

MÓDULO 1 - GUÍA DE EJERCICIOS

Autor: MC, OL, MGS, NT.

Fecha: 22/08/2022

Asunto: Propiedades índice, clasificación de suelos, compactación, presiones efectivas e hidráulica.

1. Propiedades índice y propiedades físicas

1.1 Relacionar las siguientes propiedades índice:

- peso específico de las partículas sólidas γ_s , peso unitario seco γ_d , relación de vacíos e ;
- peso unitario húmedo γ_h , peso unitario seco γ_d , humedad gravimétrica w ;
- grado de saturación S_r , relación de vacíos e , peso específico de las partículas sólidas γ_s , humedad gravimétrica w ;
- porosidad η , volumen específico ν , relación de vacíos e ;
- peso específico de las partículas sólidas γ_s , peso unitario saturado γ_{sat} , relación de vacíos e .

1.2 Tres muestras de suelo con relación de vacíos $e = 0,71$ y peso específico de las partículas sólidas $\gamma_s = 27,0kN/m^3$ tienen grados de saturación de 80 %, 92 % y 100 %. Determine el peso unitario húmedo γ_h de cada muestra.

1.3 Una muestra de suelo húmedo ocupa un volumen de $3700cm^3$ y pesa $7,0kg$. El peso seco al horno es de $6,0kg$. Si el peso específico de las partículas sólidas es $\gamma_s = 26,5kN/m^3$, determine:

- humedad gravimétrica w ;
- pesos unitarios seco γ_d y húmedo γ_h ;
- relación de vacíos e ;
- porosidad η ;
- grado de saturación S_r .

1.4 Para un suelo con relación de vacíos $e = 0,68$, humedad $w = 25,0\%$ y peso específico de las partículas sólidas $\gamma_s = 26,2kN/m^3$, determine:

- porosidad η ;
- pesos unitarios seco γ_d y húmedo γ_h ;
- grado de saturación S_r .

1.5 Para un suelo con porosidad $\eta = 0,60$, contenido de humedad $w = 15,0\%$ y peso específico de las partículas sólidas $\gamma_s = 27,0kN/m^3$, determine la masa de agua W_w que es necesario agregar a un volumen de $3m^3$ de suelo para alcanzar un grado de saturación de $S_r = 90\%$

1.6 Para una muestra de suelo saturado, con humedad $w = 25,0\%$ y peso específico de las partículas sólidas $\gamma_s = 26,6kN/m^3$, determine:

- gravedad específica G_s ;
- relación de vacíos e ;
- humedad gravimétrica w ;
- pesos unitarios seco γ_d y húmedo γ_h ;
- porosidad η ;
- volumen específico ν ;
- humedad volumétrica θ_w .

1.7 Una muestra de suelo de $38,0mm$ de diámetro y $40,0mm$ de altura tiene un peso total de $W_T = 88,3g$. La muestra se coloca con un pesafiltro en el horno a $102C$ y alcanza los pesos de $78,6g$ y $72,2g$ a las 14 y 24 horas respectivamente. Sabiendo que $G_s = 2,73$, se pide calcular el grado de saturación inicial $S_{r,i}$ de la muestra analizada.

Nota: Los pesos indicados ya tienen descontado el peso del pesafiltro utilizado.

- 1.8 Determine la densidad relativa D_r de una muestra de arena con peso unitario húmedo $\gamma_h = 21,7kN/m^3$, humedad $w = 16,0\%$, gravedad específica $G_s = 2,65$, peso unitario seco máximo $\gamma_{d,max} = 18,9kN/m^3$ y peso unitario seco mínimo $\gamma_{d,min} = 17,7kN/m^3$.
- 1.9 Ordene de menor a mayor los siguientes pesos unitarios: γ_s , γ_h , γ_d y γ_{sat} .

2. Clasificación de suelos

- 2.1 Indique todas las posibles clasificaciones que se obtienen mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS).
- 2.2 En la Tabla 2.1 se presentan los resultados de análisis granulométricos y límites de Atterberg obtenidos en laboratorio para un total de 20 muestras. Clasifique cada una de ellas según el sistema USCS. En caso de que corresponda y sea necesario, determinar:
- La curva de distribución granulométrica y los coeficientes de uniformidad C_u y de curvatura C_c ;
 - La ubicación en la carta de plasticidad.

Tabla 2.1: Resultados de análisis granulométricos y límites de Atterberg.

ID	Peso seco total [g]	Peso seco retenido por cada tamiz [g]								LL	LP
		3"	1"	3/4"	#4	#10	#40	#100	#200		
1	1500	0	0	0	0	0	0	0	600	69	24
2	62150	6215	6215	4972	13673	6215	6215	12430	3729	-	-
3	7500	0	1125	1125	1500	600	450	1350	600	15	9
4	560	0	0	0	0	0	0	112	44,8	36	18
5	450	0	0	0	135	22,5	67,5	45	18	42	20
6	500	0	0	0	200	40	30	75	30	16	10
7	200	0	0	0	0	4	36	-	60	38	29
8	250	0	0	0	0	0	20	-	30	56	23
9	300	0	0	0	0	45	90	-	30	28	20
10	220	0	0	0	0	17,6	37,4	-	28,6	43	28
11	280	0	0	0	0	8,4	103,6	-	84	25	16
12	260	0	0	0	0	0	117	-	122,2	-	NP
13	210	0	0	0	0	12,6	29,4	-	35,7	40	21
14	190	0	0	0	0	32,3	66,5	-	53,2	20	15
15	250	0	0	0	0	0	20	-	15	70	38
16	260	0	0	0	0	135,2	52	-	57,2	-	NP
17	220	0	0	0	0	28,6	55	-	70,4	32	8
18	300	0	0	0	0	30	42	-	126	37	12
19	211	0	0	0	0	0	46,42	-	147,7	-	NP
20	212	0	0	0	0	16,96	38,16	-	89,04	44	9

Nota: NP = no plástico (no es posible determinar los límites de Atterberg).

- 2.3 En la Figura 2.1 se presenta la curva granulométrica para una muestra denominada C28. Considerando que el peso de la muestra es $W_s = 4185g$, se pide determinar:
- Los contenidos de gravas G , arenas S y finos $M + C$ en peso y en porcentaje;
 - La clasificación según el sistema USCS, sabiendo que los límites de Atterberg son $LL = 29$ y $LP = 17$.
 - La clasificación según el sistema USCS, en el caso hipotético en que el porcentaje pasante por el tamiz #200 sea en realidad 2%.

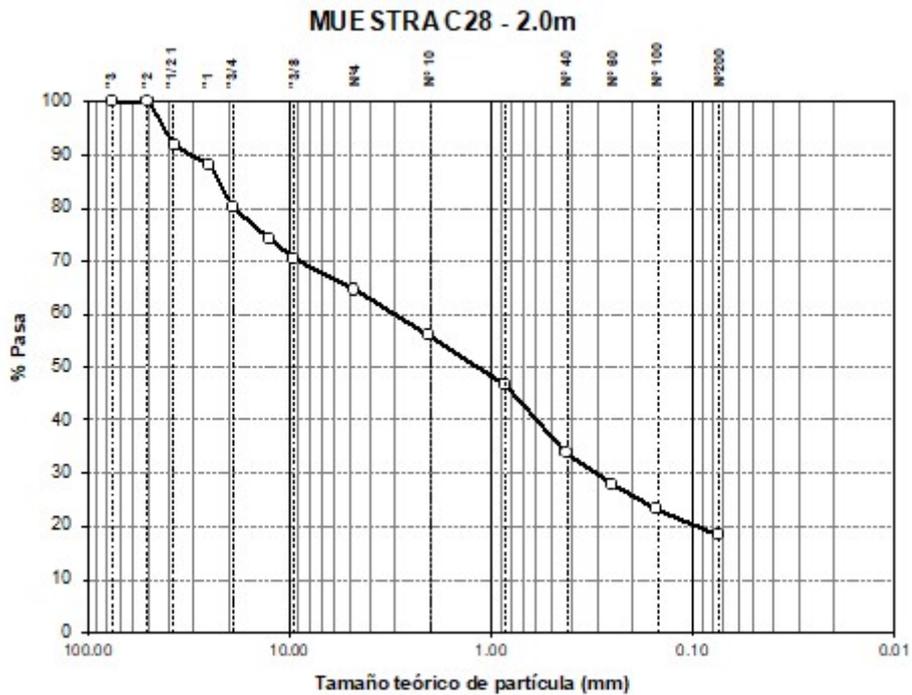


Figura 2.1: Granulometría de la muestra C28.

2.4 Se determinaron los pesos retenidos por tamiz para la muestra denominada "Los Salares - 1,0m", los cuales están indicados en la Tabla 2.2. Considerando que el peso seco de la muestra es de $W_s = 839g$, se pide:

- Los contenidos de gravas G , arenas S y finos $M + C$ en peso y en porcentaje;
- Clasificación según el sistema USCS, considerando que los límites de Atterberg son $LL = 28$ y $LP = 26$.

Tabla 2.2: Pesos retenidos por tamiz para la muestra denominada "Los Salares - 1,0m".

Tamiz		Retenido por tamiz [g]
N°	[mm]	
3"	76.20	0
2"	50.80	0
1 1/2"	38.10	0
1"	25.40	0
3/4"	19.00	0
3/8"	9.50	7
4	4.75	19
10	2.00	116
40	0.42	468
60	0.25	88
100	0.15	55
200	0.074	31

2.5 Determinar la consistencia relativa C_r y el índice de liquidez I_L de una muestra de suelo saturado cuya humedad es $w = 35\%$ y sus límites de Atterberg son $LL = 65$ y $LP = 30$.

2.6 Clasifique según el sistema USCS, una muestra de suelo está compuesta por:

- 2500g de partículas cuasiesféricas de 50mm de diámetro;
- 700g de partículas angulares de 2mm de diámetro equivalente;
- 18g de partículas menores a 0,074mm.

3. Compactación de suelos

3.1 En las Tablas 3.1 y 3.2 se presentan los resultados de ensayos Proctor estándar y Proctor modificado sobre una misma muestra de suelo. Con estos valores determine para cada caso:

- La curva de compactación;
- la humedad óptima w_{opt} y el peso unitario seco máximo $\gamma_{d,max}$;
- la curva de peso unitario seco saturado teórico $\gamma_{d,sat,teo}$;
- la curva de peso unitario saturado teórico $\gamma_{sat,teo}$.

Nota: El peso específico de las partículas sólidas es $\gamma_s = 26,0kN/m^3$, el peso del molde $1750g$ y su volumen $944cm^3$

Tabla 3.1: Resultados de un ensayo Proctor estándar.

Caso	Peso del molde + suelo húmedo [g]	Para determinación de humedad		
		Pesafiltro [g]	Pesafiltro + suelo [g]	Pesafiltro + suelo seco [g]
1	3298	142.60	254.38	232.51
2	3360	142.60	236.70	216.21
3	3402	142.60	252.38	226.93
4	3445	142.60	243.20	217.73
5	3417	142.60	237.02	211.45

Tabla 3.2: Resultados de un ensayo Proctor modificado.

Caso	Peso del molde + suelo húmedo [g]	Para determinación de humedad		
		Pesafiltro [g]	Pesafiltro + suelo [g]	Pesafiltro + suelo seco [g]
1	3380	141.80	248.23	231.04
2	3500	141.80	261.83	238.05
3	3525	141.80	255.85	231.77
4	3503	141.80	259.79	232.75
5	3486	141.80	253.25	226.00

3.2 La Tabla 3.3 presenta los resultados de mediciones de control de densidad in-situ para el terraplén de una ruta en construcción. Determine el grado de compactación alcanzado en cada caso, con relación a los ensayos de Proctor estándar del ejercicio 3.1. Represente además los resultados de la tabla sobre las curvas de compactación del ejercicio 3.1.

Tabla 3.3: Resultados de mediciones de densidad in-situ.

Muestra	1	2	3	4
Peso total [g]	910	815	890	865
Volumen total [cm^3]	500	500	500	500
Humedad [%]	28.4	27.3	29.4	31.4

3.3 La Figura 3.1 y la Tabla 3.4 presentan la información de la curva de compactación de Proctor estándar para una muestra denominada C26. Para ella determine:

- La humedad óptima w_{opt} y el peso unitario seco máximo $\gamma_{d,max}$;
- La curva de variación de la relación de vacíos en función del contenido de humedad;
- La curva de variación del grado de saturación en función del contenido de humedad.

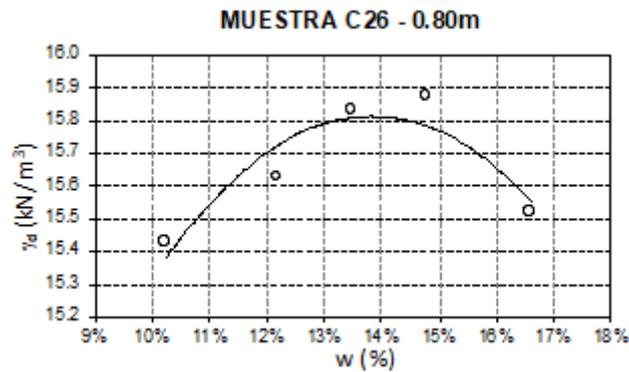


Figura 3.1: Curva de compactación para la muestra C26.

Tabla 3.4: Resultados del ensayo proctor estándar graficados en la Figura 3.1.

Ensayo	w [%]	γ_d [kN/m^3]
1	10.2	15.42
2	12.2	15.62
3	13.5	15.83
4	14.8	15.87
5	16.6	15.51

- 3.4 Para los suelos 2 y 7 de la Tabla 2.1, indique las características que debe tener el equipo de compactación a utilizar en obra para lograr un trabajo satisfactorio.

4. Presiones totales, efectivas y neutras

- 4.1 Para un estrato de suelo de 12m de espesor con $\gamma_{sat} = 21,0kN/m^3$ y $\gamma_h = 17,0kN/m^3$, determine el diagrama de presiones efectivas para las siguientes ubicaciones del nivel freático:
- en coincidencia con el nivel del terreno natural;
 - ubicado a 3,0m por debajo del nivel del terreno natural.

Nota: No tenga en cuenta el efecto de ascenso capilar.

- 4.2 El lecho de un lago está compuesto por un material uniforme con humedad $w = 35\%$ y peso específico de las partículas sólidas $\gamma_s = 26,5kN/m^3$. Si el nivel de agua del lago se ubica 3,0m por arriba del lecho, determine la presión efectiva vertical, total e hidrostática a 4,0m por debajo del nivel del lecho.

- 4.3 Para el perfil geotécnico indicado en la Tabla 4.1, determine los diagramas de presiones totales, efectivas y neutras. El nivel freático está ubicado a 1,5m por debajo del nivel del terreno natural. **Nota:** No tenga en cuenta el efecto de ascenso capilar.

Tabla 4.1: Perfil geotécnico. El orden de los estratos es el observado en el campo, desde el nivel del terreno natural.

Descripción	Espesor [m]	γ_{sat} [kN/m^3]	γ_h [kN/m^3]
Suelo 1	2.5	19.0	17.0
Suelo 2	2.0	18.5	-
Suelo 3	3.0	19.5	-

- 4.4 Para el perfil geotécnico indicado en la Tabla 4.2, determine los diagramas de presiones totales, efectivas y neutras. **Nota:** No tenga en cuenta el efecto de ascenso capilar.

Tabla 4.2: Perfil geotécnico. El orden de los estratos es el observado en el campo, desde el nivel del terreno natural.

Descripción	Espesor [m]	γ_s [kN/m^3]	w [%]	S_r [%]
Suelo 1 - por encima del NF	1.0	26.5	10.0	60.0
Suelo 1 - por debajo del NF	1.5	26.5	-	-
Suelo 2	4.0	27.0	30.0	-
Suelo 3	5.0	26.5	35.0	-

Nota: NF: Nivel freático.

4.5 Se tiene una estratigrafía conformada por un manto superior de arenas de $4,0m$ de espesor con $\gamma_{sat} = 20,0kN/m^3$ y $\gamma_h = 16,5kN/m^3$, seguido de un estrato de arcilla de $5,0m$ de espesor con $\gamma_{sat} = 17,0kN/m^3$. Las arcillas descansan sobre un manto de arenas que presenta condiciones artesianas con un nivel piezométrico ubicado $4,0m$ por encima del nivel de terreno natural (NTN). El nivel freático del manto superior de arenas está ubicado a $2,0m$ por debajo del NTN. Determine:

- La presión efectiva vertical en la parte superior e inferior del estrato de arcilla;
- La profundidad de excavación del manto superior de arena para la cual la presión efectiva en la parte inferior de la arcilla se hace cero.

Nota: Considere que toda la pérdida de potencial se produce en el estrato de arcillas.

5. Hidráulica de suelos

5.1 Para el permeámetro de carga constante esquematizado en la Figura 5.1 determinar por separado para una de las tres posiciones del tanque:

- El caudal y la dirección del flujo;
- El diagrama de presiones de agua, totales y efectivas;

Nota: Utilice los parámetros de la Tabla 5.1

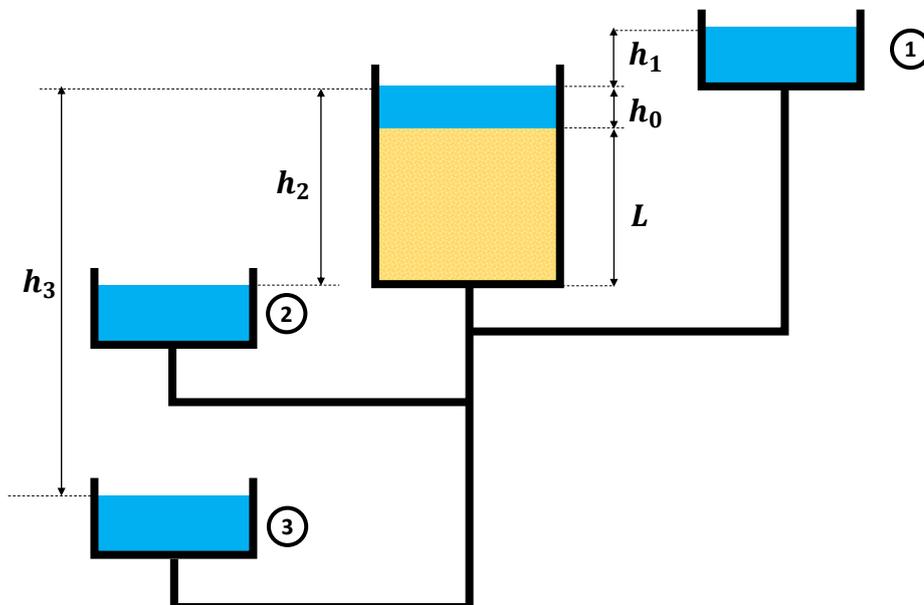


Figura 5.1: Permeámetro de carga constante y tres posiciones del tanque.

Tabla 5.1: Parámetros del ejercicio 5.1

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Peso unitario saturado	γ_{sat}	kN/m^3	19,0
Permeabilidad	k	cm/s	$1 \cdot 10^{-7}$
Sección transversal del permeámetro	A	cm^2	78,5
Espesor del suelo	L	cm	15
Carga de agua	h_0	cm	2,5
Posición 1 del tanque	h_1	cm	10,0
Posición 2 del tanque	h_2	cm	17,5
Posición 3 del tanque	h_3	cm	25,0

5.2 La Figura 5.2 esquematiza un ensayo de carga variable con dos capas de suelo. En el instante $t = 25s$, el piezómetro instalado entre las dos capas registró una presión $u = 10g/cm^2$. Para ese mismo instante, calcule:

- El caudal;
- La altura z ;
- Las tensiones verticales efectivas entre las dos capas de suelo y en la parte inferior del suelo 2.

Luego, determine el tiempo que debe transcurrir para que el piezómetro registre una presión de agua nula.

Nota: Utilice los parámetros de la tabla 5.2

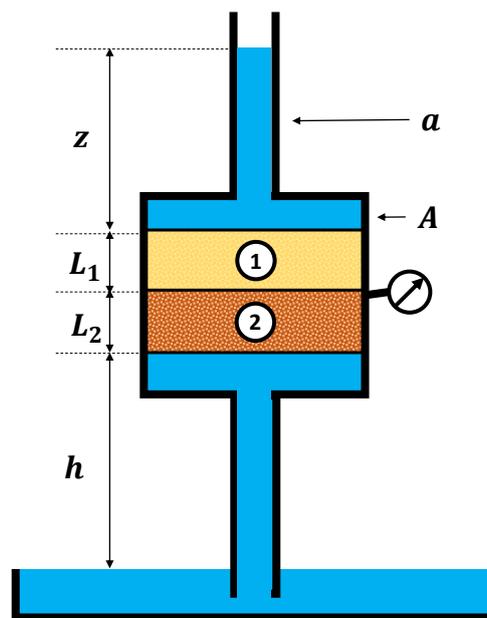


Figura 5.2: Permeámetro de carga variable.

Tabla 5.2: Parámetros del ejercicio 5.2.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Peso unitario saturado de ambos suelos	γ_{sat}	g/cm^3	1,8
Permeabilidad del suelo 1	k_1	cm/s	0,015
Permeabilidad del suelo 2	k_2	cm/s	0,045
Sección transversal mayor del permeámetro	A	cm^2	10,0
Sección transversal menor del permeámetro	a	cm^2	1,5
Espesor del suelo 1	L_1	cm	8,0
Espesor del suelo 2	L_2	cm	8,0
Posición del tanque inferior	h	cm	20,0

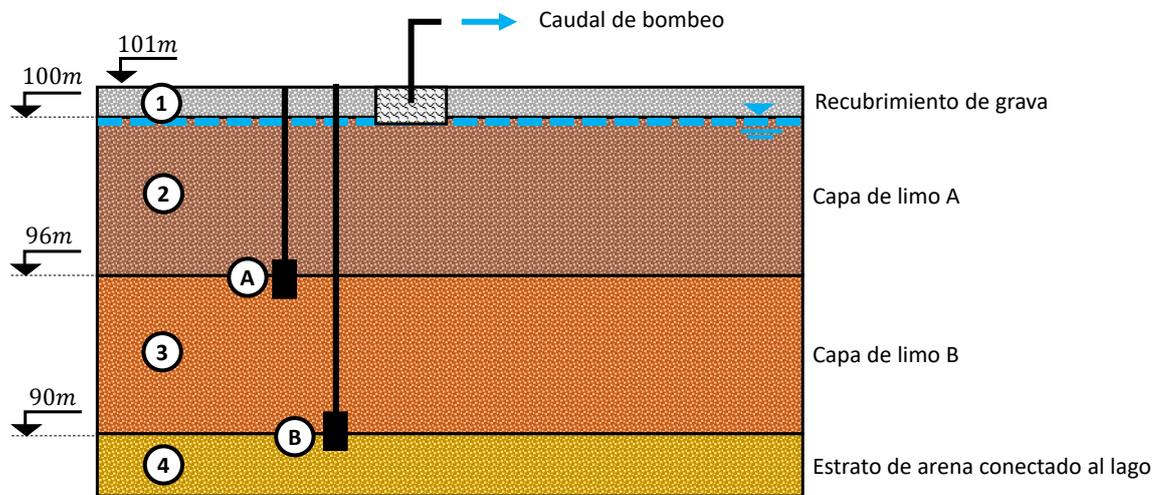


Figura 5.4: Condición de excavación en las cercanías de un lago.

Tabla 5.4: Parámetros del ejercicio 5.4.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Peso unitario húmedo del suelo 1 (grava)	γ_1	t/m^3	2,00
Peso unitario saturado de los suelos 2 y 3 (limos)	$\gamma_{2,3}$	t/m^3	1,85
Peso unitario del fluido	γ_{fl}	t/m^3	1,10
Elevación piezométrica en A	PWE_A	m	104,0
Elevación piezométrica en B	PWE_B	m	107,0

- 5.5 La Figura 5.5 esquematiza una red de flujo transformada para una presa de suelo compactado con un dren de grava en su pie. Las elevaciones de la figura están dibujadas a escala. Considerando que las permeabilidades vertical y horizontal de la presa son $k_v = 1,16 \cdot 10^{-9} m/s$ y $k_h = 2,60 \cdot 10^{-9} m/s$, determine:
- El caudal de infiltración;
 - La energía potencial y la presión de agua en los puntos A, B y C;
 - El gradiente hidráulico para el cuadrilátero con vértices en los puntos B y C.
- 5.6 Se desea analizar la ubicación de una barrera impermeable para la presa de control de crecida esquematizada en la Figura 5.6, la cual se ubica sobre un suelo con permeabilidad $k = 1 \cdot 10^{-4} m/s$. Determine los siguientes puntos para el caso base: sin barrera impermeable; caso 1: con barrera en la posición 1 y caso 2: con barrera en la posición 2.
- La red de flujo;
 - El caudal de filtración;
 - La presión en el punto A;
 - El gradiente máximo de salida.

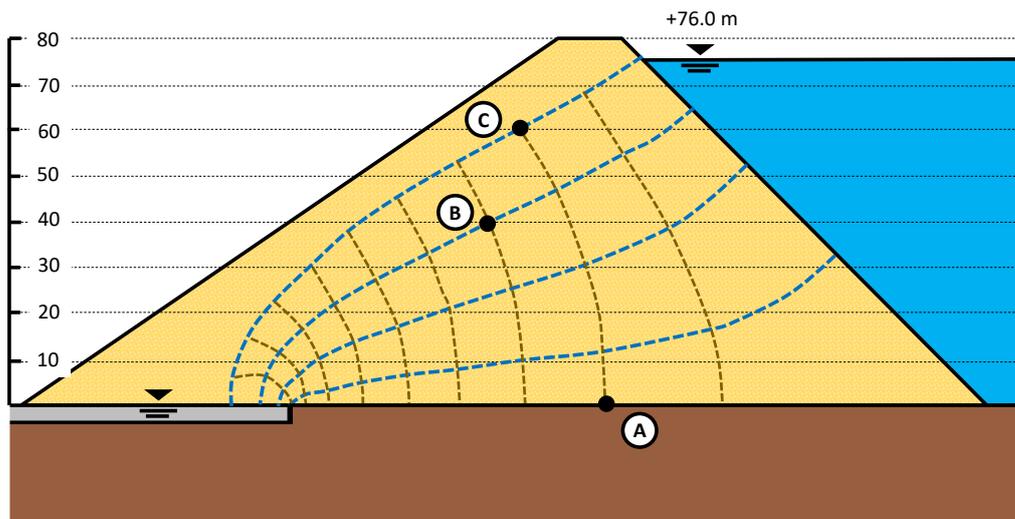


Figura 5.5: Red de flujo transformada para una presa de suelo.

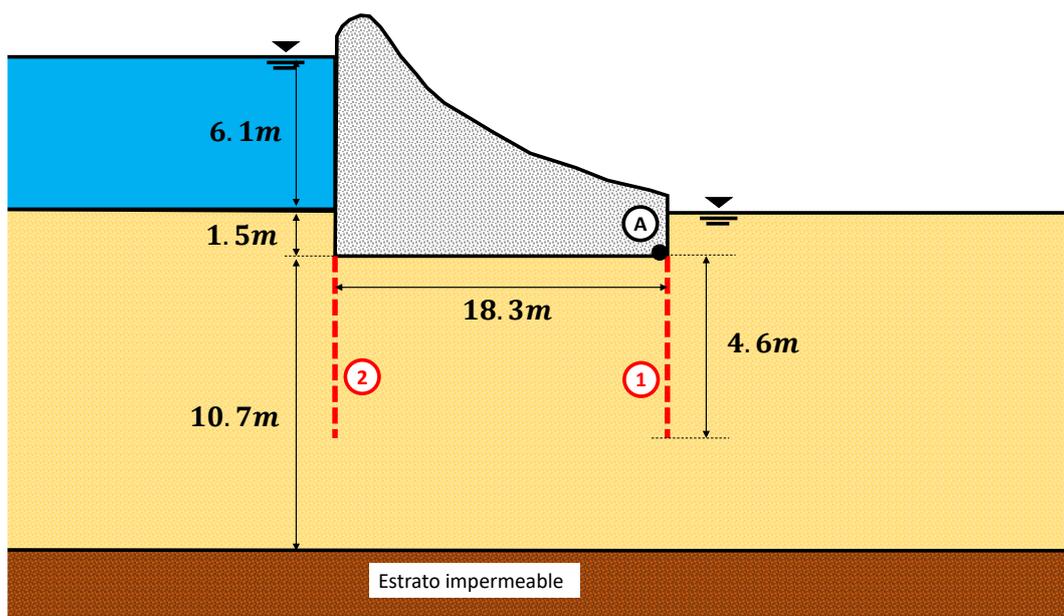


Figura 5.6: Esquema de una presa de control de crecida y posibles ubicaciones de barreras impermeables.

5.7 La Figura 5.7 esquematiza una presa de hormigón que presenta dos pantallas impermeables adheridas. Considerando que la permeabilidad del suelo es $k = 10^{-4} m/s$ y su peso unitario húmedo es $\gamma_h = 21 kN/m^3$, se pide:

- Trazar la red de escurrimiento con un mínimo de 4 tubos de corriente, considerando que las pantallas esquematizadas son impermeables;
- Estimar el volumen de agua diario que circula;
- Determinar el diagrama de sobrepresiones hidrostáticas en el plano de fundación de la presa y estimar el correspondiente empuje asociado,
- Calcular las presiones total, efectiva y neutra en las posiciones A y B.

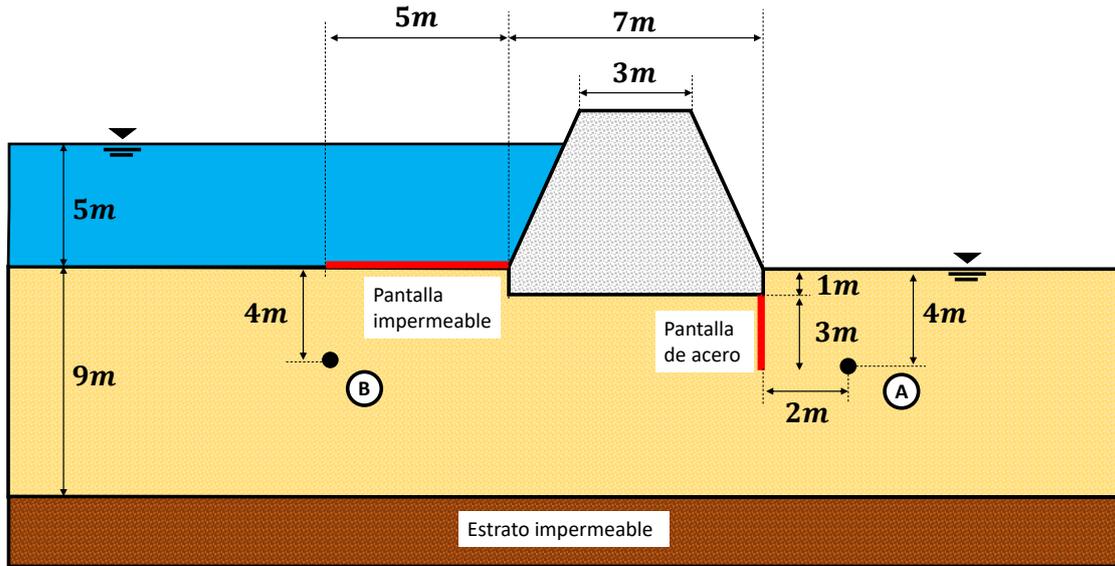


Figura 5.7: Esquema de una presa de control de crecida y posibles ubicaciones de barreras impermeables.

5.8 La Figura 5.8 esquematiza una excavación sostenida por tablestacado. Considerando que la permeabilidad del suelo es $k = 10^{-6} m/s$ y el peso unitario saturado es $\gamma_{sat} = 19 kN/m^3$, se pide:

- Trazar la red de escurrimiento con un mínimo de 4 tubos de corriente;
- Estimar el caudal diario necesario para mantener la excavación en seco;
- Determinar el diagrama de sobrepresiones hidrostáticas en el plano horizontal conformado por los puntos D y B,
- Calcular el factor de seguridad al sifonaje por rotura del fondo de la excavación, delimitado por el rectángulo cuyos vértices son A, B, C y D.

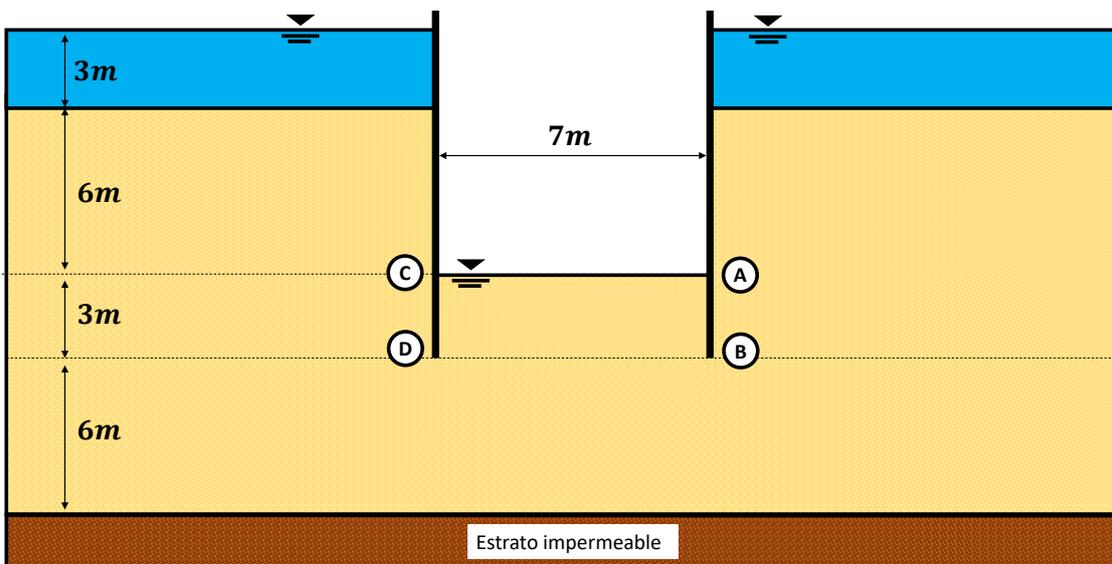


Figura 5.8: Esquema de una excavación sostenida por tablestacado.

6. Respuestas

Nota: Los resultados aquí presentados provienen de versiones anteriores de la guía de ejercicios y no se encuentran verificados. A lo largo de este cuatrimestre serán revisados y actualizados. En el caso de que se presuma que alguno no es correcto, por favor mandar un mail a ntasso@fi.uba.ar.

Ejercicio 1.2

w [%]	γ_h [kN/m^3]
80	19.11
92	19.61
100	19.94

Ejercicio 1.3 $w = 16,7\%$, $\gamma_h = 18,92kN/m^3$, $\gamma_d = 16,22kN/m^3$, $e = 0,62$, $\eta = 0,39$ y $S_r = 70\%$.

Ejercicio 1.4 $\eta = 0,40$, $\gamma_h = 19,49kN/m^3$, $\gamma_d = 15,60kN/m^3$ y $S_r = 96\%$.

Ejercicio 1.5 $W_w = 1134kg$.

Ejercicio 1.6 $G_s = 2,71$, $e = 0,68$, $\gamma_d = 15,90kN/m^3$, $\gamma_h = 19,80kN/m^3$, $\eta = 0,404$, $\nu = 1,69$ y $\theta_w = 0,404$.

Ejercicio 1.7 $S_{r,i} = 85,1\%$.

Ejercicio 1.8 $D_r = 84,8\%$

Ejercicio 1.9 $\gamma_d < \gamma_h < \gamma_{sat} < \gamma_s$

Ejercicio 2.2

ID	IP	USCS	C_u	C_c
1	45	CH	-	-
2	-	SP	61.1	0.13
3	6	GP-GC	135.1	0.10
4	18	CL	-	-
5	22	SC	-	-
6	6	GC-GM	-	-
7	9	ML	-	-
8	33	CH	-	-
9	8	SC	-	-
10	15	ML	-	-
11	9	SC	-	-
12	0	SP-SC	6.3	0.72
13	19	CL	-	-
14	5	SC-SM	-	-
15	32	CL	-	-
16	0	SP-SC	25.2	0.99
17	24	SC	-	-
18	25	SC	-	-
19	0	SP-SC	3.1	0.77
20	35	SC	-	-

Ejercicio 2.3 $G = 1507g$ 36%, $S = 1295g$ 46%, $M + C = 753g$ 18%. SC y SP.

Ejercicio 2.4 $G = 26g$ 3,1%, $S = 757,6g$ 90,3%, $M + C = 55,4g$ 6,6%. SW – SM.

Ejercicio 2.5 $C_r = 0,86$, $I_L = 0,14$

Ejercicio 2.6 GP

Ejercicio 3.1 Proctor estándar: $w_{opt} = 32\%$, $\gamma_{d,opt} = 13,5kN/m^3$. Proctor modificado: $w_{opt} = 26\%$, $\gamma_{d,opt} = 14,9kN/m^3$.

Proctor Estándar		Proctor Modificado	
w [%]	γ_d [kN/m^3]	w [%]	γ_d [kN/m^3]
24.3	13.19	19.3	14.48
27.8	13.34	24.7	14.87
30.2	13.44	26.8	14.83
33.9	13.41	29.7	14.31
37.1	12.88	32.4	13.89

Ejercicio 3.2

Muestra	Grado de compactación PE [%]	Grado de compactación PM [%]
1	105	95
2	95	86
3	102	92
4	98	88

Ejercicio 4.1 Presión efectiva a 12m de profundidad para NF=NTN: $\sigma'_v = 132kPa$. Presión efectiva a 12m de profundidad para NF = NTN-3,0m: $\sigma'_v = 150kPa$.

Ejercicio 4.2 $\gamma_{sat} = 18,56kN/m^3$, presión vertical efectiva a 4,0m por debajo del lecho: $\sigma'_v = 34,2kPa$. Presión hidrostática a 4,0m por debajo del lecho: $u = 70kPa$. Presión total a 4,0m por debajo del lecho: $\sigma_v = 104,2kPa$.

Ejercicio 4.3

Profundidad [m]	σ [kPa]	u [kPa]	σ'_v [kPa]
1.50	25.5	0.0	25.5
2.5	44.5	10.0	34.5
7.5	137.0	60.0	77.0

Ejercicio 4.4

Profundidad [m]	γ [kN/m^3]	σ [kPa]	u [kPa]	σ'_v [kPa]
1.00	20.2	20.2	0.0	20.2
2.50	21.4	52.4	15.0	37.4
6.50	19.4	130.0	55.0	75.0
9.00	18.6	176.4	80.0	96.4

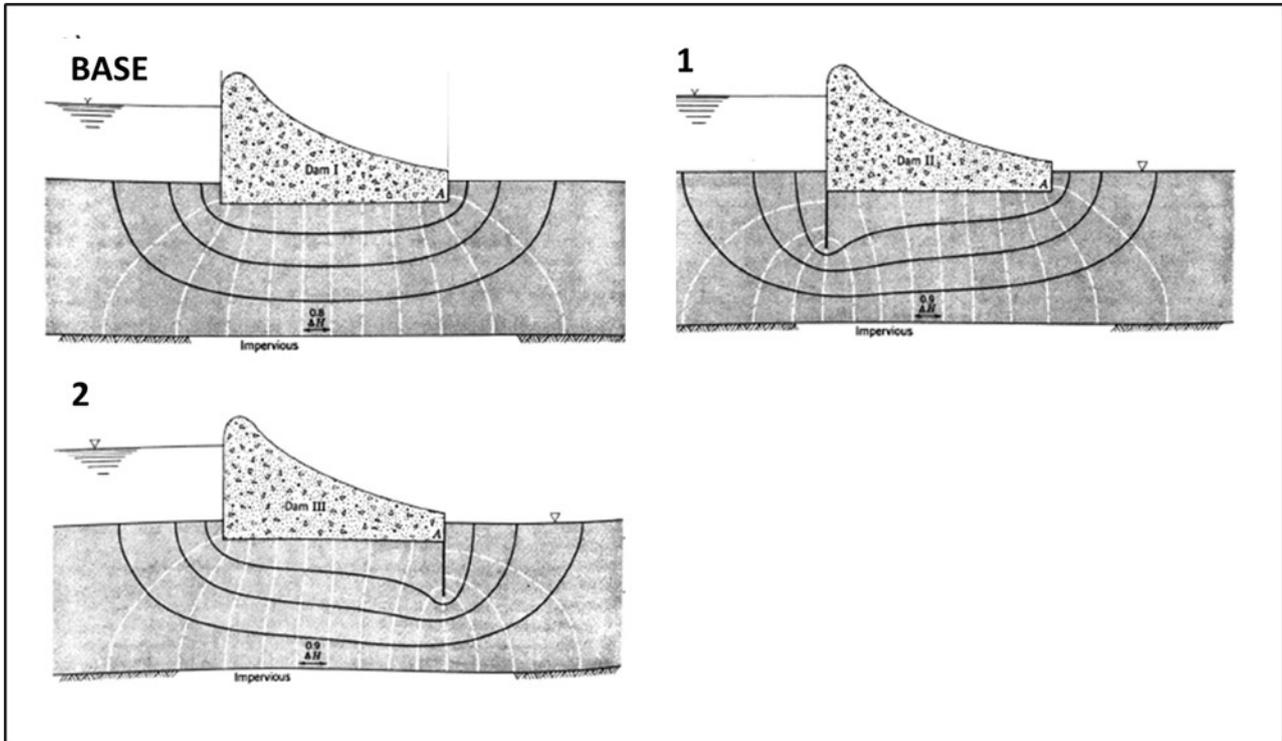
Ejercicio 4.5 Presión efectiva vertical en la parte superior de la arcilla: $\sigma'_v = 53kPa$. Presión efectiva vertical en la parte inferior de la arcilla: $\sigma'_v = 28kPa$. Se debe excavar 1,7m de arena superior para anular la presión efectiva en la parte inferior de la arcilla.

Ejercicio 5.2 $Q = 2,14cm^3/seg$, $z = 116cm$, $\sigma'_v = 120,4g/cm^3$ (a la altura del piezómetro) y $\sigma'_v = 164,8g/cm^3$ (en la base del suelo 2). $t = 57,5s$

Ejercicio 5.4 Para elevación 100m: $\sigma'_v = 2t/m^2$. Elevación 96m: $\sigma'_v = 0,6t/m^2$. Elevación 90m: $\sigma'_v = 1,8t/m^2$. Se produce sifonaje cuando $PWE_B = 108m$.

Ejercicio 5.5 $q = 0,004m^3/dia/m$, $u_a = 600kPa$, $u_b = 200kPa$, $u_c = 0kPa$ y $i_b = 0,38$.

Ejercicio 5.6



Caso	Caudal [m^3/h]	Presión en A [kPa]	Gradiente de salida
Base	0.73	23	0.42
1	0.63	22	0.34
2	0.63	39	0.18

Ejercicio 5.7 $V_{diario} = 13,3m^3/dia/m$, $\sigma_a = 134kPa$, $u_a = 84,7kPa$, $\sigma_b = 84kPa$, $u_b = 48,3kPa$ y $E = 205kN/m$.

Ejercicio 5.8 $Q = 0,67m^3/dia/m$ (para 6 tubos y 7 caidas equipotenciales. $E_w = 158kN/m$, $W' = 189kN/m$, $FS = 1,2$).