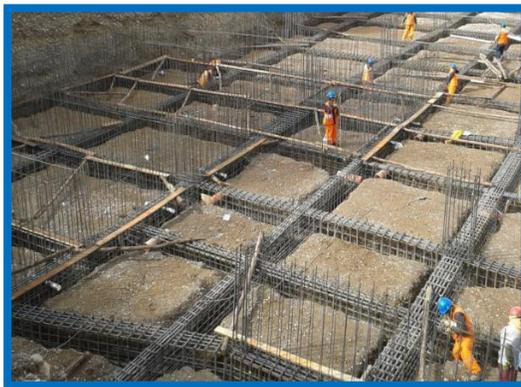


MANUAL CIMENTACIONES

UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA
LABORATORIO CIMENTACIONES
LABORATORIO INTENSIVO



Guatemala, Primer Semestre 2,024

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

Se trabajará en grupos con un máximo de seis personas, asignando un coordinador por grupo que sea mayor de edad. Deberán atenderse las siguientes **indicaciones**:

1. Presentarse puntualmente a la hora de inicio de laboratorio (aplica a clase teórica o práctica) ya que en ese momento se cerrará la puerta y se procederá a realizar el examen corto. Al terminar dicho examen se dejará entrar a las personas que llegaron tarde (no más de 15 minutos tarde), pero sin derecho a examinarse. **SIN EXCEPCIONES.**
2. Cada uno de los integrantes del grupo debe presentar su propio manual de laboratorio todos los días.
3. Contar con los implementos de seguridad y los conocimientos adecuados:
 - Bata de laboratorio (debe estar debidamente abrochada), lentes de protección, guantes desechables y papel mayordomo para la limpieza.
 - Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
 - Conocer la teoría de la práctica a realizar.
 - **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

4. Cada grupo debe revisar cuidadosamente el equipo que le corresponde; al ingresar al laboratorio, el coordinador del grupo debe presentar su DPI. Al terminar la práctica, deben permanecer dentro del laboratorio únicamente dichos coordinadores para que juntamente con el instructor revisen, mesa por mesa, que el equipo utilizado se encuentre en las mismas condiciones en las que fue entregado. En caso de cualquier faltante o rotura, el grupo completo debe encargarse de reponer el equipo. Se devolverá el DPI al coordinador cuando el equipo sea entregado al instructor. De lo contrario todo el grupo tendrá CERO en la nota final de laboratorio y se enviará el reporte a su respectiva sede.
5. No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio, visitas durante la realización de la práctica, hablar a través de las ventanas o salirse sin previo aviso.
6. Se prohíbe terminantemente comer, beber, fumar o masticar chicle dentro del laboratorio. Éstos también serán motivos para ser expulsado del laboratorio. No se debe consumir reactivos o materiales del laboratorio.
7. Al finalizar la práctica deberá entregarse al instructor la hoja con los datos originales, que contiene en una forma breve y concisa todas las observaciones.

NORMAS DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL LABORATORIO

Durante la práctica el lugar de trabajo es serio y se debe comportarse de forma adecuada. Se trabaja con equipo de peligrosidad, que, si se manejan de una forma adecuada y apropiada, la seguridad no será afectada. Las siguientes reglas de seguridad se aplican a toda práctica:

1. Las personas que tienen el cabello largo deben llevarlo siempre agarrado con algún accesorio para evitar accidentes.
2. Queda estrictamente prohibido usar faldas, short y/o sandalias.
3. Cualquier accidente, aún la menor lesión debe informarse de inmediato al instructor del laboratorio. ¡no dude en pedir ayuda si tiene un problema!
4. No intente ningún otro procedimiento no autorizado, sólo deben realizarse las practicas explicadas por el instructor y la guía de laboratorio.
5. Nunca debe dejar de prestar **atención** a la clase en curso.
6. Leer el manual de laboratorio cuidadosamente antes de ingresar al mismo, esto le ayudará en la toma de datos y a mejorar su seguridad y eficacia en el laboratorio.
7. Limpie bien el equipo antes y después de usarlo.
8. Mantener siempre limpia el área de trabajo y aparatos de laboratorio.
9. Al terminar la práctica de laboratorio asegúrese de que el área de trabajo quede limpia.
10. No se permite correr o jugar dentro del laboratorio.

Nota: Cualquier infracción a alguna de las anteriores reglas, lo hacen acreedor a la expulsión de la práctica del día, perdiendo su asistencia a la misma, aunque se haya hecho acto de presencia.

REPORTE DE INVESTIGACIÓN

Las secciones de las cuales consta un reporte para manejo de conservación de suelos, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

a. Carátula.....	0 puntos
b. Objetivos.....	20 puntos
c. Resumen.....	20 puntos
d. Resultados.....	20 puntos
e. Interpretación de Resultados.....	20 puntos
f. Conclusiones.....	20 puntos
g. Bibliografía.....	0 puntos
Total.....	100 puntos

En caso de no concordar entre la hoja de datos originales y los datos u observaciones citados dentro del reporte automáticamente se anulará el reporte.

Por cada falta de ortografía o error gramatical, se descontará un punto sobre cien, todas las mayúsculas se deben de tildar. Es importante dirigirse al lector de una manera impersonal, de manera que expresiones tales como “obtuvimos”, “hicimos”, “observé”, serán sancionadas. Si se encuentran dos reportes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **OBJETIVOS:** Son las metas que se desean alcanzar en la práctica de investigación. Se inician generalmente con un verbo, que guiara a la meta que se desea alcanzar, los verbos finalizan en AR, ER o IR, ejemplo: conocer, determinar, etc.
- b. **RESUMEN:** Es una síntesis de lo que se realizó en la práctica de investigación explicando ¿qué se hizo?, ¿cómo se hizo? y ¿a qué se llegó? El contenido debe ocupar media página como mínimo y una página como máximo.
- c. **RESULTADOS:** En esta sección deben incluirse todos los datos obtenidos al final de la práctica. Por ejemplo masa o volumen recuperado, concentración de soluciones o cualquier otro tipo de resultado final. Deben presentarse, de preferencia, en tablas debidamente ordenadas para mayor facilidad al interpretar.
- d. **INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:** Esta sección corresponde a una demostración, explicación y análisis de todo lo que ocurrió y resultó de la práctica, interpretando de una manera cuantitativa y cualitativa, tanto los

resultados como los países seguidos para la obtención de los mismos. Aun cuando la discusión se apoya en la bibliografía, no debe ser una transcripción de la misma, ya que el estudiante debe explicar con sus propias palabras y criterio lo que sucede en la práctica. Cuando se haga uso de la teoría en alguna parte de la discusión debe indicarse colocando al final de párrafo (que debe ir entre comillas), la bibliografía de donde se obtuvo la información. La forma de colocarlo es la siguiente: (Ref. 1 Pág. 5). En cuando a los resultados propiamente dichos, deben explicarse el porqué de los mismos. Debe hacerse una comparación entre el resultado experimental y el resultado real de cada objeto de estudio.

- e. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del reporte. Las conclusiones son “juicios críticos razonados” a los que ha llegado el autor, después de una cuidadosa consideración de los resultados del estudio o experimento y que se infieren de los hechos. Deberán ser lógicos, claramente apoyados y sencillamente enunciados. Esta sección deberá ser extraída de la interpretación de resultados ya que allí han sido razonados y deben de ir numeradas.
- f. **BIBLIOGRAFÍA:** Esta sección consta de todas aquellas referencias (libros, revistas, documentos) utilizados como base bibliográfica en la elaboración del reporte. Deben citarse, como mínimo 3 referencias bibliográficas (**EL INSTRUCTIVO NO ES UNA REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**), las cuales deben ir numeradas y colocadas en orden alfabético según el apellido del autor. Todas deben estar referidas en alguna parte del reporte. La forma de presentar las referencias bibliográficas es la siguiente:
1. BROWN, Theodore L.; LEMAY, H.Eugene; BURSTEN, Bruce E. *Química la ciencia central*. 7ª ed. México: Prentice-Hall, 1998. 682 p.

DETALLES FÍSICOS DEL REPORTE

- El reporte debe presentarse en hojas de papel bond tamaño carta.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del reporte deben estar escritas a mano **CON LETRA CLARA Y LEGIBLE**.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

IMPORTANTE:

Los reportes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio **SIN EXCEPCIONES**. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. **ES IMPORTANTE TENER TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS**

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00-12:00	PRACTICA 1: CAPACIDAD SOPORTE DEL SUELO
Martes	08:00-12:00	PRÁCTICA No. 2: MUROS DE GRAVEDAD
Miercoles	8:00–12:00	PRÁCTICA No. 3: ZAPATAS
Jueves	08:00-12:00	PRACTICA NO. 4 (OPCIONAL): FUNDICIÓN DE ZAPATA.

NOTA: LAS HOJAS DE TRABAJO VALDRÁN COMO LA ASISTENCIA

Materiales necesarios para las prácticas de Cimentaciones

Practica	Material
TODAS LAS PRÁCTICAS	Hojas o cuaderno de apuntes, manual de laboratorio, lápiz, lapiceros, calculadora (indispensable).

PRÁCTICA No. 1: CAPACIDAD SOPORTE DEL SUELO

OBJETIVOS:

- Conocer la importancia de la capacidad soporte del suelo.
- Calcular la capacidad soporte del suelo para una muestra.

MARCO TEÓRICO:

En la mecánica de suelos, se denomina capacidad soporte del suelo a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.

Las propiedades mecánicas de un terreno suelen diferir entre cargas que varían instantáneamente y cargas casi permanentes. Esto se debe a que los terrenos son porosos, y estos poros pueden estar total o parcialmente saturados de agua. En general los terrenos se comportan de manera más rígida frente a cargas de variación casi instantáneamente ya que estas aumentan la presión intersticial, sin producir el desalojo de una cantidad apreciable de agua. En cambio, bajo cargas permanentes la diferente de presión intersticial entre diferentes partes del terreno produce el drenaje de algunas zonas.

EJEMPLO:

Determinar el valor de la capacidad soporte del suelo para un ensayo en el que se obtuvieron los siguientes resultados:

Ángulo de fricción interna $\phi = 28,17^\circ$

Descripción del suelo = arena fina limosa color café de cementación moderada y consistencia firme:

Densidad seca = $1,03 \text{ T/m}^2$

Base $B = 1,50 \text{ m}$

Peso específico del suelo $\gamma_{\text{suelo}} = 1,43 \text{ T/m}^2$

Ángulo de fricción interna $\phi = 28,17^\circ = 0,4917 \text{ rad}$

Carga última CU = $0,00 \text{ T/m}^2$

Desplante (Profundidad a la que se extrajo la muestra) $D = 1,50 \text{ m}$

$$q_0 = 0,4 \gamma_{\text{suelo}} * B * N_\gamma + 1,3 * C_u * N_c + \gamma_{\text{suelo}} * D * H_q$$

- Factor de flujo de carga (H_q)

$$Hq = \frac{e^{\left(\frac{3\pi}{2} - \varnothing_{\text{rad}}\right) \tan \varnothing}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\varnothing}{2}\right)}$$

$$Hq = \frac{e^{\left(\frac{3\pi}{2} - 0,4917\right) \tan 28,17}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{28,17}{2}\right)}$$

$$Hq = 18,16 \text{ T/m}^2$$

- Factor de flujo de carga última N_c

$$N_c = \cot(28,17) * (Hq - 1)$$

$$N_c = \cot(28,17) * (18,16 - 1 \text{ ton/m}^2)$$

$$N_c = 32,04 \text{ T/m}^2$$

- Factor de flujo del suelo N_γ

$$N_\gamma = 2 * (Hq + 1) * \tan(\varnothing)$$

$$N_\gamma = 2 * (18,16 + 1 \text{ ton/m}^2) * \tan(28,17)$$

$$N_\gamma = 20,52 \text{ T/m}^2$$

- Valor soporte último q_o

$$q_o = 0,4 \gamma_{\text{suelo}} * B * N_\gamma + 1,3 * C_u * N_c + \gamma_{\text{suelo}} * D * Hq$$

$$q_o = 0,4 * 1,43 * 1,50 * 20,52 + 1,3 * 0 * 32,04 + 1,43 * 1,50 * 18,16$$

$$q_o = 56,56 \text{ T/m}^2$$

- Valor soporte neto último

$$q_u = q_o - \gamma * D$$

$$q_u = 56,56 \text{ T/m}^2 - 1,43 \text{ T/m}^2 * 1,50 \text{ m}$$

$$q_u = 54,42 \text{ T/m}^2$$

El factor de seguridad FS es un factor cuyo valor mínimo es de 3, dependiendo del tipo de suelo con el que se esté trabajando. Para calcularlo se utilizará un factor de seguridad de 3.

- Valor soporte de diseño q_d

$$q_d = q_u / FS$$

$$q_d = 54,42 / 3 = 18,14 \text{ T/m}^2. \text{ Por lo que se estará diseñando con un valor soporte de } 18 \text{ T/m}^2.$$

PRÁCTICA No. 2: MUROS DE GRAVEDAD

OBJETIVOS:

- Conocer los tipos de muros de contención que existen.
- Diseñar un muro de gravedad.
- Realizar los chequeos necesarios para un correcto diseño del muro de gravedad.

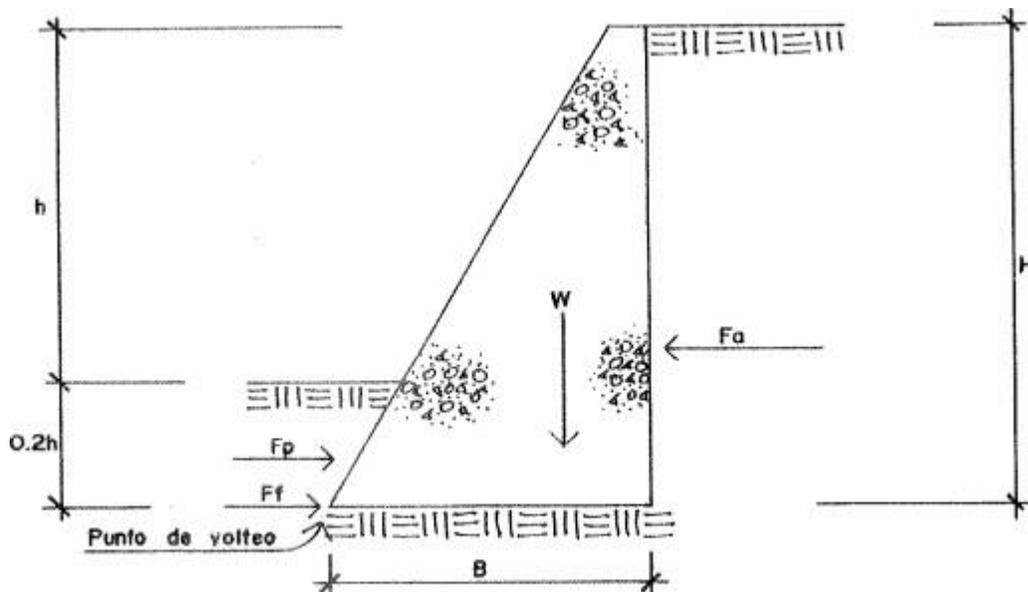
MARCO TEÓRICO:

Son aquellos cuyo peso contrarresta el empuje del terreno. Dadas sus grandes dimensiones, prácticamente no sufre esfuerzos flectores, por lo que no suele armarse.

Se construyen de mampostería o de concreto, que son materiales que pueden resistir esfuerzos de compresión y cortante, pero muy poca tensión, de tal manera que el proyecto debe atender principalmente a evitar las tensiones.

Se emplea en casos donde se quiere economizar, y el talud a contener no tiene más de 3 metros de altura, ya que a mayor altura, el costo comparativo con el de un muro en voladizo, se torna más alto. Además se debe contar con poca limitación de espacio, ya que en la base puede alcanzar hasta 2 metros o más de ancho.

El modelo matemático del muro de gravedad podría representarse de la siguiente forma:



El procedimiento que se sigue para el diseño es el siguiente:

- a) Predimensionar el muro con las siguientes reglas:
 - Establecer el ancho del muro en su parte superior. Mínimo 30 cm.
 - Establecer una profundidad de hincamiento del muro en el suelo, de aproximadamente $0.2h$, donde h = altura del talud a contener.

- Establecer el ancho (B) del muro en su parte inferior, el cual variará de 0.5H a 0.7H, con H = altura del muro de contención.
- b) Efectuar un chequeo contra volteo, calculando un momento resistente (MR) y un momento de volteo (MV), que cumplan con la siguiente especificación por factor de seguridad:

$$\frac{MR}{MV} \geq 1.5$$

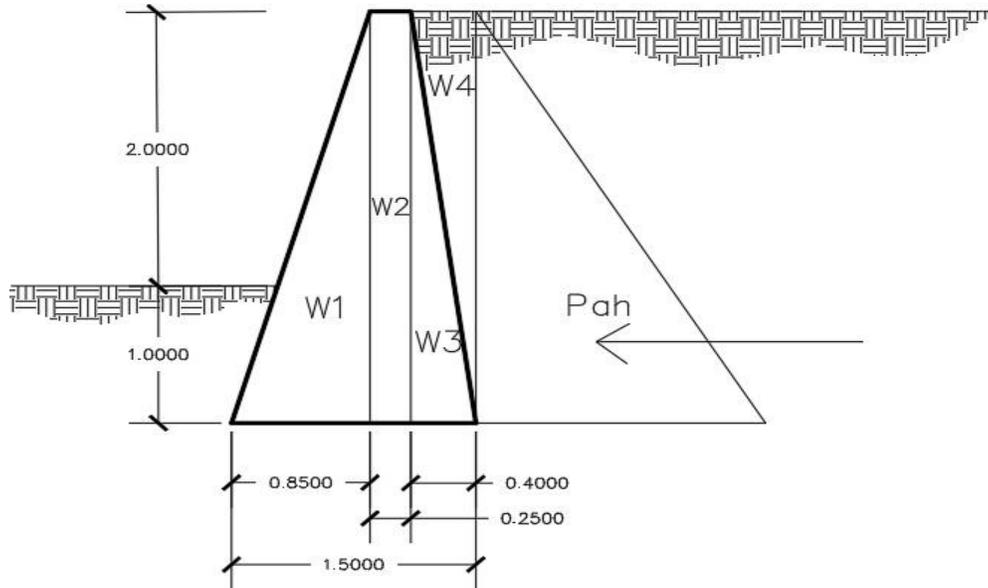
- c) Efectuar un chequeo contra deslizamiento, calculando la fuerza resistente (FR) y la fuerza actuante (FA), que cumplan con la siguiente especificación por factor de seguridad:

$$\frac{FR}{FA} \geq 1.5$$

- d) Efectuar un chequeo contra asentamiento, calculando la presión del muro sobre el suelo por su propio peso (PM), y comparándola con el valor soporte del suelo (VS), teniendo cuidado de que el valor de la presión de muro (PM) no sobrepase al valor soporte del suelo (VS), que si no se conoce, se puede asumir para suelos con características más o menos normales en Guatemala, de 15 ton/m².

EJEMPLO:

Diseñar un muro de gravedad para contener un talud de 3 metros de altura, con un ángulo de inclinación de 0° , ángulo de talud natural de $\phi = 34^\circ$ y peso específico del suelo $\gamma_{suelo} = 1300 \text{ kg/m}^3$, peso específico del muro $\gamma_{muro} = 2000 \text{ kg/m}^3$ y una capacidad



soporte del suelo de 20 ton/m^2 .

- **Solución:**

Calculamos el Ka y Kp

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} = \frac{1 - \text{sen}(34^\circ)}{1 + \text{sen}(34^\circ)} = 0.2827$$

$$K_p = \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi} = \frac{1 + \text{sen}(34^\circ)}{1 - \text{sen}(34^\circ)} = 3.54$$

Se procede a calcular el peso del muro y el momento actuante

FIG.	W (Peso*Volumen)	X	M (W x X)
1	2000 * (1/2(0.85*3*1)) = 2550 kg	2/3 (0.85) = 0.57m	1454 kg-m
2	2000 * (0.25*3*1) = 1500 kg	0.85+0.25/2 = 0.975m	1463 kg-m
3	2000 * (1/2(0.40*3*1)) = 1200 kg	0.85+0.25+0.40/3 = 1.23m	1476 kg-m
4	1300 * (1/2(0.4*3*1)) = 780 kg	0.85+0.25+2/3*(0.40) = 1.37m	1069 kg-m
TOTAL	6030 kg		MR 5462 kg-m

Calculamos la presión activa del suelo

$$P_{ah} = \frac{1}{2} \gamma_{\text{suelo}} * H^2 * K_a$$

$$P_{ah} = \frac{1}{2} (1300) * 3^2 * 0.2827 = 1653.80 \frac{kg}{m}$$

Momento actuante (Mv)

$$M_v = P_{ah} * \frac{H}{3}$$

$$M_v = 1653.80 * \frac{3}{3} = 1653.80 \text{ kg} * \frac{m}{m}$$

Chequeo de estabilidad contra volteo

$$F.S.V. = \frac{MR}{M_v} \geq 1.5$$

$$5462$$

$$F.S.V. = \frac{5462}{1653.80} = 3.30 > 1.5 \rightarrow \text{Sí chequea}$$

Chequeo contra deslizamiento

$$\frac{FR}{FA}$$

$$\geq 1.5$$

$$FR = \text{Fuerza Pasiva} + \text{Fuerza de Fricción}$$

$$F_p = \gamma_{\text{suelo}} * h^2 * K_p$$

$$F_p = 1300 * 1^2 * 3.54 = \mathbf{4602 \text{ kg}}$$

$$F_f = \text{Peso total} * \text{Coef. Fricción} \rightarrow \text{Coef. Fricción} = 0.6 \text{ a } 0.9 \tan \phi$$

$$F_f = 6030 * 0.6 \tan(34^\circ) = \mathbf{2440.37 \text{ kg}}$$

Calculamos la fuerza resistente

$$FR = \text{Fuerza Pasiva} + \text{Fuerza de Fricción}$$

$$FR = 4602 + 2440.37 = 7042.37 \text{ kg}$$

Realizamos el chequeo

$$\frac{FR}{FA} = \frac{7042.37}{1653.80} = 4.23 > 1.5 \rightarrow \text{Sí chequea}$$

Chequeo contra asentamiento

$$\frac{q_{\text{máx}}}{q_{\text{mín}}} = \frac{W_{\text{total}}}{BL} * \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) \rightarrow q_{\text{máx}} \leq \text{cap. soporte del suelo}; q_{\text{mín}} > 0$$

$$e = \left| \frac{B}{2} - \bar{x} \right|; \bar{x} = \frac{MR - MV}{W_{\text{total}}}$$

$$\bar{x} = \frac{5402 - 1654}{6030} = 0.63 \text{ m}$$

$$e = \left| \frac{1.5}{2} - 0.63 \right| = 0.12 \text{ m}$$

Entonces:

$$q_{\text{máx}} = \frac{6030}{1.50} * \left(1 + \frac{6 * 0.12}{1.5}\right) = 5949.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} < 20,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Sí chequea}$$

6030

6 * 0.12

$$qmín = \frac{6 * 0.12}{1.5} * \left(1 - \frac{g}{1.5}\right) = 2090.4 \text{ m}^2 > 0 \rightarrow \text{Sí chequea}$$

PRÁCTICA No. 3: ZAPATAS

OBJETIVOS:

- Conocer los diferentes tipos de zapatas que existen.
- Diseñar una zapata concéntrica.
- Realizar los chequeos necesarios, para un correcto diseño de la zapata.

MARCO TEÓRICO:

Una zapata es un tipo de cimentación superficial, que puede ser empleada en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencias a compresiones medias o altas. Consisten en un bloque de concreto, situado bajo las columnas de la estructura. Su función es transmitir al terreno las cargas a las que está sometida el resto de la estructura.

Existen varios tipos de zapatas en función de si servirán de apoyo a uno o varias columnas o bien sea a muros. Para pilares singulares se usan zapatas aisladas y para dos columnas cercanas, zapatas combinadas.

- **Zapatas aisladas:** Empleadas para columnas aisladas en terrenos de buena calidad, cuando la excentricidad de la carga del pilar es pequeña o moderada. Esta última condición se cumple mucho mejor en las columnas no perimetrales de un edificio.

El correcto dimensionado de las zapatas aisladas requiere de la comprobación de la capacidad soporte del suelo, corte simple y corte punzonante.

- **Zapatas combinadas:** A veces, cuando una columna no puede apoyarse en el centro de la zapata, sino excéntricamente sobre la misma o cuando se trata de un pilar perimetral con grandes momentos flectores, la presión del terreno puede ser insuficiente para prevenir el vuelco de la cimentación. Una forma común de resolverlo es uniendo o combinando la zapata de cimentación de esta columna con la más próxima, o mediante vigas conectoras, de tal manera que se puede evitar el giro de la cimentación.

Un caso frecuente de uso de zapatas combinadas son las zapatas de medianería o zapatas de lindero, que por limitaciones de espacio suelen ser zapatas excéntricas. Por su propia forma estas zapatas requieren para un correcto equilibrio una viga conectora.

EJEMPLO:

Diseñar una zapata concéntrica, con los siguientes datos:

$$M_x = 4.41 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 4.51 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 64.88 \text{ ton}$$

$$V_s = 24.45 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Peso específico del suelo} = 1.33 \text{ ton/m}^3$$

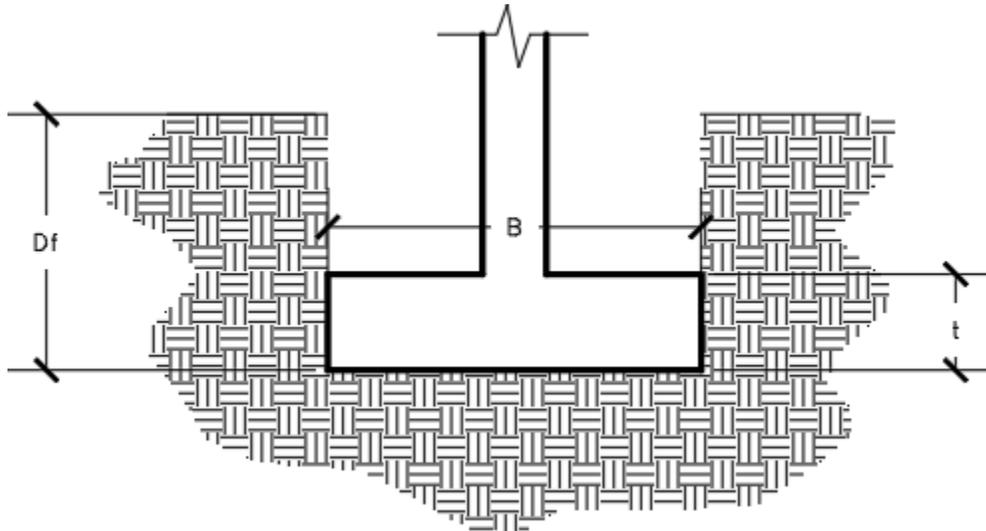
$$\text{Desplante} = 1.20 \text{ m}$$

$$FCU = 1.53$$

$$\text{Peso específico del concreto} = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$



Solución:

- Pasamos a cargas de trabajo

$$P't = \frac{P_u}{FCU} = \frac{64.88}{1.53} = 42.41 \text{ tn}$$

$$M't_x = \frac{M_x}{FCU} = \frac{4.41}{1.53} = 2.882 \text{ ton - m}$$

$$M't_y = \frac{M_y}{FCU} = \frac{4.51}{1.53} = 2.95 \text{ ton - m}$$

- Predimensionamiento de la zapata

$$A_z = \frac{1.5P't}{V_s} = \frac{1.5 * 42.41}{24.45} = 2.60 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Se tomarán dimensiones de } 1.75 \text{ m x } 1.75 \text{ m}$$

- Revisión de Presión del suelo

$$\frac{q_{\text{máx}}}{q_{\text{mín}}} = \frac{Pcg}{A_z} \pm \frac{M't_x}{S_x} \pm \frac{M't_y}{S_y} \rightarrow S = \frac{bh^2}{6}; q_{\text{máx}} \leq V_s \text{ y } q_{\text{mín}} > 0$$

$$S_x = S_y = \frac{1.75 * 1.75^2}{6} = 0.8932$$

- Calculamos Pcg

$$P_{cg} = P't + P_{col} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

$$P_{cg} = 42.41 + (0.3^2 * 2.4 * 7) + (3.06 + 1.33 + 1.20) + (3.06 * 0.45 * 2.4) = 52.11 \text{ ton}$$

Hacemos el chequeo:

$$q_{\text{máx}} = \frac{52.11}{3.06} + \frac{2.89}{0.8932} + \frac{2.95}{0.8932} = 23.57 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 24.45 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Sí chequea}$$

$$q_{\text{mín}} = \frac{52.11}{3.06} - \frac{2.89}{0.8932} - \frac{2.95}{0.8932} = 10.49 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} > 0 \rightarrow \text{Sí chequea}$$

- Presión última

$$q_u = FCU * q_{\text{máx}}$$

$$q_u = 1.53 * 23.57 = 36.06 \text{ ton/m}^2$$

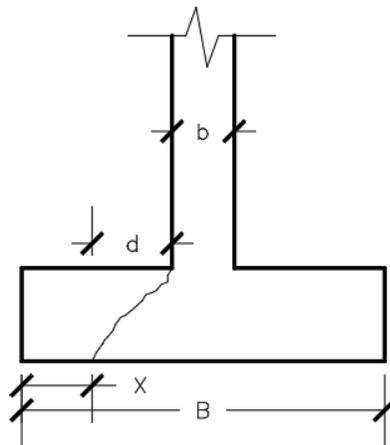
- Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec} - \frac{\text{\O varilla}}{2}$$

$$2.54$$

$$d = 45 - 7.5 - \frac{2.54}{2} = 36.23 \text{ cm} \rightarrow 0.36 \text{ m}$$

- Chequeo por corte simple



$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

$$x = \frac{1.75}{2} - \frac{0.30}{2} - 0.36 = 0.37 \text{ m}$$

- Corte actuante

$$V_{act} = \text{Área} * qu = 1.75 * 0.37 * 36.06 = 23.35 \text{ ton}$$

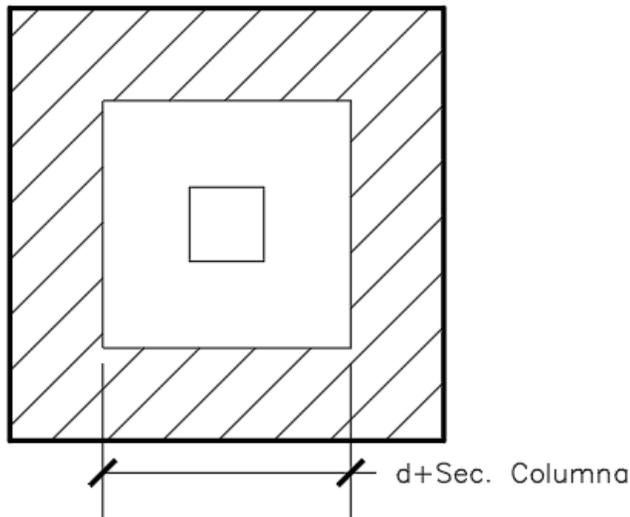
- Corte resistente

$$V_{res} = 0.53\phi * bd * \sqrt{f'c} = 0.53(0.85) * 175 * 36 * \sqrt{210} = 41.13 \text{ ton}$$

$$41.13 \text{ ton} > 23.35 \text{ ton} \rightarrow \text{Sí chequea}$$

- Corte punzona nte:

La columna tiende a punzonar la zapata, el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d/2$, del perímetro de la columna.



- Corte actuante

$$d + \text{Sec. Columna} = 0.36 + 0.30 = 0.66 \text{ m}$$

$$V_{act \text{ punz}} = \text{Área} * qu$$

$$V_{act \text{ punz}} = (1.75^2 - 0.66^2) * 36.06$$

$$V_{act \text{ punz}} = 94.73 \text{ ton}$$

- Corte resistente

$$V_{res\ punz} = 1.06 * \phi * b_o * d * \sqrt{f'c}; b_o = 4(b_{col} + d)$$

$$b_o = 4(0.30 + 0.36) = 2.64\ m \rightarrow 264\ cm$$

$$V_{res\ punz} = 1.06 * 0.85 * 264 * 36 * \sqrt{210} = 124,091\ kg = 124.09\ ton$$

$$124.09\ ton > 94.73\ ton \rightarrow \text{Sí resiste}$$

- Diseño del refuerzo

$$M_u = \frac{qu * L^2}{2} = \frac{36060 * \left(\frac{1.75}{2} - \frac{0.30}{2} \right)^2}{2} = 9477\ kg - m$$

$$A_s = \left((72 * 36) - \sqrt{(72 * 36)^2 - \frac{9477 * 72}{0.003825 * 210}} \right) * \frac{0.85 * 210}{2810}$$

$$A_s = 10.76\ cm^2$$

$$A_{s\ mín} = \frac{14.1 * bd}{f_y} = \frac{14.1 * 72 * 36}{2810} = 13\ cm^2 \rightarrow \text{Se utilizará el } A_{s\ mín}.$$

- Separación entre varillas

Usar varillas No. 5

$$13\ cm^2 \rightarrow 72\ cm$$

$$1.98\ cm^2 \rightarrow \text{Separación}$$

$$\text{Separación} = \frac{1.98 * 72}{13} = 10.96\ cm$$

Armado Varillas No. 5 @ 10 cm en ambos sentidos

- Acero por temperatura

$$A_{st} = 0.002 * bd = 0.002 * 72 * 36 = 5.184 \text{ cm}^2$$

Usar varillas No. 5

$$5.184 \text{ cm}^2 \rightarrow 72 \text{ cm}$$

$$1.98 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Separación}$$

$$\text{Separación} = \frac{1.98 * 72}{5.184} = 27.5 \text{ cm}$$

Armado Varillas No. 5 @ 27 cm en ambos sentidos

HOJA DE TRABAJO NO. 1

Determinar el valor de la capacidad soporte del suelo para un ensayo en el que se obtuvieron los siguientes resultados:

Descripción del suelo = Limo arenoso color café.

Densidad seca = 0.8 T/m^2

Base B = 1.35 m

Peso específico del suelo $\gamma_{\text{suelo}} = 0.755 \text{ T/m}^2$

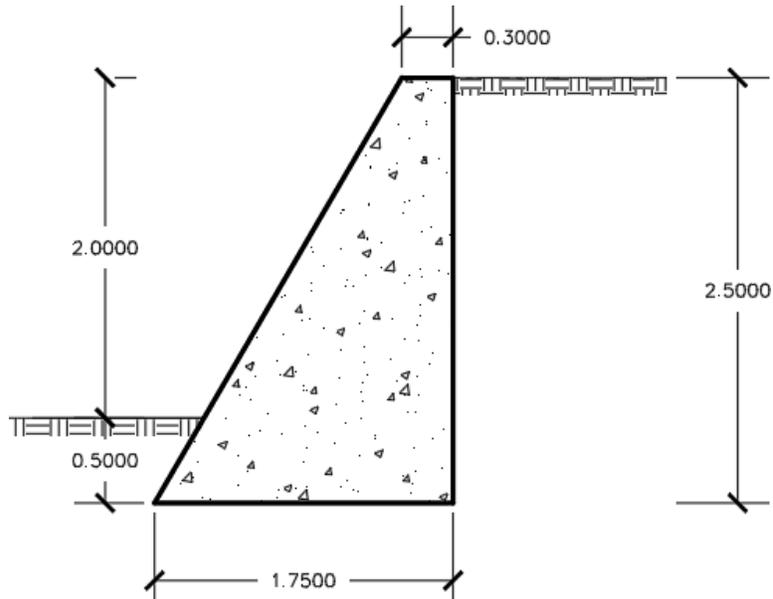
Ángulo de fricción interna $\phi = 14.325^\circ$

Carga última CU = 9.125 T/m^2

Desplante (Profundidad a la que se extrajo la muestra) D = 1,5 m

HOJA DE TRABAJO NO. 2

Diseñar un muro de gravedad para contener un talud de 2.5 metros de altura, con un ángulo de inclinación de 0° , ángulo de talud natural de $\phi = 30^\circ$ y peso específico del suelo $\gamma_{suelo} = 1250 \text{ kg/m}^3$, peso específico del muro $\gamma_{muro} = 2200 \text{ kg/m}^3$ y una capacidad soporta del suelo de 25 ton/m^2 .



HOJA DE TRABAJO NO. 3

Diseñar una zapata concéntrica, con los siguientes datos:

$M_x = 5 \text{ ton-m}$

$M_y = 4.85 \text{ ton-m}$

$P_u = 55 \text{ ton}$

$V_s = 28 \text{ ton/m}^2$

Peso específico del suelo = 1.42 ton/m^3

Desplante = 1.25 m

FCU = 1.50

Peso específico del concreto = 2.4 ton/m^3

$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

