

ÍNDICE

PRÁCTICA # 1	Prueba de complexión simple	1
PRÁCTICA # 2	Prueba triaxial rápida	2
PRÁCTICA # 3	Pruebas de compactación	4
PRÁCTICA # 3.1	Prueba proctor estándar	5
PRÁCTICA # 3.2	Prueba proctor modificada	7
PRÁCTICA # 3.3	Prueba Porter	7
PRÁCTICA # 4	Valor relativo de soporte estándar	10
PRÁCTICA # 5	Peso volumétrico en el lugar y grado de compactación	12
PRÁCTICA # 6	Equivalente de arena	14
BIBLIOGRAFÍA	17

PRÁCTICA # 1.

PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE

Objetivo:

Determinar la Cohesión (C) del suelo en estudio, al aplicarle carga axial a una muestra cilíndrica de suelo.

Equipo y material que se utiliza:

- Prensa con buena aproximación o una prensa triaxial
- Calibrador con vernier
- Balanza con aproximación a 0.1 gr.
- Cronómetro
- Molde cilíndrico
- Pisón
- Suelo arcilloso

Procedimiento:

1. Si se trata de muestra inalterada, se labran los cilindros; también se pueden remoldear, tratando de reproducir el peso volumétrico que se requiera, buscando que el diámetro de estos, sea de 3.6 cms. y la altura sea de 2 a 3 veces el diámetro.
2. La muestra es medida y pesada y se anota en el registro correspondiente.
3. Se coloca la muestra en la prensa, se le coloca la placa de aplicación de carga.
4. Se procede a aplicar la carga a la muestra, tomando lecturas de carga y deformación correspondiente a cada 15 segundos, hasta que el espécimen falle, esto es, que se registren 2 cargas iguales o que de una carga menor que la inmediata anterior.
5. Se realizan los cálculos del registro y se obtiene el valor de la Cohesión del suelo con la siguiente fórmula:

$$\text{COHESIÓN (C)} = q_u/2; \quad \text{donde: } q_u = \text{Esfuerzo máximo (kg/cm}^2\text{)}$$

PRÁCTICA # 2. PRUEBA TRIAXIAL RÁPIDA

Objetivo:

Objetivo: Determinar la Cohesión (C) y el Angulo fricción interna (ϕ) del suelo en estudio.

Equipo y material que se utiliza:

- Prensa triaxial
- Depósito para agua con manómetro
- Compresor
- Calibrador con vernier
- Cronómetro
- Balanza con aproximación a 0.1 gr.
- Horno
- Membranas de látex
- Torno para el labrado
- Mangueras de plástico reforzada
- Cuchillo y arco con alambre acerado
- Molde cilíndrico
- Pisón
- Muestra inalterada

Procedimiento:

1. Para esta prueba se requiere probar 3 especímenes a diferente presión confinante, aunque se preparan 4 por si se necesita verificar algún resultado. Los especímenes podrán obtenerse de muestras inalteradas, labrándose en el torno especial, o de muestras alteradas, que en este caso se remoldean, utilizando un molde y un pisón, compactando el suelo y reproduciendo un cierto peso volumétrico.
2. Los especímenes se harán de 3.6 cm de diámetro y la altura será de 2 a 3 veces el diámetro.
3. Determinése la densidad y la humedad del suelo en estudio.
4. Si las muestras son labradas se medirán los diámetros: superior (D_s), central (D_c) e inferior (D_i).
5. Las muestras se introducen a un recipiente hermético para que no pierdan humedad.
6. Se inicia con la muestra No. 1, la cual es medida y pesada, anotándose estos datos en el registro correspondiente.
7. Se coloca la muestra en la base de la cámara triaxial, se le coloca el cabezal encima, se cubre la muestra con una membrana de látex, ligada perfectamente para evitar que penetre el agua que se utiliza para dar confinamiento al suelo.
8. Se saca el vástago de carga y se coloca la cámara triaxial sobre la muestra, se ajustan los tornillos, se baja el vástago hasta que este toque el cabezal.
9. Se coloca la cámara en la prensa, utilizando la manivela se sube la cámara hasta que el micrómetro que indica la carga se mueva una unidad y enseguida se introduce el agua que dará la presión confinante, con la cual se va a ensayar el primer espécimen. Teniendo cuidado de revisar la válvula que se encuentra en la parte superior de la cámara, la cual debe estar ligeramente abierta y cuando salga poca agua, esto nos indica que la cámara se llenó completamente de agua, por lo que se procede a cerrar esta válvula.
10. Se coloca la manivela en la tercera muesca; esto es para que la prensa funcione por medio del motor a una velocidad constante (1.14 mm por minuto), se ajustan los 2

extensómetros (el que registra unidades de carga y el de unidades de deformación) en cero.

11. Se aplica la carga, tomándose lecturas de unidades de carga y unidades de deformación a cada 30 seg. o cada minuto, hasta que se registren 2 unidades de carga iguales. También se dejan de tomar lecturas o se suspende el ensaye, si la muestra de suelo presenta una deformación del 20% con respecto a la altura inicial.
12. Se elimina la presión de confinamiento y se saca el espécimen fallado, se hace un croquis de este y se somete a secado en el horno para obtener el contenido de agua.
13. Para los especímenes restantes se utiliza el mismo procedimiento, lo único que se hace es variar la presión de confinamiento.
14. Cuando ya se probaron todos los especímenes, se calculan los esfuerzos en los diferentes intervalos de tiempo, para cada espécimen. Se toma el mayor esfuerzo obtenido en cada espécimen y es este el que se grafica; se le conoce como esfuerzo desviador ($\sigma_1 - \sigma_3$).
15. Para obtener la Cohesión (C) y el Ángulo de fricción interna del suelo (ϕ), se usan los círculos de Mohr; en donde el diámetro del círculo será el esfuerzo desviador.
16. Para el trazo de los círculos se utiliza un eje vertical y otro horizontal. En el vertical van los esfuerzos tangenciales y en el horizontal van los esfuerzos normales. Para poder graficar lo anterior se debe fijar una escala de esfuerzos; por ejemplo:
1:1 (1 cm = 1 kg/cm²), 2:1, etc.
17. Ya que se trazaron los círculos, se traza una tangente a estos hasta cortar el eje vertical; la distancia que existe a partir del origen hasta el corte antes descrito y medida en la escala previamente fijada, se le conoce como Cohesión del suelo.
18. Para obtener el Ángulo de fricción interna del suelo; se traza una horizontal que corte la tangente antes descrita; el ángulo formado por la horizontal y la tangente será el de fricción interna del suelo, que puede ser medido con un transportador u obtenido con la función tangente.

PRÁCTICA # 3.

PRUEBAS DE COMPACTACIÓN

Se entiende por compactación la aplicación mecánica de cierta energía, o cantidad de trabajo por unidad de volumen, para lograr una reducción de los espacios entre las partículas sólidas de un suelo, con el objeto de mejorar sus características mecánicas. Al obtenerse un mejor acomodo de las partículas sólidas y la expulsión de aire que contiene el suelo, se produce un aumento de su peso volumétrico o específico.

Si a un suelo cuya humedad es baja se le van dando ciertos incrementos a su contenido de agua y se le aplica cada vez la misma energía de compactación, su peso volumétrico va aumentando, propiciado por la acción lubricante del agua, hasta que llega un momento en el que el peso volumétrico del material seco, calculado a partir del peso volumétrico del material húmedo y de la humedad, alcanza un valor máximo.

Al contenido de agua con el que se obtiene el mejor acomodo de partículas y el mayor peso volumétrico o específico del material seco, para una determinada energía de compactación, se le denomina humedad óptima y al peso volumétrico correspondiente se le designa como peso volumétrico o peso específico seco máximo.

Cuando a partir de esta condición de humedad óptima y peso volumétrico seco máximo, se incrementa el agua para un mismo volumen, el agua con el aire remanente ocuparían el lugar de algunas partículas de suelo, obteniéndose en consecuencia pesos volumétricos que van siendo menores a medida que el agua aumenta. Si en un sistema de ejes coordenados se sitúan los puntos correspondientes a cada peso volumétrico seco con su respectiva humedad y se unen con una curva, quedará representada la variación del peso volumétrico de un material para diferentes contenidos de agua y una misma energía de compactación; esta curva adopta aproximadamente la forma de una parábola, siendo más pronunciada su curvatura en el caso de suelos arenosos que en los suelos arcillosos.

El contenido de agua óptimo y el peso volumétrico seco máximo de un suelo, también varían con la energía de compactación; cuando ésta se aumenta, se obtienen mayores pesos volumétricos secos máximos con humedades óptimas menores. A su vez, la humedad óptima y el peso volumétrico seco máximo son función del tipo de suelo; los suelos gruesos, para una misma energía de compactación, tienen en general mayores pesos volumétricos y menores contenidos de agua que los suelos finos.

De acuerdo con la naturaleza de los materiales y con el uso que se les pretenda dar, se han establecido procedimientos de prueba para llevar a cabo la compactación de los suelos en el laboratorio, con objeto de referenciar y evaluar la compactación que se alcanza con los procedimientos aplicados en el campo, para determinar el grado de compactación del material. Tomando en cuenta la forma de aplicar la energía al material, las pruebas de compactación que generalmente se emplean son de los siguientes tipos:

- a) Por impactos, como son las pruebas de: Compactación dinámica AASHTO estándar, Proctor SOP, AASHTO modificada de 3 y 5 capas y los Métodos de California y de Texas.
- b) Por carga estática, como es la prueba de compactación Porter.

- c) Por amasado, como es el caso del método de compactación de Hveem.
- d) Por vibración, como es el método de compactación en que se utiliza una mesa vibratoria.

En este curso se verán las siguientes pruebas de compactación:

Proctor estándar o AASHTO estándar variante A

Proctor modificada o AASHTO modificada variante D

La prueba Porter (prueba de compactación por carga estática)

3.1. PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR

Objetivo:

Determinar el peso volumétrico seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x.}$) y la humedad óptima ($W_{\acute{o}pt.}$) del suelo en estudio.

Esta prueba es recomendada a suelos arcillosos que pasan la malla No. 4.

Equipo y material que se utiliza:

- o Compactador automático
- o Molde de compactación de 0.94 lts. y su extensión
- o Pisón de un peso de 2.5 Kg.
- o Charola rectangular de 40X60 cms.
- o Cápsulas de aluminio
- o Horno
- o Balanza con aproximación a 0.1 gr.
- o Probeta con capacidad de 100 ml.
- o Malla No. 4
- o Regla o solera para enrasar
- o Vaso de aluminio
- o Agua
- o Aceite y brocha
- o Estopa para limpieza del molde
- o Suelo arcilloso que pasa la malla No. 4

Procedimiento:

1. Se pesan las cápsulas de aluminio y el molde de compactación, anotando estos datos en el registro correspondiente.
2. Se prepara una muestra de 3 Kg. de suelo secado al sol, se le incorpora la cantidad de agua suficiente para tenga de un 4 a un 6% abajo de la humedad óptima, se uniformiza la humedad, se vacía suelo húmedo a la primera cápsula de aluminio que se haya pesado, hasta completar las $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad, la cual se pesa y se registra como:

(Peso de cápsula + suelo húmedo)

Las cápsulas se introducen al horno; esto es con el fin de determinar el contenido de agua para este ensaye.

3. Con el material restante, llenamos el molde, compactándolo en 3 capas aproximadamente iguales, dándole 25 golpes a cada una de estas. Después de que se haya compactado en suelo, la última capa no debe salir del molde mas de 2.5 cms.

4. Se enrasa el molde y se pesa, registrándolo como: Peso del molde + suelo húmedo.
5. Se saca el material del molde, se reintegra al resto del material que se encuentra en la charola, se disgrega hasta dejarlo como estaba inicialmente.
6. Se le hace el incremento de agua recomendado, que es de un 2% con respecto al peso inicial de la muestra (3,000 grs.); por lo que la cantidad de agua a agregar es:

$$\text{Cantidad de agua} = 3,000 \times 0.02 = 60 \text{ grs. de agua ó 60 ml.}$$

7. Se distribuye la humedad en forma homogénea y se repite la compactación como se describió anteriormente; se compacta las veces necesarias hasta que el peso del molde + suelo húmedo de un valor igual o menor que el inmediato anterior.
8. Es recomendable que esta prueba se logre en un mínimo de 4 ensayos y un máximo de 6, con el fin que se logre definir la parábola de forma completa.
9. Después de 24 hrs. las cápsulas son extraídas del horno y se pesan, registrándolas como:

$$\text{Peso de cápsula + suelo seco}$$

10. Se obtienen los cálculos del registro de la siguiente forma:

$$\text{Peso del suelo húmedo (Wm)} = (\text{Peso del molde + suelo húmedo}) - (\text{Peso del molde})$$

$$\text{Peso volumétrico húmedo en kg/m}^3; \gamma_m = \frac{W_m}{V}; \text{ donde: V = Volumen del molde, en m}^3$$

$$\text{Peso del agua (Ww)} = (\text{Peso de cápsula + suelo húmedo}) - (\text{Peso de cápsula + suelo seco})$$

$$\text{Peso del suelo seco (Ws)} = (\text{Peso de cápsula + suelo seco}) - (\text{Peso de cápsula})$$

$$\text{Contenido de agua } (\omega) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$\text{Pesos volumétricos secos } (\gamma_d) = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

11. Se grafican los 2 últimos renglones del registro, de la siguiente forma:
En el eje de las abscisas se indican los contenidos de agua (ω) en % y en el eje de las ordenadas los pesos volumétricos secos (γ_d).
12. En el punto mas alto de la parábola, con la horizontal se obtiene el peso volumétrico seco máximo ($\gamma_{d\text{máx.}}$) y con la vertical se obtiene la humedad óptima ($\omega_{\text{ópt.}}$).

3.2 PRUEBA PROCTOR MODIFICADA

Objetivo:

Determinar el peso volumétrico seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x.}$) y la humedad óptima ($W_{\acute{o}pt.}$) del suelo en estudio.

Esta prueba es recomendada a suelos arcillosos que pasan la malla de $\frac{3}{4}$ ".

Equipo y material que se utiliza:

- Molde de compactación de 2.45 lbs. y su extensión
- Pisón de un peso de 4.5 Kg.
- Charola rectangular de 40X60 cms.
- Cápsulas de aluminio
- Horno
- Balanza con aproximación a 0.1 gr.
- Probeta con capacidad de 500 ml.
- Malla de $\frac{3}{4}$ "
- Regla o solera para enrasar
- Vaso de aluminio
- Agua
- Aceite y brocha
- Estopa para limpieza del molde
- Suelo arcilloso que pasa la malla de $\frac{3}{4}$ "

Procedimiento:

1. El procedimiento es similar al de la prueba Proctor estándar, con ligeras variantes como lo es la energía de compactación debido a que se trata de un suelo arcilloso con gravas y se utiliza un molde mas grande, empleando 56 golpes de pisón por capa.
Todo el proceso, cálculos, la forma de graficar, etc. es igual que la prueba anterior.

3.3 PRUEBA PORTER (PRUEBA DE COMPACTACIÓN POR CARGA ESTÁTICA)

Objetivo:

Determinar el peso volumétrico seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x.}$) y la humedad óptima ($W_{\acute{o}pt.}$) del suelo en estudio.

Esta prueba es recomendada a suelos friccionantes (gravas y arenas) que pasan la malla de 1"; suelos que comúnmente se utilizan en la construcción de terracerías.

Equipo y material que se utiliza:

- Molde de compactación de 2.45 lbs. y su extensión
- Charola rectangular de 40X60 cms.
- Prensa con 30 tons. de capacidad
- Placa de carga, con área ligeramente menor a la del molde
- Estufa
- Balanza con aproximación a 0.1 gr.
- Probeta con capacidad de 500 ml.
- Malla de 1"
- Varilla punta de bala de $\frac{3}{4}$ " de diámetro

- Vaso de aluminio
- Calibrador con vernier
- Agua
- Cucharón

Procedimiento:

1. Se pesan 4.5 Kg. de suelo seco al sol, que haya pasado la malla de 1" se vacían a una charola rectangular y se le aplica la cantidad de agua que se considere que es óptima, se uniformiza en la muestra.
Es recomendable que el agua que se va a aplicar al suelo, sea medida en una probeta, para tener una referencia de incremento de agua.
2. Se pesan 500 grs. de suelo húmedo (Wh) y se someten a secado en la estufa; esto con el fin de determinar el contenido de agua.
3. Se pesan 4 Kg. del suelo húmedo, los cuales se introducen al molde de compactación en 3 capas, dándole 25 golpes a cada capa con la varilla punta de bala.
4. Se centra el molde con la muestra en la prensa, se le aplica al suelo una presión de 140.6 kg/cm^2 ; para esto, se debe multiplicar ésta presión por el área del molde, dando como resultado una carga (P) = 27,000 Kg. aproximadamente.
5. Esta carga se aplica de la siguiente manera:
De 0 a 27 tons. deben transcurrir 5 minutos.
Sostener en 27 tons. por un minuto y
se descarga en otro minuto.
6. Al aplicar ésta carga, se observa si la placa que sirve de base del molde se humedeció ligeramente, si así ocurrió, esto indica que el suelo tiene la humedad óptima y la prueba se da por terminada, por lo que se procede a hacer mediciones de volumen compactado y efectuar los cálculos. De quedar una placa inferior seca, se pesan otros 4.5 Kg. de suelo y se repite el proceso, pero ahora con un 2% mas de agua con respecto a la referencia, haciendo todo el proceso antes descrito, hasta que se humedezca la placa inferior.
También puede suceder que al compactar el material, expulse agua por los lados, si esto sucede, tómese otra muestra de 4.5 Kg. y aplíquese un 2% menos de agua con respecto a la cantidad inicial de referencia.
7. Cuando la prueba se ejecutó bien, se retira el collarín del molde y se mide la diferencia de altura del molde (L_1) y el espécimen, haciendo 4 lecturas, debido a que no resulta una superficie a nivel, con éstas se obtiene un promedio y se les llama (L_3).
8. Se obtiene el peso volumétrico húmedo (γ_m):

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_c}; \text{ donde: } W_m = \text{Peso del suelo húmedo, en Kg.}$$

$$V_c = \text{Volumen compactado, en m}^3$$

$$V_c = (\text{Área del molde})(\text{Altura del espécimen})$$

$$\text{Altura del espécimen } (L_2) = L_1 - L_3$$

9. Se obtiene el contenido de humedad óptimo en porcentaje, se retira la muestra de la estufa, se deja enfriar a la temperatura ambiente y se pesa, obteniendo el peso seco del suelo (W_s):

$$\omega = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

10. Se obtiene el peso volumétrico seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x.}$):

$$\gamma_{dm\acute{a}x.} = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

PRÁCTICA # 4.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR (V.R.S. std.)

Objetivo:

Determinar si el suelo en estudio, tiene la calidad para ser empleado en las capas: base, sub-base y sub-rasante.

Para ésta prueba se utiliza un suelo compactado por medio de la prueba Porter.

Equipo y material que se utiliza:

- o Todo el equipo y materiales utilizados en la prueba Porter
- o Prensa con capacidad de 5, 000 Kg..
- o Depósito con agua para saturar el suelo compactado
- o Papel filtro de 15.2 cm de diámetro
- o Placa circular perforada de 15.2 cm de diámetro
- o 2 placas circulares de carga de 15.2 cm de diámetro y de 3 Kg.. de peso cada una
- o Un trípode metálico para referencia de mediciones
- o Pistón de penetración de 4.95 cms. de diámetro
- o Extensómetro con carrera de 2.54 cms. y una aproximación de 0.01 mm.
- o Cronómetro o reloj
- o Calibrador con vernier

Procedimiento:

1. Estando el suelo ya compactado, se pone encima un papel filtro, para que no se erosione, al momento de introducirlo a inmersión total en agua.
2. Arriba del papel se coloca una placa circular perforada y encima de ésta, las 2 placas circulares de carga, sobre la extensión del molde se coloca el trípode, que servirá como referencia de mediciones de altura y conocer si el suelo presenta expansión.
3. Se introduce todo el conjunto al depósito con agua, de tal forma que el molde quede sumergido, con un tirante de 2 cms. arriba del borde superior de la extensión del molde.
4. Utilizando el vernier, se hace una primera lectura de altura, medida sobre el trípode hasta la parte central de vástago de la placa circular perforada; anotando esta lectura como (Li), se verifica cada 24 hrs. y cuando en dos lecturas sucesivas se observe que no hay diferencia, se anota su valor como lectura final (Lf) con aproximación de 0.01 mm. El período de saturación generalmente varía de 3 a 5 días.
5. Todo lo descrito en paso 4, es con el fin de determinar el porcentaje de expansión que puede tener un suelo y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Expansión} = \frac{Li - Lf}{he} \times 100; \text{ donde: } he = \text{Altura del espécimen, en cms.}$$

6. Se retira el molde del agua, se le retira la extensión, el papel filtro y la placa circular perforada, colocándose en medio de las placas de carga el pistón de penetración, después se coloca el molde en la parte central de la prensa.
7. Se coloca el extensómetro que va indicar las penetraciones estandarizadas para esta prueba; estas son:
 - 1.27 mm.
 - 2.54 mm
 - 3.81 mm.

5.08 mm.
7.62 mm.
10.16 mm y
12.70 mm

8. Se aplica una precarga de 10 Kg. e inmediatamente después, sin retirar la carga, se ajusta el extensómetro en cero, para iniciar la penetración vertical del pistón de penetración.
9. Se aplica carga para que el pistón penetre al espécimen a una velocidad de 1.27 mm./min., anotando las cargas necesarias para obtener cada una de las penetraciones descritas anteriormente.
10. Los resultados se llevan a la gráfica (penetraciones contra carga), obteniéndose la llamada curva de valor relativo de soporte estándar y se obtiene finalmente el resultado de este con la siguiente fórmula:

$$\text{V.R.S. std.} = \frac{C_{2.54}}{1360} \times 100; \text{ donde; } C_{2.54} = A \text{ la carga correspondiente a la penetración de 2.54 mm.}$$

en Kg.

1360 = Equivale a la carga que presentaría un material de buena calidad, para esa penetración; por ejemplo: una caliza triturada.

PRÁCTICA # 5.

PESO VOLUMÉTRICO EN EL LUGAR Y GRADO DE COMPACTACIÓN

El procedimiento que se describe a continuación tiene por objeto determinar el grado de acomodo de las partículas de un suelo en su estado natural o bien, de las de un material pétreo que forma parte de una estructura, ya sea que esta se encuentre en construcción o terminada; fundamentalmente consiste en relacionar el peso volumétrico seco en el lugar, con el respectivo peso volumétrico seco máximo, expresándose el resultado en porcentaje; ambas determinaciones se efectúan con porciones de suelo o material, correspondientes a un mismo tamaño máximo, el cual queda limitado de acuerdo con la fracción de suelo que se utilice en la prueba de compactación de laboratorio considerada.

Objetivo:

Determinar el peso volumétrico en el terreno de la Facultad y con este, determinar el % de compactación que tiene este suelo; esta determinación se hará por el método tradicional.

Equipo y material que se utiliza:

- Una barreta o barra
- Mallas: No. 4, la de $\frac{3}{4}$ " y la de 1" (dependiendo de la prueba de compactación de laboratorio)
- Mallas No. 8 y No. 16
- Bascula con capacidad de 20 Kg. y aproximación a 10 grs.
- Recipiente para vaciar el suelo excavado
- Cubeta que contiene la arena
- Horno o estufa
- Cristal de reloj
- Espátula
- Charola de aluminio
- Arena cribada equivalente a la arena de Ottawa

Procedimiento:

1. Se limpia muy bien la superficie donde se hará el sondeo, se dibuja con el dedo el diámetro de la excavación, que será de aproximadamente de 15 cms. y la profundidad será de 20 cms; esta, en la obra dependerá del espesor de la capa que se haya compactado.
2. Se realiza la excavación con la barreta, tratando que las paredes de la excavación queden lo mas verticalmente posible, sin hacer palanca con la barra, para no alterar el material adyacente.
3. Se pesa el material excavado, excepto las partículas que son desechadas en la prueba de compactación correspondiente para el material en estudio; este peso se anota en el registro, como: Peso húmedo extraído.
4. De este material se toma una porción para determinar el contenido de humedad, el resultado se anota en el registro como: Humedad del lugar en %.
5. Se pesa la arena equivalente a la arena de Ottawa y se anota como: Peso inicial de la arena.

Esta arena se utiliza para determinar el volumen del sondeo, únicamente.

6. Se llena la excavación con esta arena, formando una capa y colocando una parte de las partículas que fueron excluidas, después se vacía mas arena para formar otra capa y se colocan mas partículas, hasta llenar el sondeo con la arena al mismo nivel del terreno. Debe buscarse que en la colocación de las partículas excluidas no queden huecos, porque nos afectaría en el resultado del volumen del sondeo.
La arena restante se pesa y se registra como: Peso final de la arena.
7. Se recupera la arena utilizando para esto, las mallas por las que se cribó inicialmente (Mallas No. 8 y No. 16).
8. Se obtiene lo que está en el registro como Diferencia, que representa la cantidad de arena en peso que se empleó para llenar el sondeo o excavación y se obtiene de la siguiente forma:

$$\text{Diferencia} = \text{Peso inicial de la arena} - \text{Peso final de la arena}$$

9. Se obtiene el volumen del sondeo, de la siguiente forma:

$$\text{Volumen del sondeo (lts.)} = \frac{\text{Diferencia.(kg)}}{\text{Peso.volumetrico.arena.(kg / lt)}}$$

10. Se obtiene el Peso volumétrico húmedo del lugar (P.V.H.L.), de la siguiente forma:

$$\text{P.V.H.L.} = \frac{\text{Peso.húmedo.extraído.(kg)}}{\text{Volumen.del.sondeo.(m}^3\text{)}}$$

11. Se obtiene el Peso volumétrico seco del lugar (P.V.S.L.) o γ_{lugar} , de la siguiente forma:

$$\text{P.V.S.L.} = \frac{\text{P.V.H.L.(kg / m}^3\text{)}}{\frac{\omega}{1 + \frac{\omega}{100}}}; \quad \text{donde: } \omega = \text{Humedad de lugar en \%}$$

12. Se obtiene el grado o porcentaje de compactación, de la siguiente forma:

$$\text{Compactación} = \frac{\text{P.V.S.L.}}{\gamma_{dm\acute{a}x.}} \times 100 = \frac{\gamma_{\text{lugar}}}{\gamma_{dm\acute{a}x.}} \times 100$$

PRÁCTICA # 6.

EQUIVALENTE DE ARENA

Objetivo:

Determinar la calidad que tiene un suelo, que se va emplear en las capas de un pavimento; esta calidades desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables de naturaleza plástica

Equipo y material que se utiliza:

- Probetas de lucita o acrílico transparente, graduadas, con tapón de hule
- Tubo irrigador de acero inoxidable, provisto de un tramo de manguera de látex y con un sifón.
- Pisón metálico con peso de 1000 ± 5 gr.
- Cápsulas metálicas con capacidad 85 ± 5 cm³
- Embudo de vidrio o plástico
- Cronómetro

- Dos botellas de vidrio o de plástico con capacidad mínima de 3.78 litros
- Balanza de 2 Kg. de capacidad y 0.1 gr. de aproximación.
- Horno con termostato que mantenga una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Guantes de hule.
- Papel filtro con velocidad de filtrado rápida.

Solución de reserva. Se prepara disolviendo 454 gr. de Cloruro de calcio en 1.89 litros de agua destilada; como al preparar esta solución se genera calor, se le deja enfriar y se hace pasar a través del papel filtro; a continuación se agregan 47 gr. de solución volumétrica al 40% de Formaldehído R.A. (solución comercial) y 2050 gr. de glicerina U.P.S. (glicerina normalizada), se mezcla el total y se agrega agua destilada hasta completar 3.78 lts; finalmente se agita toda la solución para homogenizarla.

Solución de trabajo. Se prepara colocando en la botella 3.78 lts. de capacidad, 85 ± 5 cm³ de la solución de reserva, se llena con agua potable y se agita para obtener una solución homogénea.

Procedimiento:

a) Preparación de la muestra

1. De la muestra total se toma por cuarteo la porción necesaria para obtener aproximadamente 500 gr. de material que pasa por la malla No. 4.
2. Se hace pasar el material así obtenido tomando las precauciones necesarias para evitar la perdida de finos, pudiendo requerirse para esto ultimo humedecerlo ligeramente. Si la fracción retenida en la malla No. 4, contiene partículas con fino adherido, se frota vigorosamente con las manos cubiertas con guantes y el polvo resultante se agrega al material que inicialmente pasó la malla No. 4.
3. Se mezcla perfectamente el suelo, se llena una cápsula, se golpea esta en su base contra la mesa de trabajo con el fin de acomodar las partículas y finalmente se enrasa.

b) Pasos a seguir.

1. Se coloca la botella con la solución de trabajo en una repisa que estará a una altura de 905 ± 25 mm, sobre el nivel de la mesa de trabajo.

2. Se instala el sifón en la botella, el cual se llena soplando por el tubo corto y manteniéndolo abierta la pinza de que está provisto el tubo largo.
3. Se vierte en la probeta, utilizando el sifón, solución de trabajo hasta una altura de 101.5 ± 2.5 mm.
4. Se coloca en la probeta la muestra previamente preparada, usando el embudo para evitar pérdidas de material. Se golpea firmemente varias veces la base de la probeta contra la palma de la mano, para remover las burbujas de aire que hubieran quedado atrapadas y facilitar el humedecimiento del material.
5. Se deja reposar la muestra durante 10 ± 1 minutos, procurando no mover la probeta. A continuación se coloca el tapón de hule en la probeta y se afloja el material del fondo de esta inclinándola y agitándola simultáneamente.
6. Se agita la probeta en forma que se indica a continuación:
Mediante agitación manual, para lo cual deberá sostenerse la probeta por sus extremos y agitarla vigorosamente con un movimiento lineal horizontal, hasta completar 90 ciclos en 30 seg. con una carrera aproximada de 20 cm, entendiéndose por ciclo un movimiento de oscilación completo.
Para agitar satisfactoriamente la probeta, el operador deberá mover solamente los antebrazos relajando el tronco y en especial los hombros.
7. Una vez efectuada la operación de agitado, se destapa la probeta, se coloca sobre la mesa de trabajo, se introduce en ella un tubo irrigador y se acciona de manera que al bajar, se vayan lavando las paredes de la probeta; se lleva el tubo hasta el fondo de la misma. Efectuando ligeramente sobre el un ligero picado al material, acompañado de movimientos rotatorios alternativos del tubo alrededor de su eje y trasladándolo por el contorno interior de la probeta. Esta acción tiene por objeto separar el material fino de las partículas gruesas con el fin de dejarlo en suspensión.
8. Cuando el nivel del líquido llegue a 15", se saca lentamente el irrigador de la probeta sin cortar el flujo de la solución, de manera que el líquido se mantenga aproximadamente al mismo nivel. Se regula el flujo un poco antes de que el tubo este afuera y se ajusta el nivel al final en la probeta a 381mm.
9. Se deja la probeta en reposo durante 20 minutos ± 15 seg., contados a partir del momento en que se haya extraído el tubo irrigador.
10. Transcurrido el periodo de reposo se lee en la escala de la probeta el nivel superior de los finos en suspensión, el cual se denominará "lectura de arcilla" o altura total. Si el nivel mencionado no se define claramente al cabo del tiempo especificado, se deja la muestra en reposo el tiempo necesario para que esto ocurra e inmediatamente si este ultimo excede de 30 min., se repite la prueba empleando 3 muestras del mismo material, en cuyo caso deberá registrarse como lectura de arcilla definitiva, la correspondiente a la muestra en que se obtuvo el menor tiempo de sedimentación.
11. Después de hacer la lectura de arcilla, se introduce lentamente el pisón en la probeta, hasta que por su propio peso el pisón descansa en la fracción gruesa, teniendo cuidado de no perturbar los finos en suspensión. Mientras desciende el pisón, se conserva uno de los puntos en contacto con la pared de la probeta, sobre la escala de graduación. Cuando el pisón se detenga al apoyarse en la fracción gruesa, se hace la lectura del nivel superior del indicador y se como "lectura de arena".

12. Cuando el nivel de la fracción fina o de la gruesa queden entre dos divisiones de la escala de graduación, deberá registrarse las lecturas correspondientes a la división superior.
13. Se calcula el equivalente de arena con la siguiente fórmula:

$$EA = \frac{\textit{Lectura.de.arena}}{\textit{Lectura.de.arcilla}} \times 100$$

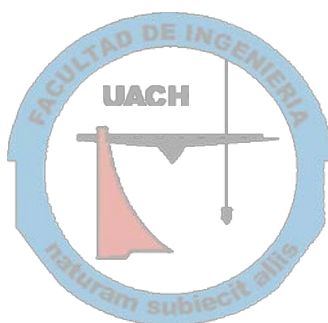
Esta prueba se realiza por duplicado y en cada caso al valor de equivalente de arena se aproxima al entero superior. Si los dos valores obtenidos no discrepan significativamente, se reportara el promedio aritmético como el valor de equivalente de arena; en caso contrario se repetirá la prueba y se promediaran únicamente los resultados congruentes de todas las determinaciones.

BIBLIOGRAFÍA:

1. “INSTRUCTIVO PARA EFECTUAR PRUEBAS EN SUELOS” DE: SAHOP O S.C.T.
2. TESIS:” APUNTES PARA LA CÁTEDRA DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS”, DE:
Ing. Roque Sánchez Ruelas
3. MANUAL DE LAB. DE SUELOS EN INGENIERÍA CIVIL. DE: Joseph E. Bolees



Universidad Autónoma de Chihuahua. FACULTAD DE INGENIERÍA



Manual de Prácticas de Laboratorio de Mecánica de Suelos II.