparente suelta de la arena

2. Determinación el peso de arena necesario para llenar el cono y el espacio de la Placa base.

- Se llena el aparato de densidad con arena registrando el peso del conjunto (W_3).
- Se coloca la placa base sobre una superficie plana, firme y horizontal, montando en ella el aparato de densidad. Se abre la válvula y se espera hasta notar que la arena ha parado de fluir, momento en el cual se cierra la válvula.



c) Finalmente se registra el peso del aparato de densidad más la arena remanente (W_4). Esta operación se repetirá para obtener un segundo valor que se promediará con el anterior y por diferencia de pesos se obtendrá la masa de arena que llena el cono y el espacio de la placa base (W_5).

3. Determinación del volumen del agujero.

a) Nivelada la superficie a ensayar, se coloca la placa base y se procede a excavar un agujero dentro de la abertura de ésta. El volumen de suelo más o menos a remover, será el indicado en la tabla S04.1, la cual está en función del tamaño máximo de las partículas del suelo. Este material extraído será depositado dentro de un recipiente hermético.



b) Se pesa el aparato de densidad con el total de arena (W_8), el que es puesto enseguida sobre la abertura de la placa base y se abre la válvula dejando escurrir la arena hasta que se detenga, momento en el cual se cierra la válvula y se determina el peso del aparato de densidad más la arena remanente (W_9).



c) Se recupera la arena de ensayo desde dentro del agujero y se deja en un envase aparte, de modo de reacondicionarla para poder volver a utilizarla en otra toma de densidad.

4. Determinación de la masa seca de material extraído.

a) El material removido se deposita en un recipiente hermético al que previamente se le determinó su peso (W_6). El conjunto se pesa para obtenerle peso del material más el recipiente (W_7).

b) Luego, dentro del recipiente se mezcla el material y se obtiene una muestra representativa (W_{10}) según la tabla S04.1 para determinar mediante secado a estufa en terreno, el peso de la muestra seca (W_{11}) y por ende su humedad (w).

c) Finalmente, se extrae otra muestra representativa la que se deposita dentro de un envase sellado para obtener la humedad en laboratorio, la que se compara con la de terreno.

4.1 Cálculos

- Calcular la densidad aparente suelta (DAS) o peso unitario suelto de la arena, mediante la siguiente expresión:

$$DAS = (W2 - W1) / V1 \text{ (gr / cm}^3 \text{)}$$

Dónde:

W1 = peso del molde de compactación (gr.)

W2 = peso del molde más arena estandarizada (gr.)

V1 = volumen del molde de compactación (cm³.)

- Calcular el peso de arena (W5) para llenar el cono y el espacio de la placa base, Mediante la siguiente expresión:

$$W5 = W3 - W4 \text{ (gr)}$$

Dónde:

W3 = peso aparato de densidad lleno de arena (gr.)

W4 = peso aparato de densidad con arena remanente (gr.)

- Calcular el contenido de humedad (w) del material removido:

$$w = (W10 - W11) / W11 * 100 \text{ (}\% \text{)}$$

Dónde:

W10 = peso de la muestra representativa húmeda (gr.)

W11 = peso de la muestra representativa seca (gr.)

-Calcular el peso del material seco extraído (W12):

$$W12 = (W7 - W6) / (w + 100) * 100 \text{ (}\% \text{)}$$

Dónde:

W6 = peso del recipiente hermético (gr.)

W7 = peso del recipiente hermético más el suelo húmedo (gr.)

- Calcular el volumen (V) del material extraído:

$$V = (W8 - W9 - W5) / DAS \text{ (cm}^3 \text{)}$$

Dónde:

W8 = peso del aparato de densidad lleno de arena (gr.)

W9 = peso del aparato de densidad con arena remanente (gr.)

- Calcular el peso unitario densidad seca in situ (d) del material extraído, mediante la siguiente expresión:

$$d = W12 / V \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

4.2 Tabla Tamaño de la perforación de ensayo y de la muestra para determinar la humedad

Tamaño máximo de partículas del suelo Mm	Tamaño mínimo de la perforación de ensayo		Tamaño mínimo de la muestra para determinación de humedad g
	cm ³	1	
50	2 800	2,8	1 000
25	2 100	2,1	500
12,5	1 400	1,4	250
5	700	0,7	100

5. OBSERVACIONES

a) Generalmente es deseable contar con una arena uniforme o de un solo tamaño para evitar problemas de segregación, de modo que con las condiciones de vaciado pueda lograrse la misma densidad, del suelo que se ensaya.

b) En el momento de ensaye en terreno, se debe evitar cualquier tipo de vibración en el área circundante, ya que esto puede provocar introducir un exceso de arena en el agujero.

c) En suelos en que predominan las partículas gruesas es recomendable determinar la humedad sobre el total del material extraído.

6. Otros métodos para determinar las densidades in situ

- Método con densímetro nuclear.
- Método del balón de caucho.
- Método del densímetro de membrana.
- Método del cono gigante.

7.0 Ficha de ensayo

		1	2	3
KILOMETRO				
CAPA O COTA				
LADO				
ESPESOR				
A	Densidad Arena de Ensayo (g/cm ³)			
B	Masa Suelo Humedo (g)			
C	Masa Arena (g)			
D	Masa de Arena Remanente (g)			
E	Masa Arena Embudo (g)			
F	Volumen Excavación (C-D-E)/A (cm ³)			
G	Densidad Humeda B/F (g/cm ³)			
H	Densidad Seca $G/(1+(w/100))$ (g/cm ³)			
I	DMCS (g/cm ³)			
J	% de Compactación $100*(H/I)$ (%)			
HUMEDAD				
K	Masa Cap. + Suelo Humedo (g)			
L	Masa Cap. + Suelo Seco (g)			
M	Masa Capsula (g)			
	Masa Agua (K-L) (g)			
N	Masa Suelo Seco (L-M) (g)			
W	Humedad $100*(K-L)/N$ (%)			

8.0 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

8.1 Control de densidad in situ (En terreno)

1. Seleccione el lugar de ensayo.
2. Limpie la superficie y empareje de ser necesario
3. Asiente la placa
4. Perfore el agujero desde en el interior de la placa
5. Limpie con brocha y retire el material, guárdelo en el envase o bolsa y determine su masa
6. Cierre la válvula y llene el cono con arena previa calibrada y registre su masa
7. Dispóngalo sobre la placa y abra la válvula
8. Espere hasta que la arena deje de caer y cierre la válvula
9. Levante el cono y registre su masa.
10. Recupere la arena en la excavación.
11. Calcule la densidad húmeda de terreno

9.0 Autoevaluación de la actividad (1 a 7)

- Disposición al trabajo en equipo
- Actitud frente al grupo
- Realizo trabajo físico
- Realizo trabajo intelectual
- Se motivó con la actividad
- Evaluación Nota final

10. BIBLIOGRAFÍA.

- Delgado V, Manuel Ingeniería de Cimentaciones México, Alfa Omega Editorial, 1998
- Bowles E, Joseph Manual de Laboratorio de Suelos e Ingeniería Civil México, Editorial Mc Graw-hill ,1985
- Guzmán Euclides Manual de edificación Santiago, Editorial Universitaria , 1995
- Berry, Peter. Y Reid, David Mecánica de Suelos. Colombia, Editorial Mc Graw-Hill, 1993.
- Terzaghi, Karl. Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica. Barcelona, Editorial “El Ateneo”, 1980.
- M.O.P. Especificaciones y métodos de muestreo y ensayo de la dirección de vialidad.
- INN, NCh 1516, Of 1979, Densidad in Situ, Método del Cono de Arena.