

MECANICA DE SUELOS APLICADA.

CAPITULO I

INSTRUMENTACION.

GUIA DE ESTUDIOS Y CUESTIONARIO

DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO I.

- 1.- Mencione algunas de las ventajas de instrumentar las obras.
- 2.- ¿Qué método sencillo se emplea para conocer los asentamientos de un terraplén o de otra obra de ingeniería?
- 3.- ¿El torpedo medidor de asentamientos permite conocer éstos sólo en la superficie, o también a diferentes profundidades del suelo que se asienta?
- 4.- ¿Cuál es la precisión del medidor de celda francés, sin que esté dotado de dispositivos especiales de lectura en la escala?
- 5.- ¿Cómo debe ser la frecuencia de las mediciones para definir la evolución de los asentamientos con el tiempo en un terraplén?
- 6.- ¿Qué instrumento se emplea para conocer los movimientos laterales del terreno de cimentación a diferentes profundidades?
- 7.- ¿Qué objetivos fundamentales tiene el conocimiento de la evolución de las presiones en el agua del subsuelo en exceso de la hidrostática, después de construída una obra?
- 8.- ¿Cómo se llaman los aparatos que miden la presión del agua en un punto del subsuelo?
- 9.- Mencione el tipo de información que generalmente se busca al hacer una programa de instrumentación de campo en terraplenes.
- 10.- La técnica californiana ha desarrollado un aparato que permite medir los desplazamientos horizontales y verticales dentro de un terraplén ¿Cómo puede obtenerse con este aparato mayor precisión en la lectura de los movimientos horizontales?

CAPITULO I

RESPUESTAS AL CUESTIONARIO

DE AUTOEVALUACION.

R E S P U E S T A S .

- 1.- Cuando las observaciones se realizan e interpretan bien, permiten no sólo establecer el comportamiento de una estructura y la evolución de sus condiciones de estabilidad o de servicio, sino que también permiten verificar toda la concepción de su proyecto, así como el cumplimiento de las teorías de que se haya hecho uso en dicho proyecto.
- 2.- Colocar una serie de puntos estables convenientemente distribuidos que se nivelarán periódicamente, con relación a un banco de nivel fijo.
- 3.- Permite también conocer los asentamientos a diferentes profundidades.
- 4.- 0.5 cm.
- 5.- Debe ser suficiente; obviamente no deberá ser uniforme, sino mucho mayor al principio y cada vez más espaciada, según el tiempo pasa. Suelen hacerse una o dos medidas diarias durante la construcción y después podrán hacerse mediciones semanales durante los primeros tres meses de vida del terraplén. Posteriormente las medidas podrán ser mensuales, durante 3 años, y bianuales después.
- 6.- El inclinómetro
- 7.-
 - a) Conocer las condiciones hidráulicas en el interior de los estratos que constituyen el subsuelo.
 - b) Conocer el grado de consolidación en cada momento de la vida de la obra.
 - c) Conocer en cualquier momento la resistencia del terreno de cimentación bajo la obra, para establecer la evolución del factor de seguridad.
 - d) Verificar el funcionamiento de elementos de subdrenaje o de medidas que pudieran existir para controlar el flujo de agua hacia excavaciones.
 - e) Establecer cualitativa y aún cuantitativamente problemas locales de falla.
- 8.- Piezómetros
- 9.-
 - a) Movimientos horizontales y verticales
 - b) Esfuerzos actuantes en la dirección vertical u horizontal.
 - c) Presiones de poro y su evolución
 - d) Efectos de sismos, incluyendo tanto la acción del terremoto como la respuesta de la estructura térrea.

- e) Características del flujo interno del agua.
- f) Medición de las propiedades mecánicas in situ, tanto del terraplén como de su terreno de cimentación.

10.-Utilizando el sistema de control eléctrico por medio de potenciómetros.

CAPITULO II
ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO
GUIA DE ESTUDIO Y CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO II.

- 1.- ¿Qué problemas se presentan al realizar una excavación en un material arenoso, a profundidades superiores a la del nivel freático?
- 2.- ¿En qué consiste esencialmente un pozo punta de captación?
- 3.- ¿De qué es función el espaciamiento entre pozos profundos, para abatir el nivel freático?
- 4.- Escriba la expresión que describe el flujo electrosmótico.
- 5.- ¿Las partículas sólidas del suelo suelen tener carga superficial positiva o negativa?
- 6.- ¿En qué hecho reside la posibilidad de las aplicaciones de la electrósmosis a la ingeniería civil?
- 7.- ¿Si la electrósmosis provoca la consolidación de los suelos compresibles sin carga exterior, como trabaja el agua de los poros?
- 8.- ¿Cuál es el verdadero objeto de una instalación electrosmótica para impedir la expansión del fondo de la excavación, abatir el nivel freático bajo esa profundidad o impedir el flujo del agua de zonas aledañas a la propia excavación? Explique la razón.

CAPITULO II
RESPUESTAS AL CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

R E S P U E S T A S .

- 1.- La presencia del agua dificulta mucho o imposibilita el avance de la excavación bajo el nivel freático, pues al remover el material, el agua de las masas vecinas fluye hacia la excavación y las fuerzas de filtración que este flujo produce arrastran arena, de manera que el fondo de la excavación se va rellenando en forma continua, impidiendo el avance en el sentido vertical.
- 2.- Es un tubo perforado o un tubo de malla de acero inoxidable o de latón de 5 a 7.5 cm. de diámetro y de 0.30 m a 1 m de longitud. Estos tubos se conectan a la parte inferior de un tubo vertical no perforado a la profundidad deseada. La parte inferior del tubo perforado tiene una cabeza especial para hincarla, con chiflones.
- 3.- De la permeabilidad del material en que están instalados, de su profundidad y del abatimiento que se desee para el nivel freático (o de la superficie piezométrica en el caso de acuíferos confinados).
- 4.- $Q = K_c i_c A$, donde:
 K_c ~~k_e~~ = coeficiente de permeabilidad electrosmótico del suelo.
 i_c ~~i_e~~ = gradiente de potencial eléctrico aplicado al suelo
 A = sentido usual de la ley de Darcy.
- 5.- Generalmente la tienen negativa
- 6.- En que para lograr neutralizar flujos hidráulicos generados por gradientes hidráulicos importantes, se precisan en los casos prácticos reales gradientes eléctricos bajos, fáciles de lograr.
- 7.- Trabaja a tensión durante la duración del fenómeno
- 8.- Impedir el flujo del agua de zonas aledañas a la excavación, ya que en estas zonas el nivel freático se mantiene a su altura original y su flujo hacia la excavación - causa la expansión de su fondo y la inestabilidad probable de sus taludes.

CAPITULO III

TRATAMIENTO DE CIMENTACIONES
GUIA DE ESTUDIO Y CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO III.

- 1.- ¿De qué depende principalmente la necesidad de realizar el inyectado de una presa?
- 2.- ¿En qué casos las inyecciones son de dudosa eficiencia?
- 3.- Aunque la mayor parte de las pantallas de inyección se han hecho solamente con cemento ¿qué puede usarse para rellenar grandes cavidades?
- 4.- ¿El programa total de inyecciones debe resolverse antes de iniciar los trabajos, o por el contrario debe resolverse por tanteos, conforme avanzan los trabajos?
- 5.- ¿Cuáles son las cuatro etapas principales del proceso de inyectado?
- 6.- ¿De qué diámetro son usualmente los pozos para inyecciones y cómo se limpian después de ser perforados?
- 7.- ¿Las proporciones agua-cemento, medidas en volumen, entre -- qué valores oscila?
~~¿~~ ¿Con que proporciones es deseable comenzar las inyecciones en la mayoría de las rocas?

CAPITULO III
RESPUESTAS AL CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

R E S P U E S T A S .

- 1.-
 - a) De la altura de la presa .
 - b) De la permeabilidad de la roca
 - c) De la tolerancia de gasto filtrado a través de la cimentación
 - d) De la naturaleza del agrietamiento en la roca
- 2.-
 - a) Cuando la permeabilidad de la roca no disminuye con la profundidad, lo cual por otra parte no es frecuente.
 - b) En rocas en que la permeabilidad es consecuencia de fisuras muy finas.
- 3.- Mortero de arena con cemento.
- 4.- Debe resolverse por tanteos, a medida que los trabajos progresan en la obra.
- 5.-
 - a) La perforación de los barrenos de inyección.
 - b) La limpieza, lo más completa posible, del interior de esos barrenos.
 - c) Una prueba con agua a presión dentro de los barrenos para conocer la permeabilidad de sus paredes.
 - d) La inyección de la lechada de cemento a la presión que se haya considerado adecuada.
- 6.- Usualmente son de 3.81 cm (calibre EX) y se limpian con agua a presión.
- 7.- Entre 10: 1 y 1:1. Entre 3:1 y 5:1.

CAPITULO IV
PRESAS DE TIERRA Y ENROCAMIENTO
GUIA DE ESTUDIO Y CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO IV.

- 1.- ¿Cuáles son los principales tipos de secciones de presas?
- 2.- ¿Cómo puede disponerse el corazón impermeable en la sección de una presa?
- 3.- ¿En qué caso es recomendable la instalación de pozos de alivio y por qué?
- 4.- El cálculo de los asentamientos en las presas de tierra tiene dos etapas posibles de importancia ¿Cuáles son?
- 5.- ¿Con qué teoría pueden estimarse los asentamientos de los -- suelos finos en el terreno de cimentación y qué tan confiables son los resultados?
- 6.- En las presas de sección homogénea, principalmente, ocurre otro tipo de asentamiento que sucede bruscamente durante el primer llenado de la presa y casi siempre en materiales deficientemente compactados. ¿Cómo se llama este asentamiento?

CAPITULO IV.
RESPUESTAS AL CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

R E S P U E S T A S .

- 1.- a) Secciones homogéneas
b) Secciones graduadas
c) Secciones de enrocamiento con corazón impermeable (secciones mixtas)
- 2.- Puede disponerse verticalmente en su centro o inclinada hacia abajo, cerca del talud de aguas arriba.
- 3.- Cuando la cimentación de la presa está constituida por capas impermeables y permeables, ya que frecuentemente se desarrollan en estas últimas fuertes presiones en el agua que producen subpresiones, que son capaces de causar la ruptura de capas más superficiales, formando -- grietas por las que el agua escapa a gran velocidad, -- concentrando el flujo y agrandándose las grietas.
- 4.- a) Los asentamientos que se producen en el terreno de cimentación, si éste es compresible.
b) Los asentamientos que se producen en el cuerpo del terraplén ya sea en los suelos finos que componen -- los elementos impermeables o en los gruesos que componen los elementos de resistencia.
- 5.- Con la teoría de Terzaghi y las concordancias entre predicción y realidad han sido satisfactorias.
- 6.- Asentamiento por saturación.

CAPITULO V
ESTABILIZACION DE SUELOS
GUIA DE ESTUDIO Y CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO V.

- 1.- Mencione los tipos de estabilización más comunes.
- 2.- ¿Cuáles son las propiedades de los suelos que más frecuentemente se estudian en problemas de estabilización?
- 3.- Mencione tres de las formas de estabilización más usadas para elevar la resistencia.
- 4.- ¿El uso de defloculantes aumenta o disminuye la permeabilidad de los suelos?
- 5.- ¿Que propiedad de los suelos se modifica fuertemente por la compactación, es una forma rutinaria de estabilización?
- 6.- ¿Por qué razón ^{se fue} el concepto de durabilidad de un suelo estabilizado es actualmente de los más difíciles de analizar, por lo menos cuantitativamente?
- 7.- ¿Qué tipos de estudios se han hecho en relación con la tierra armada?
- 8.- ¿Con qué teoría puede analizarse la estabilidad interna de la masa de tierra armada?
- 9.- Resolver el problema planteado en el texto I tomo I Págs. - 260 y 271.

CAPITULO V
RESPUESTAS AL CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

R E S P U E S T A S .

- 1.-
 - a) Estabilización por medios mecánicos.
 - b) Estabilización por drenaje
 - c) Estabilización por medios eléctricos
 - d) Estabilización por empleo de calor y calcinación
 - e) Estabilización por medios químicos.
- 2.-
 - a) Estabilidad volumétrica
 - b) Resistencia
 - c) Permeabilidad
 - d) Compresibilidad
 - e) Durabilidad.
- 3.-
 - a) Compactación
 - b) Vibroflotación
 - c) Precarga
- 4.- La reduce
- 5.- La compresibilidad
- 6.- Porque no hay criterios de campo o de laboratorio que permitan establecerlo con seguridad.
- 7.-
 - a) Estudios con vistas a elaborar métodos de diseño
 - b) Estudios de modelos bidimensionales en el laboratorio.
 - c) Mediciones en prototipos construídos para resolver - problemas específicos.
- 8.- Con la teoría de Rankine
- 9.- La respuesta aparece en el libro de texto.

CAPITULO VI
TUNELES EN SUELOS
GUIA DE ESTUDIOS Y CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO VI.

- 1.- ¿Cuáles son los requerimientos más importantes de un revestimiento permanente en un túnel?
- 2.- ¿Provoca la construcción de un túnel cambios en los estados de esfuerzos en el interior del medio?
- 3.- Un túnel generalmente produce el abatimiento del nivel freático vecino a él ¿qué provoca la situación anterior?
- 4.- ¿Qué condición es uno de los puntos esenciales en el diseño del revestimiento?
- 5.- La identificación y clasificación de accidentes geológicos debe hacerse a varios niveles ¿Cuáles son?
- 6.- ¿Cuáles son las características que definen el comportamiento de un suelo residual?
- 7.- ¿Qué comportamiento tiene una arena fina si está seca, si está húmeda o si está bajo el NAF?
- 8.- ¿Las presiones producidas por las masas discontinuas por qué están reguladas?

CAPITULO VI

RESPUESTAS AL CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

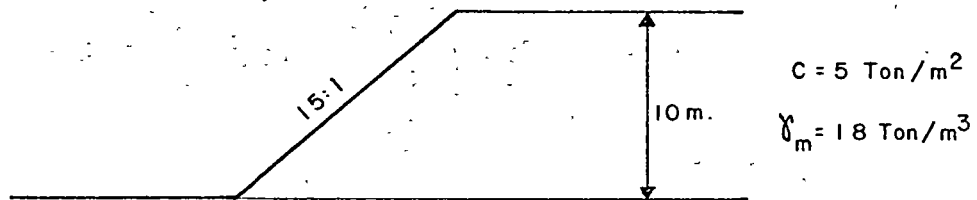
RESPUESTAS .

- 1.- Los que se refieren a su resistencia y estabilidad, al control del agua y a su deformabilidad durante su vida de servicio.
- 2.- Si
- 3.- Hace aumentar los esfuerzos efectivos en la masa del suelo y los pesos de esa masa, resultando asentamientos no reversibles
- 4.- El permitir que tengan lugar los niveles apropiados de desplazamiento.
- 5.-
 - a) Un nivel general, independiente de problemas particulares.
 - b) Un nivel de diagnósticos, para reconocer problemas y definir los parámetros más importantes que los gobiernan.
 - c) Un nivel de identificación y clasificación de accidentes geológicos, en el que deben considerarse los aspectos del proyecto y de la construcción
- 6.-
 - a) El espaciamiento, la regularidad y el carácter de las discontinuidades.
 - b) Las propiedades de la masa de suelo sana, entre discontinuidades.
 - c) El grado de alteración o el de fracturamiento
- 7.- Si está seca tiende a ser granular; si está húmeda cohesiva; y si está abajo del NAF se comporta como un fluido.
- 8.- Por las juntas y fisuras y su espaciamiento.

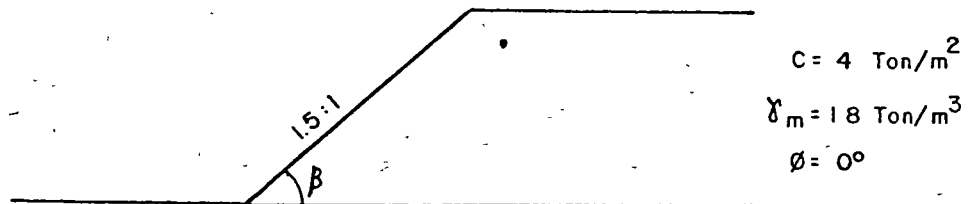
CAPITULO VII
TERRAPLENES EN SUELOS BLANDOS
GUIA DE ESTUDIO, SERIE DE PROBLEMAS Y
CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION

SERIE DE PROBLEMAS.

Problema No. 1.- Obtener el factor de seguridad del talud mostrado en la siguiente figura, considerando que el estrato resistente queda muy profundo; en el caso de que no sea estable proponga las medidas adecuadas para lograr esto.

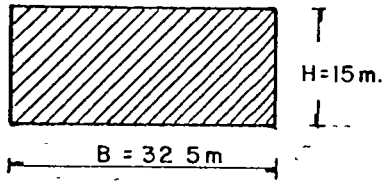


Problema No. 2.- Calcule la máxima altura estable del talud de la figura siguiente, considerando un F.S. de 1.5.

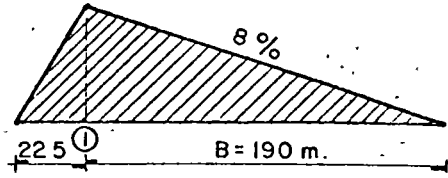


CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO VII.

- 1.- ¿Qué características influyen fuertemente en la magnitud y - naturaleza del problema de los terraplenes en suelos blandos?
- 2.- ¿Qué propiedades de los suelos de cimentación muy blandos deben ser consideradas principalmente?
- 3.- ¿A que se debe que la teoría de consolidación de Terzaghi no sea aplicable a las turbas?
- 4.- Describa brevemente el método constructivo de desplazamiento por el peso del terraplén con o sin sobrecarga.
- 5.- Siempre que se piense en tratamientos para mejorar las condiciones del terreno natural es preciso tener en mente dos de sus características, que son:
- 6.- ¿De que factores depende la elección del criterio de trabajo para reducir los efectos de los asentamientos en la construcción de un terraplén en suelos blandos?
- 7.- ¿Qué criterio debe seguirse para elegir el factor de seguridad para el proyecto de un terraplén sobre suelo blando?
- 8.- ¿Qué tipo de resistencia se usa generalmente para realizar - el análisis de un terraplén en suelos blandos, la drenada o la no drenada?
- 9.- ¿Al realizar una prueba de veleta cómo suele definirse la sensibilidad de una arcilla?
- 10.- Resolver el ejercicio VI.A.6 de la página 376 del libro de - texto 1.
- 11.- Sea un terraplén con $\gamma = 1.8 \text{ T/m}^3$ cuya sección transversal y longitudinal se muestra en la fig.



SECCION TRANSVERSAL



SECCION LONGITUDINAL

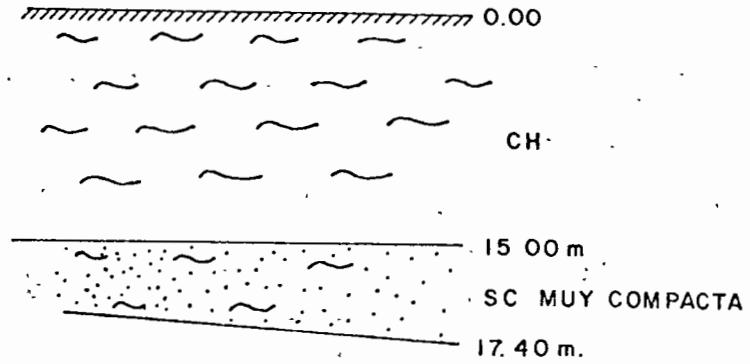
Este terraplén servirá para formar los accesos de un puente y estará descansando en un suelo altamente compresible, - por lo que fue necesario hacer un sondeo inalterable tipo shelby, extrayendo una muestra representativa entre 3.90 m y 4.80 m y otra entre 9.30 m y 10.20 m. Estas muestras se remitieron al laboratorio para realizarles pruebas de consolidación. Sus resultados se reportan en las siguientes tablas.

Muestra Núm. 1	
Prof. 3.90 m. - 4.80 m.	
p (Kg/cm ²)	e
0	1.170
0.125	1.1667
0.250	1.1603
0.501	1.1496
1.001	1.1238
2.001	1.0790
4.003	0.9923
8.003	0.8650

Muestra Núm. 2	
Prof. 9.30 m. - 10.20 m.	
p (Kg/cm ²)	e
0	0.668
0.125	0.658
0.251	0.654
0.501	0.647
1.002	0.634
2.001	0.615
4.000	0.585
8.001	0.542

NOTA: Los datos corresponden solamente a la etapa de carga.

La estratigrafía promedio de la zona de acuerdo al programa e interpretación de la exploración es el siguiente:



En base a los datos anteriores se pide:

- a).- Obtener la distribución de presiones en el punto 1
- b).- Determinar el hundimiento total en el punto 1
- c).- Dibujar la variación de los hundimientos con el tiempo.

CAPITULO VII
RESPUESTAS A LA SERIE DE PROBLEMAS
Y RESPUESTAS AL CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

Respuestas a la serie de problemas.

Problema No. 1.- Es estable, F.S. = 1.53

Problema No. 2.- $H = 8.20$ m.

RESPUESTAS .

- 1.-
 - a) Las dimensiones del terraplén
 - b) Características de la cimentación
 - c) Materiales de construcción
 - d) El programa de construcción
 - e) La localización de la ruta.
- 2.- Su peso específico, su contenido de agua, su permeabilidad, su resistencia al esfuerzo cortante y su compresibilidad.
- 3.- Principalmente al drenaje horizontal que ocurre en estos suelos, a la anisotropía que presentan en lo relativo a la permeabilidad y al escaso sentido que tiene determinar en las turbas el 100% de consolidación primaria.
- 4.- Cuando el terraplén pesa lo suficiente y si el material que pueda quedar atrapado sea de tal espesor y características que los procesos de consolidación posteriores ocurran durante la construcción y antes de la pavimentación definitiva, es posible atenerse al desplazamiento por el peso único del terraplén. Si se quiere acelerar el proceso es necesario recurrir a sobrecargas que inducirán un mayor desplazamiento y provocarán que los asentamientos por consolidación ocurran en menor tiempo.

Si los terraplenes quedan sobre suelos muy blandos es muy conveniente la colocación de una sobrecarga de tierra sobre el terraplén, cuidando de no sobrepasar la resistencia del terreno, pues una falla violenta de deslizamiento de talud o de capacidad de carga producirá el remoldeo de los materiales blandos, que al perder su estructura original disminuyen de manera importante su resistencia, de manera no recuperable.
- 5.- Su resistencia y sus características de asentamiento.
- 6.- Depende del monto y velocidad de los asentamientos, de la uniformidad y continuidad del terraplén y el terreno de cimentación, de la existencia de terraplenes de acceso a puentes y pasos a desnivel y de las características de la vía terrestre.
- 7.- No existe un criterio rígidamente establecido y es un asunto que debe definirse en cada caso particular. Como guía general hay que considerar que los problemas más se

rios no suelen permitir factores altos por razones de costo; sin embargo la falla de una zona de terraplén construido sobre suelo blando, causará el remoldeo interno del material, con la consiguiente pérdida de sus propiedades mecánicas, lo que hace imposible su empleo posterior, siendo necesario realizar un estudio de laboratorio sobre degradación estructural por remoldeo para definir las soluciones que se vayan a emplear.

- 8.- La resistencia no drenada.
- 9.- Como la resistencia del suelo "intacto" dividida entre la resistencia residual.
- 10.- La respuesta aparece en el propio libro de texto.

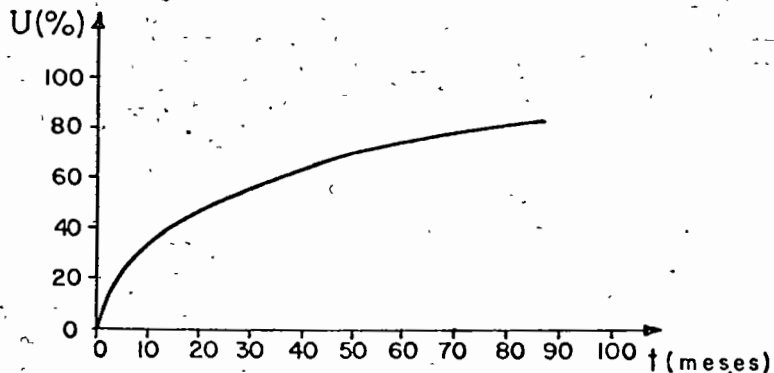
11.- a)

Prof. (m)	σ_v (T/m ²)
0	27.0
2	26.4
4	25.1
8	22.0
12	19.8
20	14.8

Handwritten note: "no es 3.20 E" with an arrow pointing to the 27.0 value in the table.

b) Δ total = 0.651 m.

c)



CAPITULO VIII
CIMENTACIONES EN SUELOS EXPANSIVOS
GUIA DE ESTUDIO, SERIE DE PROBLEMAS
Y CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION.

SERIE DE PROBLEMAS.

Problema No. 1.- Se va a construir una casa de un nivel a base de muros de tabique y losa de concreto reforzado, - sobre una arcilla expansiva de alta plasticidad (CH) de consistencia media, de 1.80 m de espesor que sobreyace a un estrato areno arcilloso. Los datos de la arcilla expansiva son los siguientes:

L.L. = 73% $\omega = 26\%$ $\phi = 3.5^\circ$
 L.P. = 22% $\gamma_m = 1.85 \text{ t/m}^3$
 I.P. = 51% $c = 3 \text{ t/m}^2$

Saturación bajo carga:

Presión (Kg/cm ²)	Expansión	Δw
0.1	0.81	0.25
0.25	0.61	0.31
0.50	-	-



El nivel de aguas freáticas se localiza a 1.90m de profundidad.

Considerando que la profundidad de desplante será de 0.80 m, calcular, para cimentaciones constituidas por zapatas aisladas cuadradas de 0.80 m de lado y corridas de 0.80 m de ancho, lo siguiente:

- La capacidad de carga admisible, usando un factor de seguridad de 2.8, empleando la teoría de Skempton.
- La expansión que sufrirá el suelo de acuerdo -- con la capacidad de carga calculada.

Problema No. 2.- Se pretende construir una estructura en un sitio donde el subsuelo está constituido por arcilla con características de expansividad y con una resistencia a la compresión simple de 20 t/m², en un espesor de 3.00 m. La cimentación será a base de zapatas corridas. Si la presión de expansión es de 8 t/m², ¿cuál será la mínima descarga que deberá transmitir la estructura para que no sufra daños por la expansión y cuál -- será la máxima capacidad de carga permisible, -- según Terzaghi, para el diseño de la cimenta -- ción?

Problema No. 3.- Si en el caso del problema anterior el espesor de la arcilla fuese de 6 m., si se quisiera -- construir una cimentación que compensase la presión de expansión, considerando un γ de la arcilla de 1.6 t/m^3 y una presión de la estructura de 3 t/m^2 , ¿a qué profundidad deberá desplantarse la estructura?

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO VIII

- 1.- ¿Como se pueden definir las arcillas expansivas?
- 2.- ¿Depende la expansibilidad de una arcilla del tipo de mineral de arcilla que la componga? ¿En cual tipo de arcilla es más importante la expansibilidad en las caolinitas o en las montmorilonitas?
- 3.- Explique brevemente cuál es el efecto de una construcción colocada sobre una arcilla expansiva que ha estado sujeta a largos períodos de evaporación
- 4.- Señale dos de los métodos más exitosos para reducir a un mínimo los problemas de expansión en estructuras ligeras.
- 5.- Si las estructuras son de magnitud ^{damente}moderadamente importante, además de los procedimientos empleados para las estructuras ligeras, ¿Qué otros procedimientos deben seguirse?

CAPITULO VIII
RESPUESTAS A LA SERIE DE PROBLEMAS
Y RESPUESTAS AL CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

R E S P U E S T A S .

- Problema No. 1.- a).- Zapatas aisladas zapatas corridas.
 $q_a = 8 \text{ t/m}^2$ $q_a = 7 \text{ t/m}^2$
- b).- La prueba de saturación bajo carga indica que para una presión de 5 t/m^2 la expansión es prácticamente nula, por lo tanto si la cimentación se diseña para una presión de contacto entre suelo y zapata de 7 t/m^2 , - el suelo natural no sufrirá expansiones -- considerables.

- Problema No. 2.- Mínima descarga = 8 t/m^2
 $q_a = 19 \text{ t/m}^2$

- Problema No. 3.- Respuesta 3.14 m

R E S P U E S T A S .

- 1.- Arcillas expansivas son aquellas susceptibles de sufrir un apreciable aumento de volumen durante la construcción o la operación de una estructura.
- 2.- Sí. Es más grande la expansibilidad en las montmorilonitas.
- 3.- Debido al efecto de la evaporación el agua cerca de la superficie trabaja a tensión. En el área bajo la estructura se suprime prácticamente la evaporación y se restituyen las presiones normales correspondientes al caso de no tener evaporación. Lo anterior causa que las presiones efectivas disminuyan fuertemente con la consiguiente expansión del material bajo el área cargada.
- 4.-
 - a) Sobreexcavar la sección por excavar y rellenar el espacio generado con material granular en una cantidad suficiente como para impedir la expansión por el peso del relleno.
 - b) Emplear elementos estructurales apropiados y flexibles, que se adapten a los movimientos impuestos sin sufrir daños.
- 5.-
 - a) Concentrar las cargas que envía la estructura al sub suelo en zapatas, que transmitan una presión tal, que impida su levantamiento por expansión
 - b) Usar pilotes, pilas y cajones de cimentación apoyados en estratos no sujetos a fenómenos de expansión

CAPITULO IX
DRENAJE DE SUELOS
GUIA DE ESTUDIO Y CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO IX

- 1.- ¿Cuáles son las dos estructuras fundamentales del drenaje su perficial en los cortes de las carreteras?
- 2.- ¿Cuál es el objeto principal de las contracunetas?
- 3.- ¿Cuáles son las principales estructuras de drenaje superficial en los terraplenes?
- 4.- Si el sitio para la ubicación de un aeropuerto está constituido por suelos de alta permeabilidad, ¿Cuál es el objeto de controlar cuidadosamente las pendientes para impedir concentraciones del agua y velocidades fuertes de la misma?
- 5.- ¿Qué efectos nocivos provoca el humedecimiento de la parte superior de las terracerías de una carretera?
- 6.- ¿Qué es recomendable hacer si el terreno donde asentará un aeropuerto está constituido por un estrato permeable, suprayacente a otro impermeable?
- 7.- ¿Qué métodos se han usado para controlar las condiciones de flujo del agua en terracerías y para mejorar las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos?
- 8.- ¿Qué ventajas tienen los drenes transversales de penetración sobre otros elementos de subdrenaje?
- 9.- El espaciamiento entre los pozos de alivio es muy variable. ¿Cuál es un espaciamiento usual?
- 10.- ¿Cuándo se justifica el uso de una galeria filtrante en problemas de subdrenaje de vías terrestres?

CAPITULO IX
RESPUESTAS AL CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION

R E S P U E S T A S .

- 1.- La cuneta y la contracuneta.
- 2.- Captar el agua que escurre superficialmente del terreno superior y evitar así que llegue al talud y lo erosione.
- 3.- Las alcantarillas, los lavaderos y los bordillos.
- 4.- Evitar la erosión del suelo por los escurrimientos del agua.
- 5.- Disminuye su resistencia, propicia la deformación del pavimento sobre la terracería y causa la incrustación de los materiales granulares que suelen formar la sub-base:
- 6.- Como las aguas que se filtran a través del estrato superior quedan detenidas en la frontera con el estrato impermeable y fluyen sobre ésta siguiendo su pendiente natural, serán necesarios subdrenes de zanja que lleguen hasta dicha frontera, a no ser que ésta sea muy profunda, en cuyo caso las zanjas podrán profundizarse lo necesario para el flujo que se filtre más abajo no sea ya perjudicial. *que*
- 7.-
 - a) Subdrenes de zanja y capas permeables.
 - b) Construcción de una capa permeable con remoción de material.
 - c) Trincheras estabilizadoras
 - d) Drenes transversales de penetración
 - e) Pozos de alivio
 - f) Galerías filtrantes
- 8.- Tienen la ventaja de drenar el agua y/o abatir las presiones neutrales a profundidades mayores que las que pueda alcanzar cualquier otro sistema de subdrenaje.
- 9.- Entre 5 y 10m.
- 10.- Cuando la zona inestable es de grandes proporciones.

CAPITULO X
PROBLEMAS DE MECANICA DE ROCAS
GUIA DE ESTUDIO, NOTAS DEL CURSO
Y CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION

ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS.

El análisis de la estabilidad de masas de roca, en general, presenta dificultades de diversa índole. Importa el tipo de roca, la disposición del fracturamiento, los rellenos de las grietas, la alteración sufrida por intemperismo, etc. Para investigar la estabilidad de las laderas o del conjunto cortina-cimentación, se requiere estudiar cuidadosamente los defectos o debilidades -- más que la competencia de los elementos sanos de la masa pétreo. Por ejemplo, sea una cimentación constituida por capas de caliza masiva y lutitas; el ingeniero concentra su atención en estas últimas, investiga la resistencia al corte y observa la geometría en relación con los esfuerzos que puede inducir la estructura que proyecta. De antemano prevé que los estratos de lutita por efecto de la descarga, en el cauce o en las laderas, pueden sufrir alteraciones que reducen notablemente su resistencia. Esto ocurre en capas muy delgadas y en la frontera con la caliza, de modo que es difícil obtener muestras inalteradas. Entonces procede en forma indirecta, investigando en especímenes remoldeados con el mismo contenido de agua que tiene el citado estrato blando, la resistencia residual. Para este objeto, es recomendable el aparato de corte directo con el que pueden efectuarse pruebas S empleando muestras muy delgadas (5 mm).

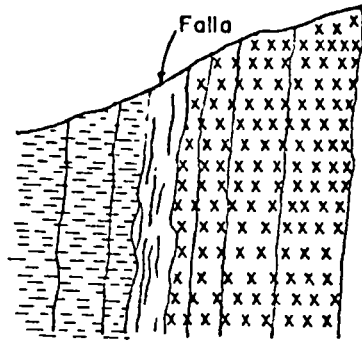
Cuando se trata de rocas ígneas, lo importante es el -- fracturamiento que presenta la masa. En primer lugar, se observan las grietas debidas al enfriamiento de la roca, registrando características como: módulo, alabeo, orientación media en el espacio, rellenos hidrotermales o de infiltración superior, grado de alteración de las superficies o síntomas de circulación de agua, etc. -- Posteriormente se determinan las fracturas producidas por fallas, plegamientos, flujo plástico (creep), antiguos deslizamientos, o bien, los de tensión por relajamiento de esfuerzos. Los siguientes comentarios sobre las características de ambos grupos de grietas pueden ayudar a su identificación y estudio.

En rocas ígneas intrusivas, el sistema de fracturas que se desarrollan al enfriarse la masa lentamente es de tipo prismático muy regular, variando los módulos de decenas de centímetros a metros. Estas grietas se encuentran rellenas con depósitos de origen hidrotermal (sílice, carbonato de calcio, yeso, etc.), o bien limpias; en la superficie aparecen infiltradas con productos de deintegración de la misma roca o de acarreo. La característica importante desde el punto de vista de la estabilidad, es que estos sistemas de grietas delimitan superficies alabeadas. Por tanto, una falla ocurre según trayectorias a lo largo de grietas existentes y producen fracturas de la roca sana por corte; el fenómeno es de carácter progresivo, debido a la marcada diferencia en la relación

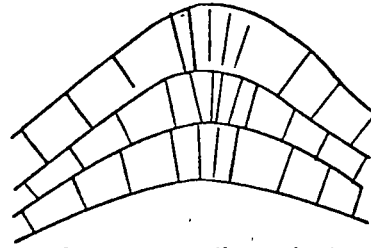
esfuerzo-deformación de la roca intacta y la del material que rellena las grietas; el proceso evoluciona a saltos, por causa de la concentración de esfuerzos en los tramos más resistentes de la mencionada trayectoria. Los cálculos sobre las posibilidades de una falla plantean problemas de compactibilidad en deformación, que obligan a considerar dos valores de la resistencia; a) la de corte simple por la roca sana en los tramos de la trayectoria que no sean grietas preexistentes, afectado por un factor de concentración de esfuerzos; b) la de fricción en la posible superficie de deslizamiento, suponiendo que la roca ha fallado previamente.

Las rocas ígneas extrusivas, debido al enfriamiento relativamente rápido, pueden exhibir fracturamientos muy diferentes, desde la lava en bloques a la estructura lajeada, pasando por las de tipo columnar. En principio, las condiciones que se plantean son semejantes a las descritas en el caso de las masas cristalinas intrusivas, pero por su irregularidad, mucho más complejas. Una forma, típica en ciertas rocas metamórficas, es la estructura esquistosa que da origen al desarrollo de grietas en superficies planas. Se han usado aparatos de corte directo para determinar las resistencias in situ de estas formaciones. La presencia de capas muy delgadas que han sufrido alteraciones importantes en su estructura cristalina (hidratación) por efecto de la descarga y del intemperismo en zonas próximas a taludes o en el cauce, es una incógnita que requiere examinarse cuidadosamente para programar y realizar pruebas involucrando a los elementos más débiles de la formación.

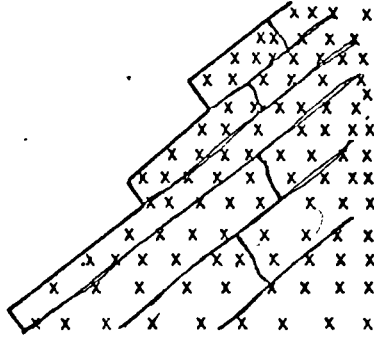
Los esfuerzos regionales desarrollados en la corteza terrestre son causa de agrietamientos que se superponen a los descritos en párrafos anteriores. Las fallas directas o inversas producidas por esfuerzos tectónicos de tensión o compresión, respectivamente, dan origen a superficies aproximadamente planas, que penetran a gran profundidad y tienen longitudes de kilómetros (fig. I). El ingeniero confronta incógnitas sobre la actual condición de equilibrio (actividad) y sobre la resistencia al corte de la masa. La primera es una cuestión que puede resolverse por inspección directa de las grietas y rellenos en la falla, observaciones sísmicas en la región y mediciones geodésicas a lo largo de ella. Desgraciadamente, con excepción del examen de grietas, dichos procedimientos requieren tiempo y mediciones costosas. La determinación de la resistencia al corte en el sentido de las fracturas, es un problema de caracteres semejantes a los discutidos al principio de este inciso, que se resuelve mediante el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales que rellenan las grietas. Esta investigación no es simple por la composición errática de tales rellenos; en algunos casos pueden ser fragmentos triturados de la misma roca, y en otros, arcillas plásticas y de baja resistencia. Ciertas formaciones como las pizarras arcillosas del dique núm. 2 de Malpaso, en una faja amplia (más de 100m) a los lados de la falla, son afectados por intensa fisuración, lo que constituye un verdadero reto a las técnicas desarrolladas para determinar la resistencia al esfuerzo cortante.



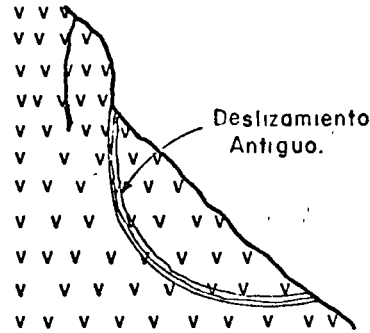
Grietas tectónicas



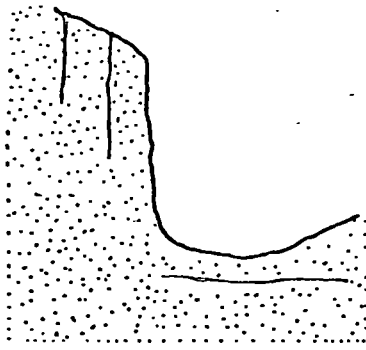
Grietas por plegamiento.



Grietas por flujo plástico (creep)



Grietas por falla de talud.



Grietas por relajamiento de esfuerzos

FIG I. TIPOS DE AGRIETAMIENTO

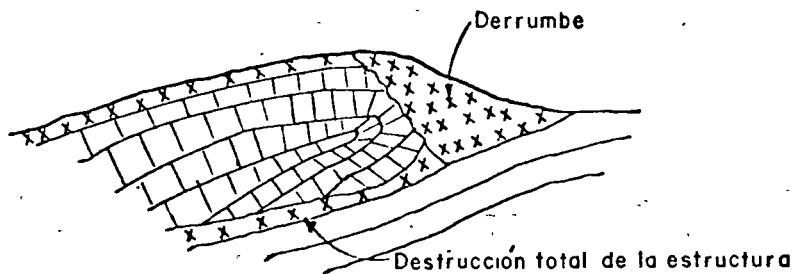


FIG II. PLEGAMIENTO RECUMBENTE

Otro tipo de fracturamiento por causas tectónicas es el que ocurre en una roca sedimentaria plegada (Fig. I). En los anticlinales y sinclinales se observan grietas de tensión normales a las superficies de estratificación, tanto en los planos paralelos al plegamiento como en los normales a él. La destrucción de la roca puede ser total en las zonas de máxima curvatura y a lo largo del contacto de un plegamiento recumbente que, además, sufrió corrimientos por falla (Fig. II). En calizas, las grietas y los planos de estratificación están generalmente alterados por la disolución que produce el agua meteórica circulando por tales defectos, lo cual da lugar a la formación de cavernas y conductos. Desde el punto de vista de la estabilidad, debe destacarse la importancia que tiene la disposición de los planos de estratificación en el comportamiento de taludes y cimentaciones, así como el estudio de la resistencia al corte de las capas más débiles contenidas en la masa. Es frecuente observar fenómenos de flujo plástico (creep) en estas formaciones geológicas.

EXPLOSIVOS

Explotación y acarreo.- La producción de enrocamientos implica el desarrollo de una cantera. Esta operación es compleja y requiere la conjunción de conocimientos en varios campos: el geológico, para determinar las características de la roca, la presencia de elementos que la contaminan, y los espesores de la capa superficial alterada o constituida por derrumbes; el de los explosivos y la barrenación, teniendo en cuenta el manto por explotar y el material a obtener; el de desarrollo de la cantera y caminos, con base en la producción diaria requerida y el equipo disponible. Para realizar una explotación económica es indispensable una planeación detallada en cada caso particular y una ejecución perfectamente coordinada. Debe tenerse presente que trabajan equipos especializados y costosos (perforadoras, compresoras, palas, tractores, etc.), que los explosivos son materiales de manejo delicado, y que las operaciones se repiten cíclicamente en frentes cercanos, de modo que la eficiencia de cada operación es decisiva en el costo de producción; al frente de este trabajo es necesario un ingeniero que enfoque el proceso en plan industrial.

Hay dos métodos generales de ataque en una cantera: a) bancos escalonados y b) coyoterías. En los primeros se desarrollan frentes verticales, de 5 a 15 m, según el material y el equipo de carga, mediante la barrenación de pozos a distancias prefijadas, en los que se aloja el explosivo. El diámetro y módulo de las perforaciones, así como la cantidad y tipo de explosivos, dependen de la roca y sus defectos, y del producto que se desea obtener. La determinación de esos parámetros es todavía semiempírica; requiere pruebas de campo y vigilancia de expertos en explosivos y barrenación para lograr una explotación conveniente. Las rocas con fracturas abiertas o cavernas plantean problemas difíciles de resolver. Las patas en los frentes por barrenación corta, o bien la producción de bloques no manejables por el equipo o inadmisibles en el enrocamiento, encarecen notablemente el proceso por dilaciones en la carga y la necesidad de barrenación secundaria.

Para rocas normales, el consumo de dinamita varía de 400 a 700 g/m³ de material in situ; los coeficientes de barrenación usuales dependen del diámetro de las perforaciones, siendo de 0.25 m/m³ en pozos de 2 cm y de 0.10 m/m³ en los de 7.5 cm de diámetro. La primera cantidad puede duplicarse con las voladuras secundarias.

En el procedimiento de coyoterías se abren túneles normales al banco, que se ramifican interiormente; en ellos se coloca la carga de explosivo necesaria para romper y levantar la ma

sa de rocas de modo que, al caer, se provoque la fragmentación buscada. Si bien se han desarrollado reglas para proyectar este tipo de explosivos, las incertidumbres son mayores que en el ataque por bancos. Los defectos de la formación, particularmente las grietas abiertas y las cavernas, son incógnitas serias para el desarrollo de la explosión. Ciertas rocas, debido al sistema de fracturas y a su disposición, producen bloques muy grandes que obligan a barrenación y voladura secundaria, y dificultan los movimientos de las palas mecánicas y del equipo auxiliar. Por estas razones, sólo cuando las condiciones de la formación son favorables se aplica el método de coyoteras con preferencia al ~~bloqueo~~ banqueo.

La carga del material producido en la cantera hace necesario el uso de maquinaria pesada y de camiones resistentes para recibir el producto y transportarlo a velocidad relativamente alta. Las palas mecánicas usuales tienen cucharas con capacidad variable entre 1.9 y 2.7 m³; cuando el material tiene tamaños no mayores de 50 cm, se usan las excavadoras con descarga lateral como auxiliares del proceso.

Por el alto costo de las llantas de los camiones, debe ser motivo de constante atención el mantenimiento de superficies de rodamiento en la cantera, construidas de rezaga acomodada con tractor y tratada mediante rodillos vibratorios. Aparentemente es un gasto inútil, pero tomando en consideración el primer factor y la influencia del tránsito dentro de la cantera en el ciclo de cada camión, se concluye que está ampliamente justificado. Por la misma razón, los caminos de conexión a la cortina deben ser amplios y bien trazados.

MEDICIONES IN SITU.

Deformabilidad.- La deformabilidad de una masa rocosa surcada por micro y macrodiscontinuidades varía con el volumen de material probado. En otras palabras, la deformabilidad de una masa rocosa es una característica en la que se aprecia un efecto de escala. En esas condiciones resulta impropio utilizar el valor del módulo de deformación determinado en el laboratorio, sobre probetas de dimensiones reducidas, para diseñar las estructuras del prototipo (por ejemplo, una casa de máquinas subterráneas).-A fin de introducir en el diseño un valor realista de la deformabilidad de la masa rocosa afectada, se requiere realizar pruebas de campo estáticas o dinámicas.

Pruebas estáticas de placa. Han sido las primeras y siguen siendo las más frecuentemente realizadas para determinar en el campo la deformabilidad de una masa rocosa. Sin embargo, -- los equipos utilizados han evolucionado a fin de afectar volúmenes de roca cada vez mayores e incrementar la magnitud de los esfuerzos aplicados.

Comúnmente, el área de carga es del orden de 1 m^2 y la máxima presión aplicada alcanza valores de 200 kg/cm^2 .

Suelos, enrocamientos y rocas.

El equipo utilizado por la Comisión Federal de Electricidad consta de un dispositivo de carga (gato, columna y placa de apoyo), un gato plano Freyssinet y un dispositivo de medición de los desplazamientos superficiales (marco fijo y micrómetros). La prueba permite obtener una relación entre los desplazamientos superficiales w y la carga aplicada P .

Pruebas estáticas en sondeos y cámaras de presión. Los ensayos efectuados en sondeos permiten investigar un macizo rocoso sin requerir la excavación de galerías, necesarias para la realización de las pruebas de placa.

Los dispositivos utilizados para medir en sondeos la deformabilidad de la roca, son de dos tipos: los dilatómetros, que aplican una presión hidrostática sobre la pared del sondeo y los gatos curvos, que cargan la pared rocosa a lo largo de dos sectores circulares diametralmente opuestos. La interpretación de las pruebas efectuadas con los dilatómetros es más sencilla y confiable que la correspondiente a las pruebas de gatos curvos.

En el pasado se han efectuado pruebas in situ en cámaras cilíndricas de presión a gran escala, con objeto de involucrar una masa considerable de roca. La prueba consiste en aislar un tramo de galería, impermeabilizar con una cubierta de hule sus paredes, e inyectar, en el recinto así constituido, agua a presión;

se miden simultáneamente los desplazamientos diametrales de referencias ancladas en la pared rocosa. En la actualidad han sido -- abandonadas estas pruebas por ser excesivamente costosas, con excepción de casos especiales como son las tuberías forzadas.

Mediciones sísmicas. La ^{ro}perspección sísmica ocupa un lugar importante dentro del conjunto de los métodos de investigación de las masas rocosas. En efecto, los volúmenes de roca involucrados en la medición sísmica son grandes, lo que resulta ventajoso; además, la determinación de las velocidades de propagación de las ondas longitudinales V_L y transversales V_T permite, -- si se supone que el comportamiento del macizo es elástico, una valoración de su módulo de Young dinámico, E_d , y de su relación de Poisson, ν_d . La experiencia de campo y de laboratorio muestra que, al propagarse una onda en un macizo rocoso, la amplitud de la vibración disminuye y las frecuencias superiores a 1 000 hertz se -- amortiguan muy rápidamente. No es extraño que el módulo de deformación dinámico difiera del módulo de deformación estático E_s obtenido con pruebas de placa, por ejemplo, pues esta diferencia refleja el comportamiento inelástico de la roca. Todas las pruebas efectuadas muestran que el módulo de deformación estático, determinado en el laboratorio o en el campo, es inferior al módulo de deformación dinámico. De hecho, el cociente E_d/E_s varía de 1.5 a 13 y se han propuesto varias explicaciones al fenómeno: diferencia en el nivel de esfuerzos aplicados durante una prueba estática y dinámica, así como diferente duración, en la aplicación de cargas en uno y otro método. El enfoque más prometedor parece ser el que toma en cuenta el comportamiento viscoso de las rocas, pues explica teóricamente las correlaciones observadas en la práctica entre el módulo estático y la frecuencia de las ondas transversales, o entre -- el cociente E_d/E_s y la longitud de dichas ondas.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO X.

- 1.- ¿Al excavar un túnel en roca sana, cuando puede ocurrir el problema de roca explosiva?
- 2.- ¿Qué fenómeno es típico al excavar un túnel en roca triturada y qué indica?
- 3.- ¿Qué tipo de pruebas suelen hacerse para obtener la resistencia de una roca?
- 4.- ¿En rocas muy agrietadas qué consideraciones deben hacerse para fijar la carga de diseño?
- 5.- Mencione los métodos más utilizados para desplazar suelos -- muy blandos con explosivos.
- 6.- ¿Cuáles son los dos tipos de anclaje que se han desarrollado en relación a rocas muy fragmentadas, meteorizadas y a suelos?

CAPITULO X
RESPUESTAS AL CUESTIONARIO
DE AUTOEVALUACION.

R E S P U E S T A S .

- 1.- El fenómeno ocurre cuando la roca en las paredes o techo del túnel está sujeta a estados de deformación elástica intensa o cuando hay fuerte presión de montaña.
- 2.- Es típico el fenómeno conocido como efecto de arqueamiento, - que indica la capacidad de la roca situada sobre el techo de un túnel para transmitir la presión debida a su peso a las masas colocadas a los lados del mismo.
- 3.- Pruebas de compresión simple o pruebas del tipo Triaxial
- 4.- Debe considerarse que las zonas débiles son las que limitan la carga de diseño y el factor de seguridad a emplear en estos casos, no debe ser menor de 5.
- 5.-
 - a) Barrenación en el frente de avance.
 - b) Barrenación bajo el cuerpo del terraplén.
 - c) Método de New Hampshire.
 - d) Método alemán
- 6.- Las anclas de tensión y las anclas de fricción.

COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS

OBJETIVO.-

Presentar al alumno los conceptos fundamentales del comportamiento de los suelos, dando especial interés a aquellas propiedades que influyen en la deformación y resistencia de los mismos.

RESUMEN.-

El curso consta de las siguientes partes: presentación de los tipos de suelos, el muestreo, sus propiedades físicas, granulometría y plasticidad, y de acuerdo con ellas, su clasificación. Se tratarán además temas referentes a las propiedades hidráulicas de los suelos, la compresibilidad, compactación y resistencia al esfuerzo cortante.

PROGRAMA.-

1. Introducción
2. Suelos.
Tipos de suelos. Factores geológicos que influyen en las propiedades de los suelos.
3. Muestreo de Suelos.
Procedimientos de perforación. Métodos y herramientas de muestreo. Pruebas de campo. Manejo y conservación de muestras.
4. Propiedades físicas de los suelos.
Estructuras. Físico-química de los suelos. Minerales arcillosos. Propiedades volumétricas. Pesos relativos. Perfiles de propiedades.

5. Granulometría y Plasticidad.
Distribución granulométrica. Análisis mecánico e hidrómetro. Límites de consistencia. Índice de plasticidad. Consistencia relativa.
6. Clasificación de Suelos.
Identificación de suelos. Carta de plasticidad. Sistema Unificado de clasificación de suelos. Perfiles estratigráficos.
7. Flujo de Agua.
Conceptos básicos. Permeabilidad. Determinación de la permeabilidad en el laboratorio y en el campo. Ecuación general del flujo de agua. Flujo establecido. Redes de flujo. Aplicaciones a problemas de ingeniería. Flujo no establecido. Problemas de ingeniería.
8. Compresibilidad y Expansividad.
Suelos gruesos. Problemas a corto y largo plazo. Suelos finos. Problemas a corto y largo plazo. Consolidación. Información experimental. Teoría de la consolidación.
9. Compactación de suelos.
Procedimientos de compactación. Vibroflotación. Propiedades de suelos compactados.
10. Resistencia de los Suelos.
Teorías de falla. Pruebas de campo y laboratorio. Interpretación de pruebas. Relaciones esfuerzo deformación. Aplicaciones a problemas de ingeniería.

BIBLIOGRAFIA.-

TEXTOS.

1. "Mecánica de Suelos", Tomo I
de E. Juárez Badillo y A. Rico R.
3a. Edición. Ed. Limusa.
 2. "Mecánica de Suelos", Tomo III
de E. Juárez Badillo y A. Rico R.
- N. C. Notas del curso.

C A P I T U L O I

INTRODUCCION.

GUIA DE ESTUDIO.

C A P I T U L O I I

SUELOS.

GUIA DE ESTUDIO Y CUESTIO
NARIO DE AUTOEVALUACION .

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO 2.

- 1.- Describa brevemente la constitución del globo terrestre.
- 2.- Defina lo que se entiende por suelo desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos.
- 3.- La corteza terrestre es atacada por aire y las aguas y sus mecanismos de ataque se incluyen en dos grupos ¿Cuáles son y cómo se explica su acción?.
- 4.- ¿Qué tipo de suelos es frecuente encontrar en las zonas húmedas y cálidas, en las zonas frías y en los desiertos?
- 5.- Defina lo que es un suelo residual y uno transportado.
- 6.- ¿Cuáles son los principales agentes de transporte de los suelos?.
- 7.- Mencione las características de los depósitos de peamonte.
- 8.- ¿A qué se debe que los depósitos lacustres sean generalmente de grano muy fino?.
- 9.- Describa los depósitos glaciares.
- 10.- ¿Qué tipos principales de suelo deben su formación al arrastre del viento? Descríbalos.
- 11.- ¿Qué es un mineral y cuáles son sus propiedades físicas más importantes desde el punto de vista de su identificación?
- 12.- ¿Qué características influyen principalmente en el comportamiento mecánico de los suelos gruesos y de las arcillas?
- 13.- ¿Qué minerales constituyen básicamente a las arcillas?

14.- Describa brevemente la composición mineralógica de las montmorilonitas, de las caolinitas y de las ilitas.

15.- Relacione las columnas de la izquierda con las de la derecha.

I) Iilitas

A) Son relativamente estables en presencia de agua.

II) Caolinitas

B) Presentan fuerte tendencia a la inestabilidad en presencia de agua.

III) Montmorilonitas

C) Estructuras ^{de} análogamente a las montmorilonitas, pero su expansividad es menor en presencia de agua.

RESPUESTAS AL CUESTIONARIO DE
AUTOEVALUACION DEL CAPITULO II.

R E S P U E S T A S

- 1.- Está constituido por un núcleo formado principalmente por compuestos de hierro y níquel; su densidad media es considerablemente superior a la de las capas más superficiales. Un manto en estado fluido llamado magma rodea al núcleo; el magma a su vez está envuelto por una capa de densidad decreciente hacia la superficie formada sobre todo por silicatos y que se conoce como la corteza terrestre. Sobre la corteza terrestre - - existe una pequeña capa formada por la disgregación y descomposición de sus niveles superiores: esta pequeña capa es el - suelo, del cual se ocupa la Mecánica de Suelos.
- 2.- Suelo es todo tipo de material terroso, desde un relleno de - desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o luti--tas suaves. Quedan excluidas las rocas sanas ígneas o meta--mórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie.
- 3.- Los grupos son la desintegración mecánica y la descomposición química. El primero se refiere a la intemperización de las - rocas por agentes físicos, tales como cambios periódicos de - temperatura, acción de la congelación del agua en las en=las juntas y grietas de las rocas, efectos de organismos, plantas, etc. A causa de estos fenómenos las rocas pueden llegar a - formar arenas o limos y en casos especiales arcillas.

El segundo grupo se refiere a la acción de agentes que atacan las rocas modificando su composición mineralógica o química. El principal agente es el agua y los mecanismos de ataque más importantes son la oxidación, la hidratación y la carbonata--ción. También intervienen los efectos químicos de la vegeta--ción. Estos mecanismos producen generalmente arcilla.
- 4.- En las zonas húmedas y cálidas es frecuente encontrar forma--ciones arcillosas. En las zonas frías formaciones arenosas o limosas. En los desiertos formaciones arenosas.

Debe tenerse en mente que estas reglas no son inmutables pu--diendo existir, por ejemplo, formaciones arcillosas en regio--nes frías o secas.

14.- Las montmorilonitas están formadas por una lámina alumínica entre dos silícicas, las caolinitas por una lámina silícica y otra alumínica y las ilitas por una lámina alumínica entre dos silícicas. Estas últimas se distinguen de las montmorilonitas por su tendencia a formar grumos que reducen el área expuesta al agua por unidad de volumen.

15.- I) - C)
II) - A)
III) - B)

C A P I T U L O I I I

MUESTREO DE SUELOS

GUIA DE ESTUDIOS Y

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION

- 6.- ¿Qué condición debe satisfacer un tubo muestreador de pared delgada para que al introducirse en el terreno no altere la estructura de la muestra "in situ"?
- 7.- ¿Cuál es el objeto de los muestreadores de pistón y como lo logran?
- 8.- ¿Que técnicas se emplean para desprender del fondo de la perforación la muestra de roca que ha ido penetrando en el interior del muestreador?
- 9.- Explique brevemente en que se basan los métodos de sondeos - que se mencionan en seguida:
 - a) Método sísmico.
 - b) Método de resistividad eléctrica.
 - c) Métodos magnéticos y gravimétricos.
- 10.- ¿De qué depende principalmente el número, tipo y profundidad de los sondeos que deben ejecutarse en un programa de exploración de suelos?.
- 11.- ¿Qué recomendación práctica puede seguirse para determinar - la longitud de una perforación en un problema donde asentamientos y resistencia sean los factores determinantes?.
- 12.- Explique brevemente cual es la función de un piezómetro y - cual es el principio con el que trabajan.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO 3.

1.- Mencione los distintos tipos de sondeos.

2.- Relacione las columnas de la izquierda con las de la derecha.

- | | |
|---|---|
| I) Sondeos con posteadora. | A) Se obtienen muestras que conservan la estructura del suelo "in situ" |
| II) Sondeos con tubos de pared delgada. | B) Se obtienen muestras representativas del suelo, pero sin conservar su estructura original. |
| III) Sondeos de penetración estándar. | C) Se obtienen muestras no representativas y sin conservar la estructura original. |
| IV) Pozo a cielo abierto | D) No se obtienen muestras. |
| V) Método sísmico. | |
| VI) Método de lavado. | |
| VII) Método de penetración cónica. | |
| VIII) Métodos rotatorios para roca. | |

3.- ¿Qué característica de los suelos friccionantes y plásticos - proporciona la prueba de penetración estándar?

4.- Explique brevemente en que consiste la prueba de penetración estándar.

5.- ¿Qué consistencia corresponde a una arcilla en relación con los siguientes números de golpes, registrados en pruebas de penetración estándar?

No. de golpes, N.

<	2
2	a 4
4	a 8
8	a 15
15	a 30
>	30

- 5.- Suelo residual es aquel en el que los productos del ataque de los agentes del intemperismo quedan en el lugar, directamente sobre la roca de la cual derivan. Suelo transportado es aquel en el que los productos resultantes del ataque de los agentes del intemperismo son removidos del lugar de su formación.
- 6.- Los glaciares, el viento, los ríos, los mares y las fuerzas - de gravedad.
- 7.- Se forman por escurrimiento de agua en las laderas de colinas y montes y por la fuerza de gravedad. Son heterogéneos, sueltos y formados predominantemente por materiales gruesos.
- 8.- A la pequeña velocidad con que las aguas fluyen en los lagos, lo cual favorece el depósito de las partículas muy finas.
- 9.- Están formados por suelos heterogéneos, que van desde grandes bloques hasta materiales muy finamente granulados, a causa de las grandes presiones desarrolladas y a la abrasión producida por el movimiento de las masas de hielo.
- 10.- Los médanos y el loess.

Los médanos son aglomeraciones de arena suelta que fué arrastrada por el viento a poca altura y que se vió detenida por - algún obstáculo natural de la superficie del terreno.

El loess es un depósito eólico constituido por una mezcla uniforme de arenas finas cuarzosas algo feldespáticas y limos, - estructurado en forma abierta y algo cohesivo.

- 11.- Un mineral es una sustancia inorgánica y natural que tiene - una estructura interna determinada por el arreglo específico de sus átomos e iones. Sus propiedades físicas más importantes desde el punto de vista de su identificación son el color, el lustre, la tonalidad de sus raspaduras, la forma de cristalización, la dureza, la forma de su fractura y disposición de sus planos de crucero, la tenacidad, y la densidad relativa.
- 12.- En los suelos gruesos su comportamiento mecánica e hidráulico está principalmente condicionado por su compacidad y por la - orientación de sus partículas; en las arcillas se ve decidida mente influido por su estructura y constitución mineralógica.
- 13.- Silicatos de aluminio hidratados y en ocasiones silicatos de magnesio, hierro y otros metales, también hidratados.

RESPUESTAS AL CUESTIONARIO DE
AUTOEVALUACION DEL CAPITULO III

RESPUESTAS

1.-

02
Métodos de exploración de carácter preliminar.

Pozos a cielo abierto, con muestreo - alterado o inalterado.
Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.
Método de lavado.
Método de penetración estándar.
Método de penetración cónica.
Perforaciones en boleos y gravas .- (con barretones etc.)

Métodos de sondeos definitivos.

Pozos a cielo abierto con muestreo - inalterado.
Métodos con tubo de pared delgada.
Métodos rotatorios para roca.

Métodos geofísicos.

Sísmico.
De resistencia eléctrica.
Magnético y gravimétrico.

- 2.-
- I) - B)
 - II) - A)
 - III) - B)
 - IV) - A), B)
 - V) - D)
 - VI) - C)
 - VII) - D)
 - VIII) - A)

3.- En los suelos friccionantes permite conocer su ^{compacidad,} capacidad que es su característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico. En los suelos plásticos permite adquirir una idea tosca de su resistencia a la compresión simple.

4.- Consiste en hacer penetrar dentro del suelo un muestreador de dimensiones especificadas, contando el número de golpes dado por un martinete de 63.5 Kg. de peso que cae desde 76 cm de altura, para hacerlo penetrar 30 cm. Previamente a la ejecución de la prueba, el fondo de la perforación deberá estar -- limpia de derrumbes o porciones de muestras de pruebas anteriores. El número de golpes se cuenta cuando el muestreador penetre los 30 cm centrales.

5.- Consistencia.

Muy blanda.
Blanda.
Media.
Firme.
Muy firme.
Dura.

6.- Deberá cumplirse que la relación del área de la pared del tubo al área exterior del muestreador, sea menor o igual al 10% La expresión para calcularla es:

$$Ar\% = \frac{D_e^2 - D_i^2}{D_e^2} \leq 10$$

7.- Tiene por objeto eliminar o casi eliminar las operaciones de la limpia del fondo del pozo, previas al muestreo. Este tipo de muestreadores se hinca hasta el nivel deseado con el pistón en su posición inferior, sin que el suelo alterado de niveles más altos penetre en él; una vez en el nivel de muestreo el pistón se eleva hasta la parte superior y el muestreador se hinca libremente (pistón retractil). Si el pistón se fija en el nivel de muestreo por un mecanismo accionado desde la superficie, el muestreador se hinca relativamente al pistón hasta que se llena de suelo (pistón fijo).

8.- Suele resultar apropiado interrumpir la inyección de agua, lo que hace que el espacio entre la roca y la parte inferior de la muestra se llene de fragmentos de roca, produciendo un empaque apropiado que desprende la muestra; otras veces un aumento rápido de la velocidad de rotación produce el efecto de seado.

- 9.-
 - a) Se funda en la diferente velocidad de propagación de las ondas vibratorias a través de diferentes medios materiales.
 - b) Se basa en el hecho de que los suelos, dependiendo de su naturaleza, presentan mayor o menor resistividad eléctrica cuando una corriente es inducida a su través.
 - c) Se basan en la medida de la componente vertical del campo magnético terrestre y de la aceleración del campo gravitacional respectivamente, en los diversos puntos de la zona por explorar.
- 10.- Fundamentalmente depende del tipo de materiales que constituyan el subsuelo y de la importancia de la obra.
- 11.- Es recomendable explorar una profundidad comprendida entre 1.5 y 3 veces el ancho de la estructura por cimentar.
- 12.- Su función es medir la presión del agua del subsuelo, en un punto determinado, a una cierta profundidad. El principio con el que trabajan en el hecho según el cual la presión que pueda existir en el agua en el extremo inferior de un tubo puede equilibrarse con una cierta columna de agua actuante en dicho tubo.

C A P I T U L O I V

PROPIEDADES FISICAS DE LOS
SUELOS.

GUIA DE ESTUDIOS, NOTAS DEL
CURSO Y CUESTIONARIO DE -
AUTOEVALUACION.

SONDEO:

ELEV:

Prof, m	w	%	ΔLL	ΔLP	PESO VOLUMETRICO		RELA-CION DE VA-CIOS	RESIS-TENCIA AL CORTE		PÉRFIL	DESCRIPCION
					ton/m ³			ton/m ²			

SIMBOLOS

- W CONTENIDO NATURAL DE LIQUIDOS
 LL LIMITE DEL LIQUIDO
 LP LIMITE PLASTICO
 NAF NIVEL DE AGUAS FREATICAS
 FS FINAL DEL SONDEO

AGUA



ARCILLA



LIMO



ARENA



GRAVA

POZO A CIELO ABIERTO
 PERFIL ESTRATIGRAFICO
 ANEXO

P.P.E.

A

Prof. m.	NUMERO DE GOLPES EN P.P.E.				W % ALL ALF	PESO VOLUMETRICO ton/m ³	RELA-CION DE VACIOS	RESISTENCIA AL CORTE				PERFIL	DESCRIPCION
	10	20	30	40									

SIMBOLOS:

- W CONTENIDO NATURAL DE AGUA
- LL LIMITE LIQUIDO
- LP LIMITE PLASTICO
- c RESISTENCIA AL CORTE
- o ANGULO DE FRICCION INTERNA
- P.P.E. PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR

SONDEO CONTINUO
ELEVACION:
PERFIL ESTRATIGRAFICO
ANEXO

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO 4.

- 1.- ¿Qué fuerzas predominan sobre cualesquiera otras en los suelos de grano grueso y que características influyen principalmente su comportamiento mecánico e hidráulico?
- 2.- ¿En los suelos de grano muy fino que tipo de fuerzas ejercen una importantísima acción y por qué?
- 3.- ¿Qué tipo de carga eléctrica posee la superficie de cada partícula de arcilla y de que depende su intensidad?
¿Por qué se liga con el agua y otros cationes?
- 4.- Explique brevemente lo que significa que las moléculas de agua sean polarizadas y como actúan según dicha naturaleza.
- 5.- Explique brevemente de que depende el espesor de la película de agua adsorbida ligada a una partícula.
- 6.- ¿Cómo se forman las películas de agua adsorbida, la capa viscosa y el agua libre o gravitacional que tiene un cristal de arcilla?
- 7.- ¿De qué es función el intercambio de los cationes adsorbidos en la película superficial de los cristales de arcilla? ¿Qué tipo de arcilla es más y cual es menos susceptible de intercambiar sus cationes en las propiedades mecánica de una arcilla?
- 8.- Relacione las columnas de la izquierda con las de la derecha.

I) $(\text{NH}_4)^+$, H^+ , K^+	A) Cationes que proporcionan menor resistencia a las arcillas.
II) Fe^{+++} , Mg^{++} , Ba^{++}	B) Cationes que proporcionan mayor resistencia a las arcillas.
III) Ca^{++} , Na^+ , Li^+	C) Cationes que proporcionan un grado intermedio de resistencia a las arcillas.

- 9.- Mencione los métodos para investigar los minerales que constituyen una arcilla.
- 10.- ¿Cuál de los métodos mencionados en el inciso 9) está basado en la difracción?
- 11.- Mencione las tres fases constitutivas del suelo y descríbalas brevemente.
- 12.- ¿Qué fases constituyen el volumen de vacíos? ¿Cuándo se dice que un suelo está totalmente saturado y de las cuales fases está compuesto en este caso?
- 13.- Aún cuando no es preciso considerar las capas adsorbidas y el contenido de materia orgánica en la medición de pesos y volúmenes de las tres fases principales, desde que punto de vista son muy importantes?
- 14.- Muestre en un esquema las tres fases constitutivas del suelo, anotando en el lado izquierdo los volúmenes y en el derecho los pesos correspondientes.
- 15.- ¿Cómo se define en Mecánica de Suelos el estado seco de un suelo?
- 16.- ¿Cómo se relacionan en Mecánica de Suelos el peso de las distintas fases con sus correspondientes volúmenes?
- 17.- Defina lo que se entiende por peso específico relativo.
- 18.- Mencione los límites de variación de los siguientes conceptos:

- a) Relación de vacíos.
- b) Porosidad.
- c) Grado de saturación.
- d) Contenido de agua o humedad.

- 19.- Usando el esquema del inciso (4), obtenga la fórmula para calcular el peso específico relativo de la fase sólida del suelo.
- 20.- Relacione las columnas de la izquierda con las de la derecha.

I) Relación de vacíos.

A) $\frac{W_s}{V_s}$

II) Porosidad.

B) $\frac{W_w}{W_s} \times 100$

III). Peso específico de la masa del suelo.

$$C) \frac{V_v}{V_s}$$

IV) Grado de saturación.

$$D) \frac{W_s + W_w}{V_m}$$

V) Contenido de agua o humedad.

$$E) \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

VI) Peso específico de la fase sólida del suelo.

$$F) \frac{V_v}{V_m} \times 100$$

21.- Dibuje el esquema de un suelo tomando el valor de la unidad para el volumen de sólidos. Con base en este dato calcule el resto de los conceptos del esquema y obtenga una relación entre la relación de vacíos y la porosidad.

otro
considerar
el volu-
de la
masa igual a la
unidad.

22.- Considere que el suelo está totalmente saturado y dibuje un esquema considerando el volumen de los sólidos igual a la unidad. Obtenga el resto de los conceptos del esquema en ambos casos y la fórmula del peso específico de la masa, con base en cualquiera de los dos esquemas.

23.- Con base en un esquema para un suelo parcialmente saturado, en el cual se considere unitario al peso de los sólidos, obtenga el resto de los conceptos del esquema y la fórmula del peso específico relativo de la masa.

24.- Tomando en consideración que el empuje hidrostático ejerce influencia en los pesos específicos y en los específicos relativos ¿Cuánto valen el peso específico relativo de la materia sólida sumergida, y el peso específico relativo de la masa de suelo sumergida, en función de los pesos específicos relativos correspondientes? ¿por qué?

25.- Resuelva los problemas planteados en el libro de texto que se localizan de la página 62 a la 74.

26.- ¿Qué forma de las partículas minerales es característica en los suelos gruesos y cómo se origina?

27.- Dependiendo de la intensidad y lapso con que los agentes mecánicos hayan actuado, se producen variedades de la forma -- equidimensional. ¿Cuáles variedades pueden ser consideradas?

- 28.- ¿Qué forma adoptan en su mayor parte los minerales de arcilla?
- 29.- ¿Qué característica de los suelos se ve afectada en forma preponderante por la forma de las partículas minerales y en que tipo de forma las reducciones volumétricas alcanzan valores muy elevados?
- 30.- ¿Por qué métodos puede lograrse la reducción de volúmenes de un suelo?. ¿Cuál método es más efectivo en las arenas y cuál en los suelos de forma laminar?
- 31.- ¿Si se mezclan pequeñas cantidades de arcilla con una arena, que efecto se produce en sus características de compresibilidad?
- 32.- ¿Entre que límites varía el peso específico relativo de la mayoría de las partículas minerales constituyentes de un suelo? ¿Normalmente cómo es el peso específico relativo de los minerales de la fracción muy fina, respecto del de los minerales de la fracción más gruesa?
- 33.- Explique brevemente como se determina el peso específico relativo de los sólidos de un suelo en el laboratorio.
- 34.- ¿Cuáles son las estructuras básicas tradicionales en los suelos reales y cuáles estructuras han aparecido al realizar experimentos con técnicas más modernas?
- 35.- Relaciones las columnas de la izquierda con las de la derecha.

I) Estructura simple.

A) Típica de sedimentaciones de partículas gruesas y finas simultáneamente.

II) Estructura panaloide.

B) Típica de partículas finas donde la concentración de carga positiva de sus aristas hace que se atraigan con la superficie de las partículas vecinas.

III) Estructura floculenta.

C) Típica de partículas finas donde la concentración de carga positiva en sus aristas hace que se atraigan con la superficie de las partículas vecinas, pero tendiendo a separarse por presiones osmóticas causadas por deformaciones.

IV) Estructura compuesta.

D) Típica en granos de pequeños tamaños (0.002 mm. de diámetro o menores) que se depositan en un medio continuo, normalmente agua.

V) Estructura en castillo de naipes.

E) Típica de suelos de granos gruesos (gravas y arenas limpias).

VI) Estructura dispersa.

F) Típica de partículas de diámetros menores de 0.002 mm que en el proceso de sedimentación se adhieren con fuerza y se sedimentan juntas, formando grumos que al llegar al fondo forman a su vez panales.

- 36.- ¿Cuándo se produce un suelo de estructura simple?
- 37.- ¿De qué depende el comportamiento mecánico e hidráulico de un suelo de estructura simple?
- 38.- Explique brevemente el término compacidad.
- 39.- ¿Afecta la orientación de las partículas de arena sedimentadas en agua la permeabilidad del suelo?
- 40.- ¿Cuándo se forma un suelo con estructura panaloide?
- 41.- Explique por que las partículas coloidales pueden permanecer en suspensión indefinidamente.
- 42.- ¿Se presentan puras las estructuras simple, panaloide y floculenta en la naturaleza?
- 43.- Al irse acumulando sedimentos de partículas gruesas y finas las capas inferiores se consolidan bajo el peso de las suprayacentes. ¿qué efecto tiene el proceso anterior en la arcilla floculada que se encuentra entre las partículas gruesas?
- 44.- ¿Cómo se explica la diferencia en propiedades mecánicas que presentan las arcillas en los estados inalterado y remoldeado?
- 45.- Resuelva los problemas planteados en el libro de texto que se localizan de la página 92 a las 95 inclusive.

RESPUESTAS AL CUESTIONARIO DE
AUTOEVALUACION DEL CAPITULO IV

R E S P U E S T A S

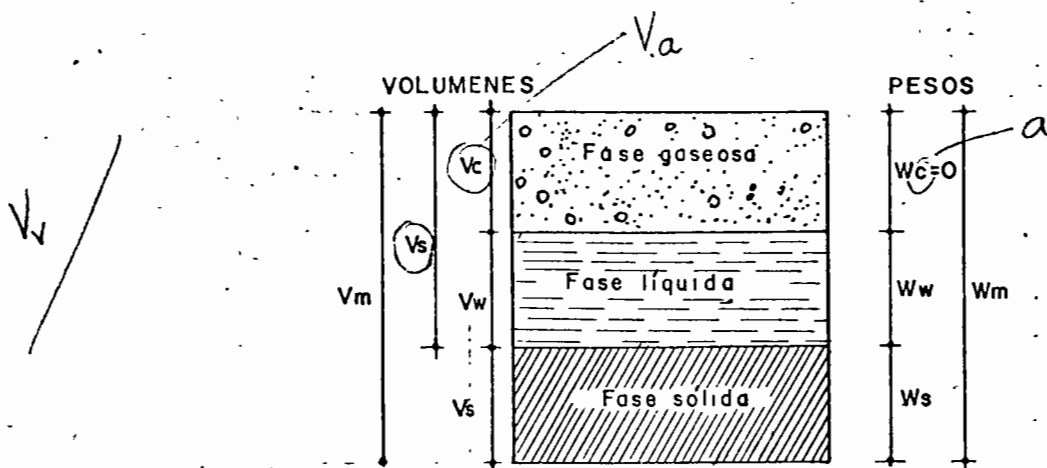
- 1.- a) Las fuerzas de gravitación.
b) La compacidad del depósito y la orientación de sus partículas individuales.
- 2.- Las fuerzas electromagnéticas desarrolladas en la superficie de los compuestos minerales, debido a que en estos granos la relación de área a volumen alcanza valores de consideración.
- 3.- Posee carga eléctrica negativa y su intensidad depende de la estructuración y composición de la arcilla. La partícula atrae a los iones del agua y a cationes de diferentes elementos químicos como los N^+ , K^+ etc., por la naturaleza positiva de éstos.
- 4.- Significa que los centros de gravedad de sus cargas negativas y positivas no coinciden, sino que funcionan como pequeños dipolos permanentes. Así, si la molécula de agua se liga a la partícula de arcilla por su carga positiva, el polo de carga negativa queda en posibilidad de atraer otros cationes positivos, los cuales a su vez pueden atraer moléculas de agua, gracias a la naturaleza polarizada de éstas.
- 5.- Depende de la naturaleza de la partícula de suelo y del tipo de los cationes atraídos. En efecto, el agua absorbida por cada catión aumenta con la carga eléctrica de éste y con su radio iónico y si las partículas de suelo atraen cationes, la película de agua ligada a la partícula dependerá también del tipo de catión atraído.
- 6.- Por las temperaturas a que se encuentra en la masa del suelo la película de agua adsorbida por los cristales de arcilla, tiene propiedades similares a las del hielo sólido (capa sólida).
A mayor distancia del cristal otras moléculas de agua se encuentran sometidas a presiones gradualmente menores; esta agua tiene propiedades intermedias entre el hielo y el agua en estado líquido y su comportamiento es el de un fluido de alta viscosidad (capa viscosa).
Las moléculas de agua no sujetas al cristal por fuerzas de superficie mantienen sus características usuales (agua libre o gravitacional).
- 7.- a).- Es función del grado de acidez de los cristales, Es mayor si el pH del suelo es menor.
b).- Las montmorilonitas son las más susceptibles de intercambiar sus cationes y las caolinitas las menos suscep-

tibles. Las ilitas poseen la propiedad en grado intermedio.

- c).- Pueden cambiar al variar los cationes contenidos en sus complejos de adsorción, ya que cambia el espesor de la película adsorbida, lo que se refleja en las propiedades de plasticidad y resistencia del suelo.
- 8.- I) - B
II) - C
III) - A
- 9.- a).- Rayos X
b).- Balance térmico de las arcillas.
c).- Microscopio electrónico.
d).- Análisis químico.
- 10.- El método de los Rayos X.
- 11.- La fase sólida, la líquida y la gaseosa.

La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa de agua adsorbida); la líquida por el agua libre específicamente; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire. La capa viscosa que presenta propiedades intermedias entre la fase sólida y la líquida, suele incluirse en esta última.

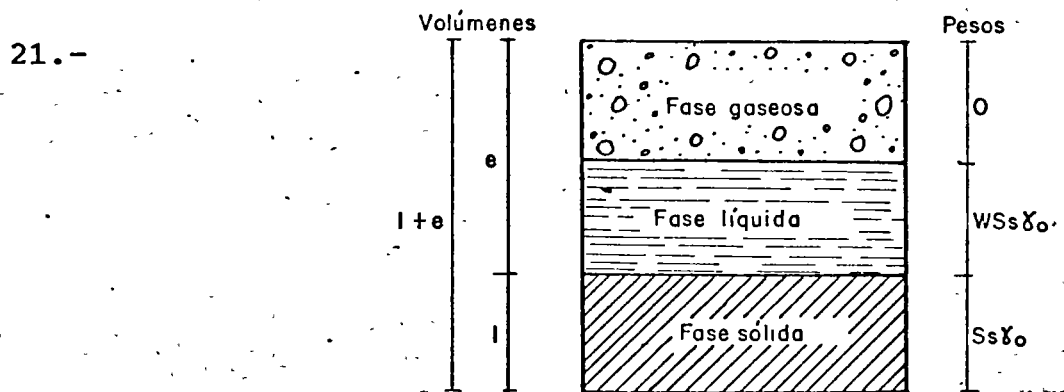
- 12.- a) La fase líquida y la fase gaseosa.
b) Cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. En este caso consta de sólo dos fases; la líquida y la sólida.
- 13.- Desde el punto de vista de las propiedades mecánicas del suelo.
- 14.-



- 15.- Estado seco de un suelo es el que se obtiene tras someter el mismo a un proceso de evaporación en un horno, con temperaturas de 105°C a 110°C, durante un período suficiente para llegar a peso constante.
- 16.- Por medio del concepto de peso específico, o sea, de la relación entre el peso de la sustancia y su volumen.
- 17.- El peso específico relativo se define como la relación entre el peso específico de una sustancia y el peso específico del agua a 4°C, destilada y sujeta a una atmósfera de presión
- 18.- a) Teóricamente puede variar de 0 a ∞ . En la práctica no suelen hallarse valores menores de 0.25 para arenas muy compactas con finos, ni mayores de 15 en el caso de algunas arcillas altamente compresibles.
- b) Puede variar de 0%, en un suelo ideal con sólo fase sólida, a 100%, en el espacio vacío. Los valores reales suelen oscilar entre 20% y 95%.
- c) Varía de 0% para un suelo seco a 100% para un suelo totalmente saturado.
- d) Varía teóricamente 0 a ∞ . En la naturaleza la humedad de los suelos varía entre límites muy amplios, por ejemplo en México existen valores de hasta 1000% en arcillas procedentes de la región sureste del país.

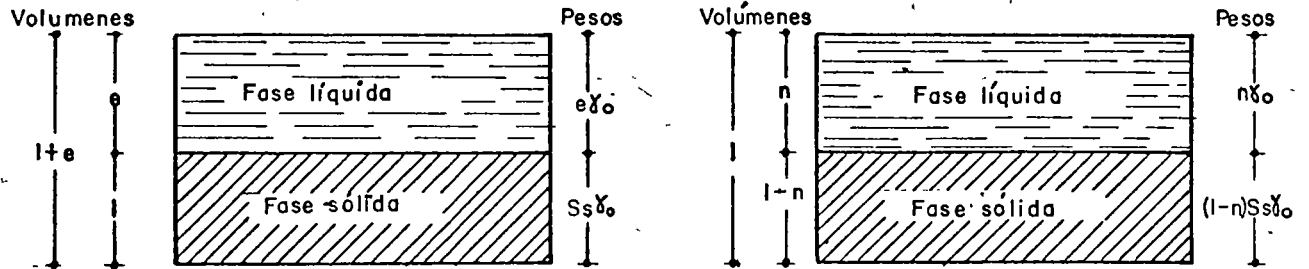
19.-
$$S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_o} = \frac{W_s}{V_s \gamma_o}$$

- 20.- I) - C)
 II) - F)
 III) - D)
 IV) - E)
 V) - B)
 VI) - A)



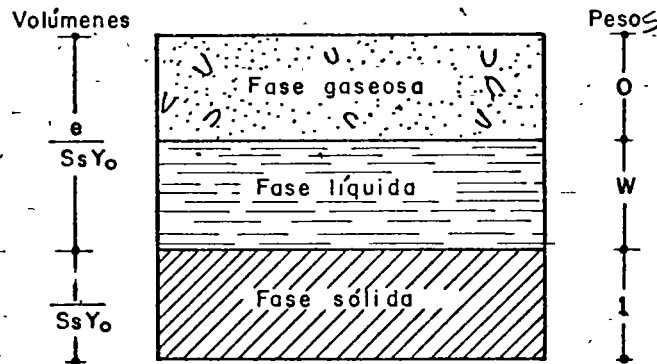
$$e = \frac{n}{1-n}$$

22.-



$$\gamma_m = [n + (1-n) \cdot S_s] \gamma_0$$

23.-



$$S_m \quad S_m = \frac{1+W}{1+e} S_s$$

24.- a) El peso específico relativo de la materia sólida sumergida vale $S'_s = S_s - 1$ y el peso específico de la masa del suelo sumergida vale $S'_m = S_m - 1$.

b) Porque el empuje hidrostático neto es el peso en agua del volumen desalojado.

25.- Las respuestas aparecen de la página 62 a la 74 del libro de texto.

- 26.- La forma característica es la equidimensional y se origina - por la acción de agentes mecánicos desintegradores y sólo - excepcionalmente por ataque químico.
- 27.- La redondeada, la subredondeada, la subangulosa y la angulosa, en escala decreciente de los efectos del ataque.
- 28.- La forma laminar.
- 29.- Su compresibilidad.
En la forma laminar.
- 30.- a) Por presión estática, por vibración, o por combinación de ambos métodos.
b) La vibración es más efectiva en las arenas y la presión - estática en los suelos de forma laminar.
- 31.- Se incrementan notablemente bajo carga estática.
- 32.- a) Varía entre límites muy estrechos (2.60 a 2.90).
b) Normalmente es mayor.
- 33.- a) Se pesa la muestra de suelo (W_s).
b) Se llena un matraz con agua hasta su marca de enrase y se pesa (W_{fw}).
c) Se introduce la muestra de suelo dentro del matraz y se - añade agua hasta llenarlo a su marca de enrase, teniendo cuidado de desalojar el aire atrapado por ebullición o ex - poniendo la suspensión al vacío (W_{fsw}).

Se tiene entonces que:

$$W_{fsw} - W_{fw} = W_s - \text{peso del agua desplazada por los sólidos.}$$

El peso del agua desplazada por los sólidos vale:

$$W_w = V_s \cdot S_s \quad ; \quad V_s = \frac{W_s}{S_s \gamma_o} \quad (\text{expresión 3.4 del texto})$$

Entonces:

$$W_w = \frac{W_s}{S_s} \quad \text{y} \quad W_{fsw} - W_{fw} = W_s - \frac{W_s}{S_s}$$

Si despejamos S_s de la última expresión resulta:

$$S_s = \frac{W_s}{W_{fw} + W_s - W_{fsw}}$$

determinarse

Se debe tomar en cuenta que el peso seco de los sólidos (W_s) debe determinarse antes de la prueba en materiales gruesos y después de ella en suelos finos plásticos. Además, es práctico construir para cada matraz una gráfica de la variación de su peso lleno de agua hasta la marca de enrase, para diferentes temperaturas. De la curva de calibración puede obtenerse W_{fw} en cada caso específico.

- 34.- Las estructuras básicas tradicionales son la simple, la pana loide y la floculenta. Las que han aparecido en apoyo a técnicas modernas son la de castillo de naipes, la dispersa y las compuestas.
- 35.-
 - I) - E)
 - II) - D)
 - III) - F)
 - IV) - A)
 - V) - B)
 - VI) - C)
- 36.- Cuando las fuerzas debidas al campo gravitacional terrestre son predominantes en la disposición de las partículas, que se apoyan directamente unas en otras.
- 37.- De la compacidad del manto y de la orientación de sus partículas.
- 38.- El término compacidad se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo, dejando más o menos vacíos entre ellas. En un suelo muy compacto, las partículas sólidas que lo constituyen tienen un alto grado de acomodo y la capacidad de deformación bajo carga del conjunto será pequeña. En suelos poco compactos el grado de acomodo es menor; en ellos el volumen de vacíos y, por ende la capacidad de deformación, serán mayores.
- 39.- Si, ya que la permeabilidad es distinta si el flujo del agua es normal o paralelo a la dirección de la orientación.
- 40.- Cuando además de la gravitación, que hace que las partículas tiendan a sedimentarse, otras fuerzas naturales tengan magnitud comparable, debido a la pequeña masa de las partículas. Por ejemplo, si una partícula, antes de llegar al fondo del depósito, toca a otra partícula ya depositada, la fuerza de adherencia desarrollada entre ambas, puede neutralizar el peso, haciendo que la partícula quede detenida antes de completar su carrera; si se añade otra partícula el conjunto de ellas podrá llegar a formar una celda, con cantidad importante de vacíos, a modo de panel.
- 41.- Porque en ellas el peso ejerce poca influencia en comparación con las fuerzas eléctricas desarrolladas entre las partículas

cargadas negativamente y con las fuerzas moleculares ejercidas por la propia agua; cuando dos partículas tienden a acercarse, sus cargas ejercen una repulsión que las aleja de nuevo; las vibraciones moleculares del agua impiden que las partículas se precipiten.

42.- Rara vez se presentan puras pues la sedimentación comprende partículas de todos tamaños y tipos. Lo común es encontrar en los suelos reales estructuras formadas por un esqueleto constituido por granos gruesos y por masas coloidales de floculos.

43.- Como las partículas gruesas se aproximan ocasionan que la arcilla floculada entre ellas disminuya de volumen; la arcilla se consolida en mayor grado en las regiones de aproximación de los granos más gruesos y define la capacidad del esqueleto para soportar cargas.

44.- En una estructura compuesta el remoldeo destruye la liga de arcilla consolidada entre las partículas gruesas y permite que la arcilla suave las rodee, actuando como lubricante entre ellas.

45.- Las respuestas a los problemas planteados aparecen de la página 92 a la 95 del libro de texto.

C A P I T U L O V

GRANULOMETRIA Y PLASTICIDAD

GUIA DE ESTUDIOS Y CUESTIO-
NARIO DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO 5

- 1.- ¿Desde el punto de vista de su granulometría qué tipo de suelos tiene un comportamiento ingenieril más favorable?
- 2.- ¿Qué características de los suelos gruesos definen principalmente su comportamiento mecánico e hidráulico?
¿Qué sucede con estas características al realizar la prueba de granulometría?
- 3.- ¿Porqué en los suelos finos en estado inalterado el conocimiento de su granulometría resulta inútil?
- 4.- ¿En qué suelos es recomendable emplear la técnica de análisis de suspensiones, con objeto de conocer su distribución granulométrica?
- 5.- Describa la forma en que suele dibujarse la gráfica granulométrica de un suelo.
- 6.- La forma de la curva granulométrica da idea inmediata de la distribución granulométrica de un suelo. ¿Cómo quedará representado un suelo bien graduado y cómo un suelo uniforme?
- 7.- ¿Con que expresión queda definido el coeficiente de uniformidad de un suelo? Defina el significado de los diferentes términos.
- 8.- ¿Qué representa el histograma de un suelo?
- 9.- ¿Qué sucede a las curvas granulométricas de muchos suelos naturales si se representan en escala doblemente logarítmica?
- 10.- Defina cuando un suelo es bien graduado y cuando uniforme.
- 11.- Relacione las columnas de la izquierda con las de la derecha.

I) Cribado por mallas;

A) Método para conocer la distribución granulométrica para las partículas de tamaños menores que 0.074 mm.

II) Análisis de una suspensión del suelo con hidrómetro.

B) Método para conocer la distribución granulométrica de las fracciones correspondientes a los tamaños mayores del suelo.

C) Método basado en el hecho de que la velocidad de sedimentación de partículas en un líquido es función de su tamaño.

D) Método que hace uso de la ley de Stokes.

- 12.- ¿Cómo se define el diámetro equivalente de una partícula?
- 13.- La ley de Stokes aplicada a partículas de suelo real, que se sedimentan en agua, es válida solamente en tamaños comprendidos entre 0.2 mm: y 0.2 micras. ¿Por qué?
- 14.- Mencione las hipótesis que afectan al método del hidrómetro.
- 15.- Al principio de una prueba de hidrómetro todas las partículas de un cierto diámetro D están uniformemente distribuidas en toda la suspensión. ¿Qué sucede después de un cierto tiempo t ? ¿Qué mide el peso específico relativo de la suspensión a la profundidad H y en el tiempo t ?
- 16.- Resuelva los problemas planteados en el libro de texto que se localizan en las páginas 121 y 122.
- 17.- ¿Qué relación describe el comportamiento mecánico de un material cuando se sujeta a esfuerzos de tensión uniaxial?
- 18.- ¿Cuándo se dice que un material tiene comportamiento elástico y cuándo plástico, en relación con sus características de esfuerzo-deformación?
- 19.- La distinción entre el comportamiento elástico y el plástico de un material comprende dos aspectos básicos ¿cuáles son?
- 20.- Un suelo plástico puede deformarse y remodelarse sin agrietarse; una arena fina y húmeda tiene también esa característica si la deformación se produce lentamente y, sin embargo, no es plástica. ¿Qué importante diferencia existe entre ambos comportamientos? ¿Qué sucede con la arena si la deformación es rápida?
- 21.- Defina lo que se entiende por plasticidad de un material.

- 22.- ¿Es la plasticidad una propiedad permanente de las arcillas?
¿Si no lo es de qué depende?
- 23.- ¿Qué parámetros definen la plasticidad de un suelo?
- 24.- ¿Cuáles son los estados de consistencia en que puede estar un suelo plástico?
- 25.- ¿Qué son los límites de consistencia?
- 26.- ¿Con qué nombre se designa la frontera convencional entre los estados semilíquido y plástico? ¿Con qué nombre entre los estados plástico y semisólido?
- 27.- ¿Con qué nombre genérico se designa a las fronteras (mencionadas en el inciso 10) que definen el intervalo plástico del suelo?
- 28.- Defina lo que entiende por índice plástico.
- 29.- Mencione los límites de consistencia definidos por Atterberg, adicionalmente a los límites de plasticidad.
- 30.- ¿Cuál es la frontera entre los estados semisólido y sólido?
- 31.- ¿Para qué tipo de materiales se considera importante el límite de firmeza, que fué definido en 1948?
- 32.- Defina los límites líquido, plástico, de contracción y de firmeza.
- 33.- Describa brevemente la copa de Casagrande.
- 34.- Describa el procedimiento conveniente para determinar el límite líquido. ¿Qué ventaja representa el emplear papel semi logarítmico, empleando la escala aritmética para los contenidos de agua y la logarítmica para el número de golpes?
- 35.- ¿Cuántos puntos es recomendable obtener para construir la curva de fluidez?
- 36.- Relacione las columnas de la izquierda con las de la derecha.
- | | |
|-------------|--|
| A) Arenas | I) Igual resistencia al esfuerzo cortante en el límite líquido. |
| B) Arcillas | II) No presentan en el límite líquido una resistencia al corte definida. |
| | III) Resistencia variable en el límite plástico. |
| | IV) Los límites líquido y plástico carecen de sentido físico. |

- 37.- Defina lo que se entiende por índice de tenacidad.
- 38.- Dos arcillas tienen igual índice plástico pero diferente índice de fluidez ¿cuál será más tenaz de las dos?
- 39.- ¿Cuál es el mejor método para representar y comparar las propiedades de plasticidad de los suelos?
- 40.- ¿Que característica importante deben cumplir las muestras que se seleccionan para determinar los límites de un suelo? Diga por qué.
- 41.- Describa el procedimiento de Terzaghi para la determinación del límite de contracción
- 42.- Resuelva los problemas localizados en el texto de la página 146 a la 148 inclusive.

RESPUESTAS AL CUESTIONARIO DE
AUTOEVALUACION DEL CAPITULO V.

RESPUESTAS

- 1.- Los suelos bien graduados, o sea con amplia gama de tamaños, se comportan más favorablemente que los suelos de granulometría uniforme.
- 2.- a).- La compacidad de los granos y su orientación.
b).- Se destruyen.
- 3.- Porque sus propiedades mecánicas e hidráulicas dependen de su estructuración e historia geológica.
- 4.- En los suelos de tamaños finos.
- 5.- Suele dibujarse tomando como ordenados, en escala natural, los porcentajes, en peso, de las partículas menores que el tamaño correspondiente. En el eje de las abscisas, preferiblemente en escala logarítmica, se representan los tamaños de las partículas. El eje de las abscisas en escala logarítmica permite disponer de mayor amplitud en los tamaños finos y muy finos, que a escala natural resultan muy comprimidos.
- 6.- Un suelo bien graduado estará representado por una curva muy tendida y un suelo uniforme por una línea vertical.
- 7.-
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_u = Coeficiente de uniformidad.

D_{60} = Tamaño tal, que el 60% del suelo, en peso, es igual o menor.

D_{10} = Llamado diámetro efectivo; tamaño tal que el 10% del suelo, en peso, es igual o mayor
- 8.- Representa la frecuencia con que se presentan en ese suelo partículas entre ciertos tamaños.
- 9.- La forma de las curvas se acerca notablemente a una línea recta.
- 10.- Suelo bien graduado es aquel que tiene todos los tamaños de partícula en porcentajes parecidos y suelo uniforme es aquel que tiene un tamaño de partícula cuyo porcentaje es francamente predominante.

- 11.- I) B)
II) A), C), D)
- 12.- Se define como el diámetro de una esfera del mismo S_s que - el suelo, que se sedimenta con la misma velocidad S_s que - la partícula real.
- 13.- Porque en tamaños mayores las turbulencias provocadas por - el movimiento de la partícula alteran apreciablemente la - ley de sedimentación y para tamaños menores la partícula se afecta por el movimiento Browniano y no se sedimenta.
- 14.- a) La ley de Stokes es aplicable a una suspensión del suelo.
b) Al comienzo de la prueba la suspensión es uniforme y de concentración suficientemente baja para que las partículas no se interfieran al sedimentarse.
c) El área de la sección recta del bulbo del hidrómetro es despreciable en comparación a la de la probeta donde la sedimentación tiene lugar.
- 15.- a) Las partículas de diámetro D habrán recorrido la distancia $H = vt$ y arriba de esta profundidad ya no habrá partículas de ese diámetro.
b) Es una medida de la cantidad de partículas de igual y menor tamaño que D contenidas en la muestra de suelo.
- 16.- Las respuestas a los problemas aparecen en las páginas 121 y 122 del libro de texto.
- 17.- La relación esfuerzo-deformación.
- 18.- Comportamiento elástico cuando la relación esfuerzo-deformación es reversible y plástico cuando es irreversible.
- 19.- a) La influencia de la historia previa de esfuerzos y deformaciones.
b) La razón de variación actual de esfuerzos.
- 20.- a) El volumen del suelo plástico (arcilla) permanece constante durante la deformación, mientras que el de la arena varía.
b) Se desmorona.
- 21.- Es la propiedad por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica y sin desmoronarse ni agrietarse.
- 22.- a) No es permanente sino circunstancial.
b) Depende de su contenido de agua.

- 23.- El límite líquido y el índice plástico.
- 24.- Estado líquido.
Estado semilíquido.
Estado plástico.
Estado semisólido.
Estado sólido.
- 25.- Son las fronteras convencionales entre los estados de consistencia.
- 26.- a) Límite líquido.
b) Límite plástico.
- 27.- Límites de plasticidad.
- 28.- Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.
- 29.- Límite de adhesión.
Límite de cohesión.
Límite de contracción.
- 30.- El límite de contracción.
- 31.- En arcillas extra-sensitivas.
- 32.- a) Es el contenido de agua que tiene el suelo (colocado en la copa de Casagrande y practicada la ranura de dimensiones especificadas) cuando la ranura se cierra a lo largo de 1.27 cm. con 25 golpes en la copa.
b) Es el contenido de agua que tiene el suelo cuando al formar rollitos de 3 mm de diámetro, éstos se agrietan y desmoronan.
c) Es el contenido de agua para el cual el suelo ya no disminuye su volumen al seguirse secando.
d) Es el mínimo contenido de agua que hace que una pasta de arcilla bien mezclada, fluya por peso propio en un tubo estándar de 11 mm de diámetro, tras un minuto de reposo.
- 33.- Es un recipiente de bronce o latón que se emplea para la determinación del límite líquido de manera estándar, y que tiene un tacón solidario del mismo material; el tacón y la copa giran en torno a un eje unido a la base y una excéntrica hace que la copa caiga periódicamente golpeándose contra la base del dispositivo que es de hule duro o micarta 221. La altura de caída de la copa es de 1 cm. La copa es esférica, con radio interior de 54 mm, espesor 2 mm. y peso 200 ± 20 gr. incluyendo el tacón.

- 34.- a) El límite líquido se debe determinar conociendo varios contenidos de agua diferentes, anotando en cada caso el número de golpes necesario para cerrar la ranura en la longitud especificada. Con estos datos se puede trazar una curva contenido de agua-número de golpes, llamada de fluidez; la ordenada de ésta correspondiente a la abscisa de 25 golpes es el contenido de agua correspondiente al límite líquido.
- b) La curva de fluidez es una línea recta cerca del límite líquido.
- 35.- Seis puntos, tres entre 6 y 15 golpes y tres entre 23 y 32 golpes.
- 36.- A) - II) IV)
B) - I) - III)
- 37.- Se define como la relación del índice plástico al índice de fluidez.
- 38.- La que tenga el menor índice de fluidez.
- 39.- El debido a Casagrande en el cual se dibujan como abscisas los límites líquidos y como ordenadas los índices plásticos.
- 40.- a) Las muestras deben ser lo más homogéneas que puedan lograrse.
- b) Porque si se mezclan porciones de muestra con límites diferentes, se obtiene un material con propiedades distintas a las de cada parte componente.
- 41.- a) Un recipiente (A) de vidrio o de lucita se llena de mercurio hasta derramarse y se enrasa cuidadosamente cubriéndolo con una placa (B) del mismo material, provista de 3 patas.
- b) Se coloca el recipiente anterior en otro mayor (C)
- c) La muestra seca (se supone que el suelo no presenta disminución de volumen durante el proceso de secado abajo del límite de contracción) se deposita sobre la superficie del mercurio y se sumerge presionándola con las patas de la placa (B) hasta que dicha placa vuelva a quedar bien ajustada sobre (A). La cantidad de mercurio desplazada de (A) se recoge en (C) y se pesa, calculando su volumen, ya que para fines prácticos el peso específico del mercurio puede tomarse como 13.56.
- d) Se determina con una prueba independiente el peso específico relativo de los sólidos de la muestra.
- e) Se calcula, previa determinación del peso de la muestra,

el límite de contracción con la siguiente expresión.

$$\text{L.C.}\% = 100 \left(\frac{1}{S_m} - \frac{1}{S_s} \right)$$

42.- Las respuestas aparecen en las páginas 146 a 148 del libro de texto.

C A P I T U L O V I

CLASIFICACION DE SUELOS.
GUIA DE ESTUDIOS, NOTAS DEL
CURSO Y CUESTIONARIO DE -
AUTOEVALUACION.

NUMERO DE GOLPES EN P.P.E.	w % ΔLL ΔLP				PESO VOLUME- TRICO ton/m ³	RELA- CION DE VACIOS	RESISTENCIA AL CORTE		PERFIL	DESCRIPCION
	10	20	30	40						

SIMBOLOS:

- w CONTENIDO NATURAL DE AGUA
- LL LIMITE LIQUIDO
- LP LIMITE PLASTICO
- c RESISTENCIA AL CORTE
- o ANGULO DE FRICCION INTERNA
- P.P.E. PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR

SONDEO CONTINUO
ELEVACION:
PERFIL ESTRATIGRAFICO

ANEXO

SONDEO:

ELEV:

ALP

PROF. E.	w	%	ΔLL	ΔLP	PESO VOLUMETRICO			RELA-CION DE VA-CIOS	RESIS-TENCIA AL CORTE			PERFIL	DESCRIPCION
					ton/m ³				ton/m ²				

SIMBOLOS:

- W CONTENIDO NATURAL DE LIQUIDOS
- LL LIMITE DEL LIQUIDO
- LP LIMITE PLASTICO
- NAF NIVEL DE AGUAS FREATICAS
- FS FINAL DEL SONDEO



ARCILLA



LIMO



ARENA



GRAVA

POZO A CIELO ABIERTO
 PERFIL ESTRATIGRAFICO
 ANEXO

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO 6.

- 1.- ¿En que debe estar basado un sistema adecuado de clasificación de suelos y por que?
- 2.- Mencione una función importante de un sistema de clasificación de suelos.
- 3.- ¿A partir de que características pueden deducirse las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos constituidos por partículas menores que la malla No. 200?
- 4.- ¿Que criterio básico de clasificación es el empleado en los suelos constituidos por partículas mayores que la malla No. 200?
- 5.- ¿Cual es el sistema de clasificación mas ampliamente usado en la Mecánica de Suelos?
- 6.- ¿En que forma distingue el SUCS los suelos gruesos de los finos?
- 7.- Considerese un suelo formado por partículas gruesas y finas. ¿Cuando se considera al suelo como grueso y cuando como fino?
- 8.- ¿Segun el SUCS en que grupos principales se subdivide la fracción gruesa? Mencione las mallas que sirvan de frontera a los grupos.
- 9.- El SUCS subdivide la fracción fina del suelo en grupos.- ¿Que características toma en cuenta para hacer la subdivisión?
- 10.- Mencione las propiedades mecánicas e hidráulicas mas importantes de un suelo.
- 11.- ¿Cual de las propiedades mencionadas en el inciso 10 influye mas para la formación de los grupos de la fracción fina? ¿Como varía el valor de esta propiedad con el valor del límite líquido, si todos los demas factores permanecen constantes? Mencione los dos grupos principales en que se subdivide la fracción fina.

12.- Dibuje una carta de plasticidad y sitúe en ella los diferentes tipos de suelos finos, por medio de los símbolos adecuados.

13.- Mencione el principal uso de la Carta de Plasticidad.

14.- Relacione las columnas del lado izquierdo con las del derecho.

I) G	1) Gravas y arenas sin finos, bien graduadas.
II) S	2) Limos inorgánicos.
III) GW y SW	3) Suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos como turbas o suelos pantanosos.
IV) ^P GF y ^P SF	4) Gravas.
V) GM y SM	5) Arcillas inorgánicas.
VI) GC y SC	6) Gravas y arenas sin finos, mal graduados.
VII) M	7) Limos y arcillas orgánicas.
VIII) C	8) Gravas y arenas con cantidad apreciables de finos plásticos.
IX) O	9) Arenas y suelos arenosos.
X) ML, CL	10) Limos y arcillas orgánicas de alta y alta y baja compresibilidad.
XI) MH, CH	11) Limos y arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.
XII) OL, OH	12) Limos y arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.
XIII) Pt	13) Gravas y arenas con cantidad apreciable de finos no plásticos.

15.- Describa las características de los grupos de suelos GM y SM.

16.- Describa las características de los grupos de suelos CL y CH.

17.- Mencione las principales características que deben proporcionarse de los suelos gruesos y finos.

18.- Mencione que se entiende por identificar un suelo y que se lo gra con ello.

19.- ¿Cómo se identifican en el campo los suelos finos?

57

20.- Describa brevemente como se investigan en el campo las características de tenacidad de un suelo.

21.- Diga si las características de un suelo que enseguida se anotan crecen, decrecen o permanecen prácticamente iguales para límite líquido constante pero índice plástico creciente.

Característica.

Compresibilidad.

Permeabilidad.

Razón de variación volumétrica.

Tenacidad.

Resistencia en estado seco.

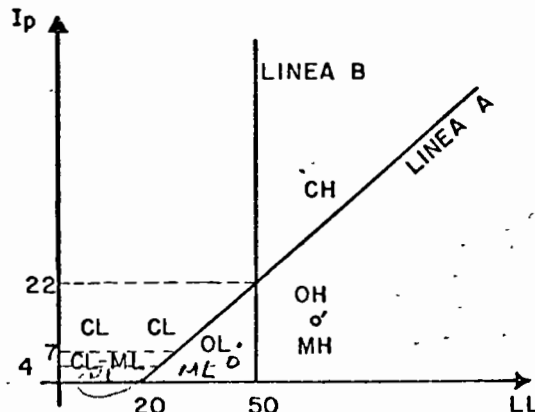
22.- Resuelva los problemas planteados en el texto que se localizan de la página 163 a la 165 inclusive.

RESPUESTAS AL CUESTIONARIO DE
AUTOEVALUACION DEL CAPITULO VI.

R E S P U E S T A S

- 1.- a) En las propiedades mecánicas de los suelos.
b) Por ser las propiedades mecánicas lo fundamental para las aplicaciones ingenieriles.
- 2.- Proporcionar la mayor información normativa, a partir de la cual el técnico sepa en que dirección profundizar su investigación.
- 3.- De sus características de plasticidad.
- 4.- El granulométrico.
- 5.- El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
- 6.- Por el cribado a través de la malla No. 200; las partículas de los suelos gruesos son de tamaño mayor que las aberturas de dicha malla y las partículas de los finos de menor tamaño.
- 7.- Grueso si más del 50% de sus partículas, en peso, son gruesas y fino si más de la mitad son finas.
- 8.- a) En gravas y arenas.
b) La malla No. 4 (4.76mm)
- 9.- Las características de plasticidad.
- 10.- Sus características de esfuerzo-deformación y resistencia, su compresibilidad, su permeabilidad y su velocidad de variación volumétrica.
- 11.- a) La compresibilidad.
b) A mayor límite líquido mayor compresibilidad.
c) Los de baja compresibilidad con límite líquido menor de 50% y los de alta compresibilidad con límite líquido mayor de 50%.

12.-



13.- Se puede situar en ella un suelo desconocido al cual se le hayan determinado su límite líquido y su índice plástico. Su ubicación en la zona correspondiente a uno de los grupos que define la carta, indicará que participa del conjunto de propiedades mecánicas e hidráulicas de ese grupo.

- 14.- I) - 4)
II) - 9)
III) - 1)
IV) - 6)
V) - 13)
VI) - 8)
VII) - 2)
VIII) - 5)
IX) - 7)
X) - 12)
XI) - 11)
XII) - 10)
XIII) - 3)

15.- Estos suelos son gravas y arenas cuyo contenido de finos afecta sus características de resistencia y esfuerzo de deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa; esto ocurre para porcentajes de finos superiores a 12%, en peso, que se toma como frontera inferior del contenido de partículas finas. La plasticidad de los finos varía entre nula y media, o sea la fracción fina se localiza abajo de la línea A o su índice plástico es menor que 4.

16.- En estos grupos se localizan las arcillas inorgánicas. El grupo CL se ubica sobre la línea A con $LL < 50\%$ e $I_p > 7\%$. El grupo CH se ubica arriba de la línea A con $LL > 50\%$.

17.- a) En los suelos gruesos deben proporcionarse el nombre típico, los porcentajes aproximados de grava y arena, el tamaño máximo de las partículas, la angulosidad y dureza de las mismas, las características de su superficie y el nombre local y geológico.

b) En los suelos finos se proporcionarán el nombre típico, el grado y carácter de su plasticidad, la cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, el color del suelo húmedo, el olor y el nombre local y geológico.

18.- Identificar un suelo es encasillarlo dentro de un sistema de clasificación; en el caso concreto de la Mecánica de Suelos es colocarlo en alguno de los grupos del SUSS, de acuerdo a sus características. La identificación permite conocer en forma cualitativa sus propiedades mecánicas e hidráulicas.

19.- Los suelos finos se identifican en el campo investigando sus características de dilatancia, de tenacidad y de resistencia

en estado seco. El color y olor del suelo también son una ayuda, sobre todo en materiales orgánicos.

- 20.- La investigación se realiza con una muestra de consistencia suave, similar a la masilla. La muestra se rola hasta formar un rollito de 3 mm. de diámetro aproximadamente; logrado lo anterior se amasa y se vuelve a rolar varias veces. La rigidez del rollito aumenta cuando su contenido de agua se acerca al límite plástico. Sobrepasando al límite plástico los fragmentos en que se parta el rollito se juntan y amasan ligeramente, hasta el desmoronamiento final.

Cuanto más arriba de la línea A esté el suelo (CL, CH), el rollito es más rígido y tenaz cerca del límite plástico y más rígida se nota la muestra al romperse entre los dedos abajo del límite plástico. En los suelos ligeramente arriba de la línea A (CL, CH) los rollitos son de media tenacidad cerca de su límite plástico y al bajar su contenido de agua la muestra pronto comienza a desmoronarse. Los suelos abajo de la línea A (ML, MH, OL, CH) producen rollitos poco tenaces cerca del límite plástico. En los suelos orgánicos y micáceos muy abajo de la línea A los rollitos se muestran débiles y esponjosos. En todos los suelos bajo la línea A, excepto los CH próximos a ella, la masa producto de la manipulación entre los dedos posterior al rolado se muestra suelta y se desmorona fácilmente.

- 21.- Prácticamente la misma.

Decrece.

Decrece.

Crece.

Crece.

- 22.- Las respuestas aparecen de la página 163 a la 165 del libro de texto.

C A P I T U L O V I I

FLUJO DE AGUA

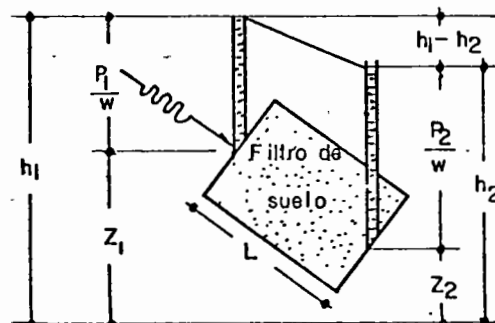
GUIA DE ESTUDIOS Y CUES
TIONARIO DE AUTOEVALUA-
CION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION DEL CAPITULO 7

- 1.- Defina lo que se entiende por coeficiente de tensión superficial de un líquido.
- 2.- Cuando un líquido presenta al aire una superficie curva se genera en el menisco un desnivel de presión. ¿En qué lado del menisco es mayor la presión en el cóncavo o en el convexo?.
- 3.- Si consideramos un líquido en un recipiente abierto al aire, las moléculas superficiales del líquido en la vecindad de la pared sólida están sujetas a fuerzas de dos tipos: ¿Cuáles son y a que se deben?.
- 4.- Que los meniscos formados sean cóncavos o convexos depende de la naturaleza del líquido y del material que constituya la pared del recipiente. ¿Qué tipos de meniscos forman el agua y mercurio con el vidrio?.
- 5.- ¿Qué se entiende por ángulo de contacto y que valores de éste adoptan los meniscos cóncavos y convexos.
- 6.- Relacione las columnas de la izquierda con las de la derecha.

1) Fórmula que dá la altura de ascenso del agua en un tubo capilar de radio "r" suponiendo que el menisco formado es esférico.	A) $\frac{dw}{dA}$
II) Fórmula que dá el valor del coeficiente de tensión superficial.	B) $h \gamma_w$
III) Fórmula que dá la presión producida por una columna de agua de altura h.	C) $\frac{2 T_s \cos \alpha}{r \gamma_w}$
- 7.- ¿Cómo varía la altura de ascenso capilar en relación al diámetro del tubo?
- 8.- Explíquese brevemente como es la distribución de esfuerzos en un tubo capilar vertical.
- 9.- ¿Cómo se determina el esfuerzo de tensión en cualquier punto del tubo capilar?
- 10.- ¿Qué sucede con un tubo capilar si se llena con agua y se coloca en posición horizontal?

- 11.- ¿Cuál es el efecto de las fuerzas de tensión capilar sobre un tubo capilar? ¿Si se trata de una masa compresible atravesada por tubos capilares sujetos a evaporación, ¿Cuál es el efecto?
- 12.- Explique brevemente el mecanismo de contracción de los suelos finos saturados.
- 13.- ¿Cuando se dice que el suelo llega a su límite de contracción?
- 14.- Resuelva los problemas planteados en el libro de texto localizados de la página 186 a la 190 inclusive.
- 15.- ¿Cuándo un flujo es laminar y cuándo turbulento?
- 16.- ¿Cómo se define una línea de flujo?
- 17.- ¿Qué se entiende por velocidad crítica para un líquido?
- 18.- ¿Según encontró Reynolds, cómo varía la velocidad crítica en relación con el diámetro de la conducción?
- 19.- ¿De qué parámetro es función la velocidad media de un líquido en un conducto, en régimen laminar o turbulento? ¿En qué forma varía la velocidad para cada flujo con relación a ese parámetro?
- 20.- Escriba la expresión encontrada por Darcy para expresar el gasto producido por un flujo de agua a través de un filtro de suelo.
- 21.- La altura piezométrica h en cualquier punto del flujo de agua en un suelo es la carga de la elevación z del punto, más la carga de presión en dicho punto (p/γ_w) ¿Por qué no se considera la carga de velocidad?
- 22.- En la figura que se muestra, el agua fluye de un punto de menor presión a otro a mayor presión ¿por qué?



- 23.- Tomando en cuenta la expresión de Darcy mencionada en el inciso 6 y la ecuación de continuidad del gasto $Q = Av$, se deduce que $v = ki$, o sea, que en el intervalo en que la ley de Darcy es aplicable, la velocidad del flujo es directamente proporcional al gradiente hidráulico. ¿Qué indica lo anterior?
- 24.- ¿Cómo se define el Coeficiente de Permeabilidad de un suelo y qué nos indica?
- 25.- Relacione las columnas de la izquierda con las de la derecha.
- | | |
|------------------------------|---|
| I) Velocidad de descarga. | A) Velocidad que toma en cuenta la existencia de una fase sólida impermeable. |
| II) Velocidad de filtración. | B) Velocidad que además de considerar la fase sólida considera la forma sinuosa de los canalículos del suelo. |
| III) Velocidad real. | C) Velocidad que se deduce directamente de la ley de Darcy. |
- 26.- Mencione los distintos métodos para determinar el coeficiente de permeabilidad de los suelos.
- 27.- Describa brevemente como se realiza la determinación del coeficiente de permeabilidad (k) con un permeámetro de carga constante.
- 28.- ¿En qué tipo de suelos se usan los permeámetros de carga constante y variable, y en que suelos la prueba de consolidación, para determinar el coeficiente de permeabilidad de los suelos?
- 29.- ¿Cuáles ventajas de orden práctica se obtienen empleando muestras pequeñas para las pruebas de permeabilidad?
- 30.- Enumere los factores que influyen en la permeabilidad de los suelos.
- 31.- Mencione brevemente la influencia de la estructura y de la estratificación de un suelo en su permeabilidad.
- 32.- ¿En qué se basa la prueba horizontal de capilaridad?
- 33.- ¿En qué intervalo de permeabilidad de los suelos es útil la prueba horizontal de capilaridad? ¿Qué sucede cuando la prueba se ejecuta en arenas con permeabilidad mayor que el

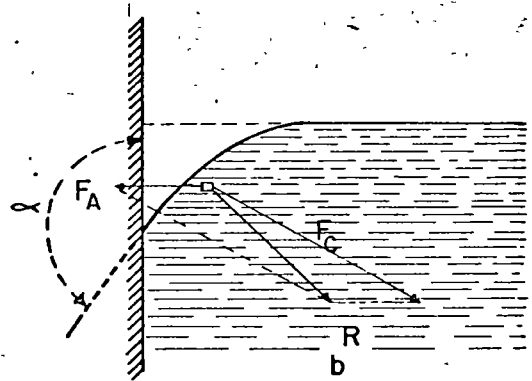
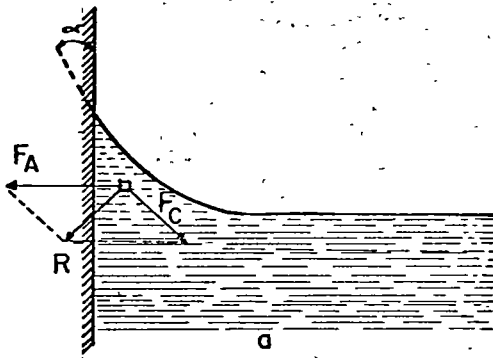
límite superior del intervalo?

34.- Resuelva los problemas planteados en el libro de texto, localizados de la página 238 a la 244 inclusive.

RESPUESTAS AL CUESTIONARIO DE
AUTOEVALUACION DEL CAPITULO VII

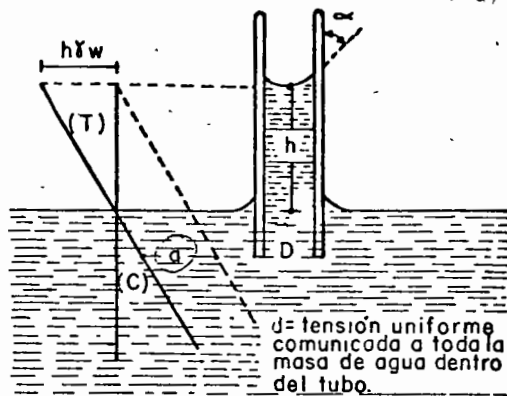
R E S P U E S T A S

- 1.- Es la relación entre el trabajo necesario para aumentar el área de una superficie líquida y el aumento correspondiente ($T_s = dW/dA$).
- 2.- En el lado cóncavo.
- 3.- Son las fuerzas de cohesión y adhesión; las primeras debidas a la acción de las restantes moléculas del líquido y las segundas ejercidas por las moléculas de las paredes del recipiente.
- 4.- El agua los forma cóncavos y el mercurio convexos.
- 5.- Se denomina ángulo de contacto (α) al ángulo que forma el menisco con la pared del recipiente. En los meniscos cóncavos $\alpha < 90^\circ$ y en los convexos $\alpha > 90^\circ$



- 6.- I) - C)
 II) - A)
 III) - B)
- 7.- Varía en forma inversamente proporcional al diámetro del tubo.
- 8.- La distribución de esfuerzos en el líquido bajo su nivel libre, está representada por una distribución lineal, según la ley hidrostática. La prolongación de esta recta hacia arriba del nivel libre, representa también la distribución de esfuerzos en el líquido en la columna de ascensión capilar. Arriba

del nivel libre se tendrán esfuerzos de tensión, si se toma la presión atmosférica como origen.



- 9.- Multiplicando la distancia vertical del punto a la superficie libre del líquido por el peso específico del mismo.
- 10.- Se forman gradualmente en sus extremos meniscos cóncavos, debido a la evaporación del agua. La curvatura del menisco en cada extremo aumenta hasta la máxima, que corresponde a la forma semiesférica entre vidrio húmedo y agua (el esfuerzo de tensión aumenta también hasta el valor máximo correspondiente al diámetro del tubo). Si continúa la evaporación, los meniscos se retraerán hacia el interior del tubo, conservando su curvatura y manteniéndose, por lo tanto, invariable la tensión en el agua.
- 11.- a).- Tienden a cerrarlo y a acortar su longitud.
b).- Se contraerá volumétricamente.
- 12.- Cuando un suelo fino saturado se sujeta a evaporación, el radio de curvatura de los meniscos que se forman va disminuyendo al irse evaporando el agua y aumenta, por tanto, la presión capilar sobre las partículas sólidas, que por este efecto, se comprimen. Si continúa la evaporación seguirá disminuyendo el radio de curvatura de los meniscos y comprimiendo a la estructura del suelo, hasta un punto en que la presión capilar sea incapaz de producir mayor deformación; en este momento comenzará la retracción de los meniscos hacia el interior de la masa de suelo. En ese momento cambiará el tono del color del suelo de oscuro a más claro.
- 13.- Cuando alcanza su máxima contracción bajo la máxima presión capilar que el agua ejerce; a pesar de que la evaporación continúe el suelo ya no disminuye de volumen.
- 14.- Las respuestas a los problemas planteados se localizan en el

libro de texto, de la página 186 a la 190 inclusive.

- 15.- Es laminar cuando las líneas de flujo permanecen sin juntarse entre sí en toda su longitud y es turbulento si las líneas de flujo se juntan o se cruzan.
- 16.- Una línea de flujo se define como la línea ideal que en cada punto tiene la dirección del flujo, en el instante considerado; en cada punto el vector velocidad y la línea de flujo que pasa por él, serán tangentes.
- 17.- Es la velocidad abajo de la cual, para un cierto diámetro de la conducción y a una temperatura dada, el flujo es siempre laminar.
- 18.- En forma inversamente proporcional.
- 19.- a) Es función de la pérdida de carga hidráulica por unidad de longitud (gradiente hidráulico, i).
- b) En el flujo turbulento es aproximadamente proporcional a i y en el flujo laminar es proporcional a i .
- 20.- $Q = KAi$ ($\text{cm}^3/\text{seg.}$)
- 21.- Se desprecia por la pequeñez de las velocidades del agua a través del medio poroso.
- 22.- Porque la carga hidráulica total es la suma de la carga de presión ($\phi \gamma_w$) y de la carga de elevación z .
- 23.- Que dentro del campo de aplicabilidad de la ley de Darcy, el flujo en el suelo es laminar.
- 24.- a) Se define como la velocidad del agua a través del mismo, cuando está sujeta a un gradiente hidráulico unitario.
- b) Indica la mayor o menor facilidad con que el agua fluye a través del suelo, estando sujeta a un gradiente hidráulico dado y refleja una serie de propiedades físicas del suelo.
- 25.- I) - C)
II) - A)
III) - B)

- 26.- Directos { Permeámetro de carga constante.
Permeámetro de carga variable.
Prueba directa de los suelos en el lugar.

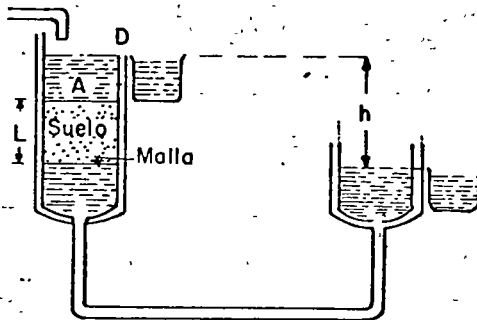
Indirectos

Cálculo a partir de la curva granulométrica.

Cálculo a partir de la prueba de consolidación.

Cálculo con la prueba horizontal de capilaridad.

- 27.- Una muestra de suelo de área transversal A y longitud L , confinada en un tubo, se somete a una carga hidráulica h , según se ve en la figura. El agua fluye a través de la muestra, midiendo la cantidad (en cm^3) que pasa en el tiempo t .



Aplicando la ley Darcy.

$$V = KAit$$

V es el volumen de agua medido.

El gradiente hidráulico medio vale $i = h/L$.

Entonces:

$$K = \frac{VL}{hAt}$$

- 28.- a) El permeámetro de carga constante en suelos permeables, generalmente gravas y arenas.
- b) El permeámetro de carga variable en suelos relativamente permeables, generalmente arenas y limos o mezclas de esos materiales, no plásticos.
- c) La prueba de consolidación se usa en arcillas plásticas.
- 29.- a) Pueden ejecutarse más pruebas en menor lapso.
- b) Las muestras pequeñas son menos deleznable y quebradizas que las muestras grandes.

- 30.- a) La relación de vacíos del suelo.
b) La temperatura del agua.
c) La estructura y estratificación del suelo.
d) La existencia de agujeros, fisuras, etc. en el suelo.
- 31.- Un suelo suele tener permeabilidades diferentes en estado inalterado y remoldeado, aún cuando la relación de vacíos sea la misma, debido a que en el remoldeo quedan libres partículas del suelo que el agua, al fluir, remueve y reacomoda hasta obturar las canales de flujo. Esto es debido, frecuentemente, a la mezcla de materiales provenientes de estratos de características diferentes.

Los suelos estratificados tienen permeabilidades que pueden ser totalmente diferentes, por tal motivo el coeficiente de permeabilidad se debe determinar tanto en dirección paralela como normal a los planos de estratificación.

- 32.- Se basa en que la rapidez con la que se eleva el agua, por acción capilar, en un suelo, es una medida indirecta de su permeabilidad.
- 33.- a) Es útil en el intervalo 0.1×10^{-4} a 200×10^{-4} cm/seg.
b) Se observa que el frente del agua no progresa en un plano vertical, sino que avanza más aprisa en la parte inferior de la muestra. Lo anterior es debido a que la carga de agua a la entrada del tubo ya no es despreciable, en relación con la altura de ascensión capilar.
- 34.- Las respuestas a los problemas se anotan en el libro de texto de la página 238 a la 244 inclusive.

Se propone al alumno resolver los problemas 1 a 7 de la página 273 del libro Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica, 3a. edición, de K. Terzaghi y R. Peck.

- 30.- a) La relación de vacíos del suelo.
b) La temperatura del agua.
c) La estructura y estratificación del suelo.
d) La existencia de agujeros, fisuras, etc. en el suelo.
- 31.- Un suelo suele tener permeabilidades diferentes en estado inalterado y remoldeado, aún cuando la relación de vacíos sea la misma, debido a que en el remoldeo quedan libres partículas del suelo que el agua, al fluir, remueve y reacomoda hasta obturar las canales de flujo. Esto es debido, frecuentemente, a la mezcla de materiales provenientes de estratos de características diferentes.

Los suelos estratificados tienen permeabilidades que pueden ser totalmente diferentes, por tal motivo el coeficiente de permeabilidad se debe determinar tanto en dirección paralela como normal a los planos de estratificación.

- 32.- Se basa en que la rapidez con la que se eleva el agua, por acción capilar, en un suelo, es una medida indirecta de su permeabilidad.
- 33.- a) Es útil en el intervalo 0.1×10^{-4} a 200×10^{-4} cm/seg.
b) Se observa que el frente del agua no progresa en un plano vertical, sino que avanza más aprisa en la parte inferior de la muestra. Lo anterior es debido a que la carga de agua a la entrada del tubo ya no es despreciable, en relación con la altura de ascensión capilar.
- 34.- Las respuestas a los problemas se anotan en el libro de texto de la página 238 a la 244 inclusive.

Se propone al alumno resolver los problemas 1 a 7 de la página 273 del libro Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica, 3a. edición, de K. Terzaghi y R. Peck.

C A P I T U L O V I I I

COMPRESIBILIDAD Y
EXPANSIVIDAD.

GUIA DE ESTUDIOS Y CUESTIO
NARIO DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION CAPITULO 8.

Se propone al alumno resolver los problemas 1 a 7 de las páginas 346 a 348 del libro Mecánica de Suelos, Tomo I, de E. Juárez B. y A. Rico R., Ed. Limusa.

C A P I T U L O . I X

COMPACTACION DE SUELOS.

GUIA DE ESTUDIOS Y NOTAS DEL
CURSO.

VIBROFLOTACION

Otro procedimiento geotécnico para mejorar la capacidad de carga y reducir la compresibilidad de las arenas sueltas, es el de vibroflotación. En este método se introduce en el suelo (fig. 1-a) una sólida unidad vibratoria. Al alcanzar la profundidad deseada, se pone en movimiento la máquina vibratoria de rotación de 30 CV y se invierte la dirección de inyección para arrastrar hacia abajo las partículas del suelo. El vibrador, cuya amplitud es de 1.85cm. compacta el suelo en un radio de 1,2 a 1,5m alrededor de la unidad de vibración y se añade arena por medio de palas para rellenar la depresión cónica que aparece en la superficie (fig. 1-b). La unidad se va recuperando en etapas de 30 cm. haciéndola vibrar en cada una de ellas y rompiéndose la superficie

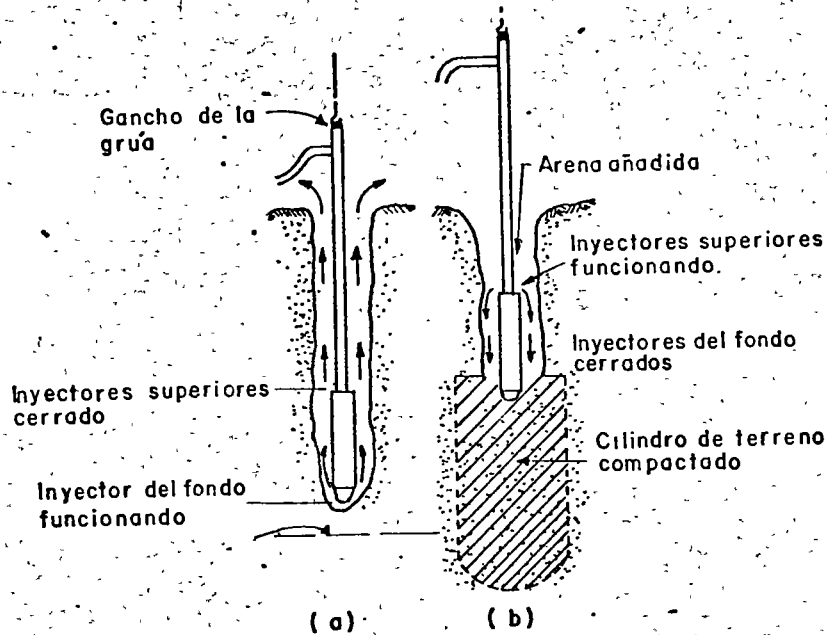


FIG. 1.

a) descenso del vibroflotador b) recuperación del vibroflotador

FUNCIONAMIENTO DEL VIBROFLOTADOR

del terreno en la medida necesaria. La unidad se hace descendiendo de nuevo unos 2,10 a 2,40 m y el proceso se repite hasta que toda la zona que debe ser tratada queda cubierta por cilindros solapados de suelo compactado. Las unidades de vibración pueden introducirse a profundidades considerables.

La vibroflotación resulta eficaz en gravas o arenas limpias, pero puede utilizarse en arenas limosas o arcillosas que contengan hasta un 25% de limo o un 5% de arcilla.

La vibroflotación normalmente no resulta más barata que el empleo de pilotes en terrenos arenosos debido a que el equipo es grande y se precisa una grúa para manejarlo. No posee ventaja alguna sobre los pilotes hincados o perforados cuando lo que se pretende es evitar el daño causado por las vibraciones.

La consolidación de arenas sueltas para cimentar en ellas puede también conseguirse introduciendo un mandril en el terreno por medio de un martinete de doble efecto y recuperándolo más tarde. El mandril se introduce sobre un emparrillado con una separación entre centros que varía entre 1,5 m y 3 m dependiendo del diámetro de la unidad. Durante la recuperación se mantiene el martinete en funcionamiento, compactando así el suelo cada vez que cae en el hueco que se ha creado. Las depresiones cónicas alrededor de los puntos de inserción se reponen con material adicional. Este procedimiento tiene la ventaja de no precisar inyección de agua, aunque la profundidad de penetración puede que no sea tan elevada como la que podría conseguirse con el proceso de vibroflotación.

Un ejemplo típico del empleo del proceso de vibroflotación es el de la consolidación del terreno bajo los cimientos de una casa de turbinas y de las instalaciones de una planta en Spandau, Berlín. Los sondeos mostraron la existencia de arena muy suelta a una profundidad de unos 20 m bajo el nivel del terreno, y en tales condiciones se temió que se produjera un asentamiento excesivo de los cimientos de la maquinaria bajo las vibraciones de alta frecuencia de las turbinas. Para compactar la arena, se efectuaron unas penetraciones por medio del vibroflotador hasta 13 y 20 m bajo el nivel del terreno alternadamente con sus centros separados una distancia de 2 m. Por debajo de los cimientos del edificio las penetraciones fueron menores. Los ensayos in situ antes y después del proceso de vibroflotación indicaron un aumento cuádruple de la densidad del suelo bajo una profundidad de 2 m.

C A P I T U L O X

RESISTENCIA DE LOS SUELOS.

GUIA DE ESTUDIOS Y CUESTIO
NARIO DE AUTOEVALUACION.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION CAPITULO 10

Se propone al alumno resolver los problemas 1 a 10 de las páginas 488 a 492 del libro Mecánica de Suelos, de E. Juárez B. y A. Rico R., Editorial Limusa.