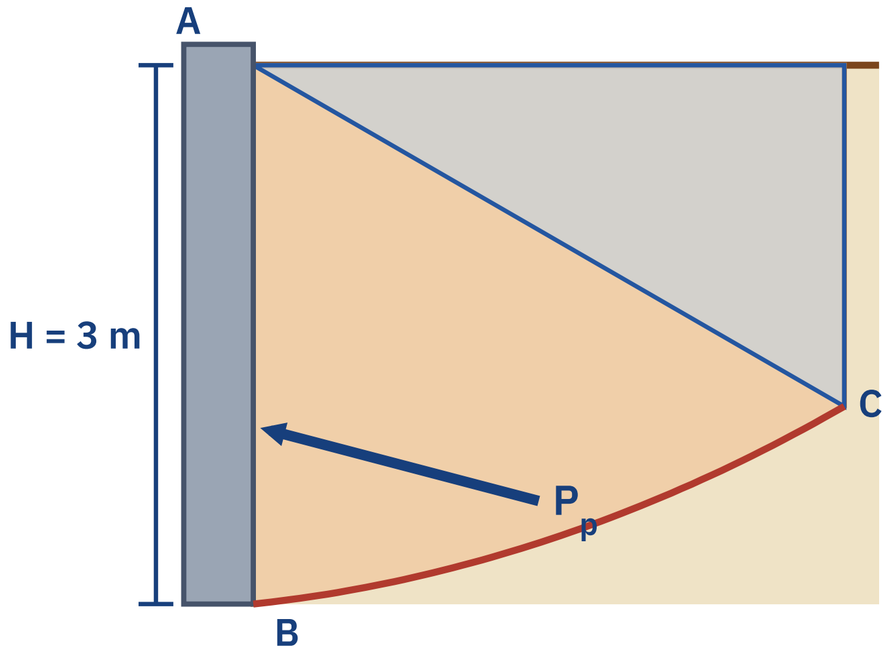
Presentación de clase de geotecnia · Empuje de tierras

Empuje pasivo de tierras: espiral logarítmica

Clase: cálculo del empuje pasivo que actúa sobre un muro rugoso con superficie de rotura curva (espiral logarítmica), cuña de prueba de Terzaghi–Peck, solución de Lancellotta, comparación con Coulomb; trasdós inclinado, superficie inclinada, estratos y agua; ejemplo resuelto sobre cada tema.

- Rozamiento muro-terreno
- $r = r_0 e^{\omega \tan \varphi'}$
- Cuña de Terzaghi – Peck
- Lancellotta · Coulomb
- Trasdós inclinado · estrato · agua



Se basa en la página de teoría de GeoTerva · geoterva.com

Introducción

¿Qué aprenderemos en esta clase?

Por qué en un muro rugoso se requiere una **superficie curva** en lugar de una **cuña plana** (Coulomb)

La **espiral logarítmica**: $r = r_0 e^{\omega \tan \varphi'}$; que cada radio corte la curva bajo el ángulo φ' y que la resultante pase por el centro de la espiral

El cálculo de P mediante el equilibrio de momentos en la cuña de prueba de **Terzaghi–Peck**; la obtención de la fuerza a partir de la cuña de prueba **mínima**

Comparar K_p con la solución cerrada de **Lancellotta** y con Coulomb, Shields–Tolunay, Zhu–Qian

La cuña generalizada para trasdós inclinado, superficie inclinada, sobrecarga, **estratos y agua**

Cuán **insegura** resulta la solución de Coulomb para δ' grande

DESARROLLO DE LA CLASE

Cada tema se desarrolla en **tres pasos**:

1 · **Teoría**: ¿cuál es la regla y por qué es así?

2 · **Enunciado**: datos y se pide

3 · **Solución**: paso a paso, con números

Las fuerzas se expresan por unidad de longitud de muro (kN/m); $P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2$; la fricción muro-terreno δ' tiene el sentido en que el muro arrastra el terreno hacia abajo.

¿Por qué no se da una superficie plana en el empuje pasivo?

TEORÍA

La superficie de deslizamiento plana de Coulomb es una buena aproximación para el empuje **activo**; en cambio, para la resistencia **pasiva** de un muro rugoso da más que la resistencia real, y más aún cuanto mayor es el rozamiento muro-terreno: **del lado inseguro**.

Cuando el muro es empujado contra el terreno, el terreno asciende respecto del muro; el muro desplaza el terreno **hacia abajo** (fricción positiva muro-terreno) y el empuje pasivo queda inclinado δ′ **hacia abajo** respecto de la normal a la cara del muro. En este caso la superficie de rotura es:

- cerca de la base (BC) **es curva** (espiral logarítmica)
- cerca de la superficie (CD) es **recta**: forma 45° − φ′/2 con la horizontal; la zona ACD se encuentra en estado pasivo de Rankine

¿CUÁNTO MÁS DA COULOMB?

φ′ / δ′	Espiral	Coulomb
30° / 15°	4.61	4.98
30° / 30°	6.68	10.10
40° / 20°	9.67	11.77
40° / 40°	18.86	92.59

Coeficientes K_p; para φ′ = δ′ = 40° Coulomb da 5 veces más.

La propiedad que hace útil la espiral

TEORÍA

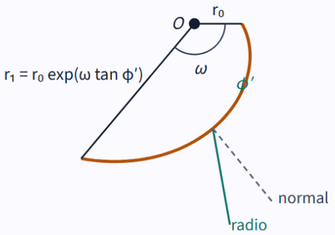
La parte curva BC de la superficie de rotura se toma como una espiral logarítmica con centro en O:

$$r = r_0 \, e^{\omega \tan \varphi'}$$

r_0 es el radio en ω = 0. Propiedad de la espiral: **cada radio encuentra la curva bajo el ángulo φ′**. En suelo granular, la resultante de las fuerzas normal y tangencial sobre la superficie de rotura forma también φ′ con la normal; es decir, sobre la espiral la resultante se sitúa a lo largo de un radio y **pasa por O**: desaparece de la ecuación de momentos respecto de O.

$$A_{OAB} = \frac{r_1^2 - r_0^2}{4 \tan \varphi'}$$

Es el área del sector comprendido entre r_0 y r_1; el módulo determina numéricamente el área de la cuña y su centro de gravedad.



la resultante F de las fuerzas normal y cortante sobre la espiral (a ϕ′ de la normal) está sobre un radio — pasa por O

Enunciado

EJEMPLO

Datos

Espiral	**centro O; radio inicial** $r_0 = 1.00$ **m;** $\varphi' = 30^\circ$
Ángulo	$\omega = 60^\circ$ **y** $\omega = 90^\circ$

SE PIDE

$\mathbf{r_1}$, el ángulo del radio hasta la curva y el **área** del sector.

Solución

SOLUCIÓN

1 ω = 60° = 1.0472 rad

$$r_1 = r_0 e^{\omega \tan\varphi'} = 1.00\, e^{1.0472 \times 0.5774} = 1.00\, e^{0.6046}$$

$$r_1 = \mathbf{1.831}\ \mathrm{m}$$

2 Área del sector

$$A = \frac{r_1^2 - r_0^2}{4 \tan\varphi'} = \frac{3.351 - 1.00}{4(0.5774)} = \mathbf{1.018}\ \mathrm{m^2}$$

3 para ω = 90°

$$r_1 = 1.00\, e^{1.5708 \times 0.5774} = \mathbf{2.477}\ \mathrm{m} \qquad A = \mathbf{2.223}\ \mathrm{m^2}$$

El radio se multiplica por $e^{\tan\varphi'} = 1.781$ por cada radián; para ω = 60°, r_1 = 1.831 m y el área es 1.018 m². El radio forma con la curva **φ′ = 30° en todo punto**; por eso la resultante pasa por O.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Método de Terzaghi y Peck (1967)

TEORÍA

Para el muro vertical AB de altura H:

Desde A se traza la recta AC formando un ángulo de **45° − φ′/2** con la superficie, hacia abajo; sobre ella se elige un punto C.

Sobre la recta AC se halla el centro **O** de la espiral que pasa por B, de radio r_0 = OB, y llega a C (r_1 = OC = $r_0 e^{\omega \tan \varphi'}$).

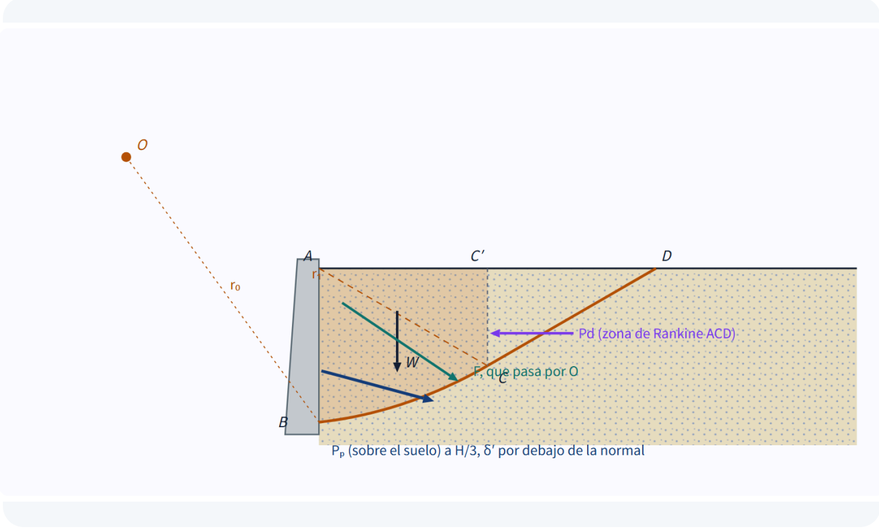
La cara CC′ soporta el empuje pasivo de Rankine de la zona ACD (horizontal, a d/3 por encima de C):

$$P_d = \tfrac{1}{2}\gamma d^2 \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right)$$

Momento respecto de O del peso W de la cuña ABCC′, de P_d y de la fuerza del muro P (a H/3, δ′ por debajo de la normal) (la resultante F pasa por O):

$$P = \frac{W\, l_W + P_d\, l_1}{l_P} \qquad P_p = \min_C P \qquad K_p = \frac{2P_p}{\gamma H^2}$$

El tanteo se repite para muchos valores de C; la fuerza menor es la fuerza pasiva. Para δ′ = 0 la espiral se convierte en un plano y $K_p = \tan^2(45° + \varphi'/2)$.



Enunciado

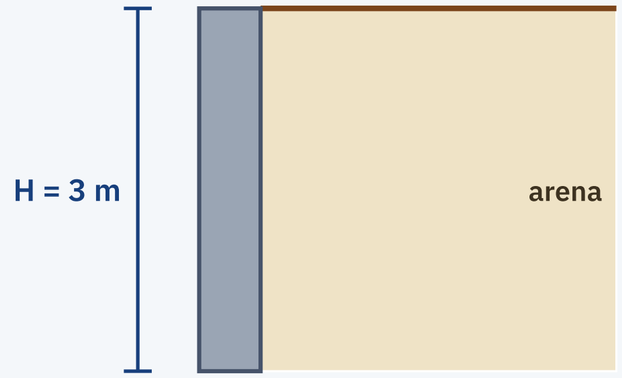
EJEMPLO

SE PIDE

Geometría de la cuña de prueba más pequeña y **P_p**, **K_p**; comparación con varias cuñas de prueba. El módulo se abre con este muro.

Datos

Muro	$H = 3$ **m, vertical; relleno horizontal**
Suelo	**arena seca:** $\gamma = 15.7\ \mathrm{kN/m^3}$, $\varphi' = 30°$; **fricción del muro** $\delta' = 15°$



γ = 15.7 kN/m³, φ′ = 30°, δ′ = 15° (pasivo)

Solución (1/2)

SOLUCIÓN

1 Geometría (AC con la horizontal: 45° – 15° = 30°)

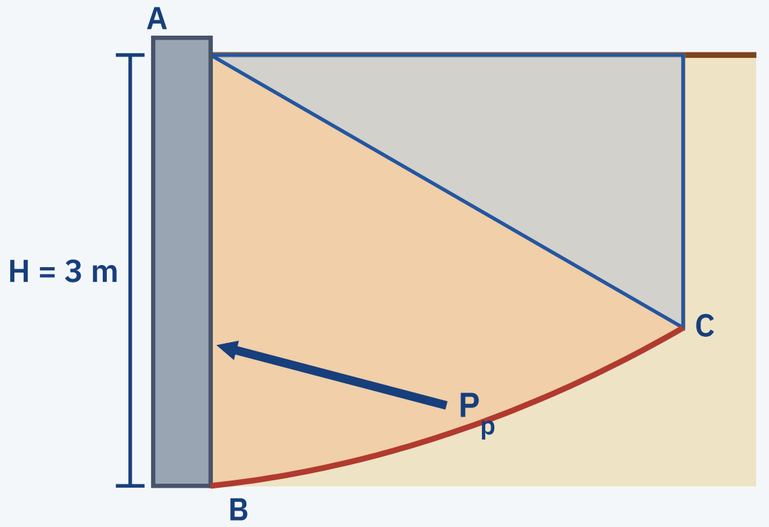
$$t = 3.80\ \text{m}: \ C = (3.29;\ 1.10)\ \text{m}, \ \ d = H - y_C = 1.90\ \text{m}$$

$$O = (-3.76;\ 5.17)\ \text{m}, \ \ r_0 = OB = 6.39\ \text{m}, \ \ r_1 = OC = 8.14\ \text{m}$$

2 Ángulo de la espiral y peso de la cuña

$$\omega = \ln(r_1/r_0)/\tan 30^\circ = 23.97^\circ$$

$$W = \gamma A_{ABCC'} = 15.7\,(8.480) = \mathbf{133.14}\ \text{kN/m}$$



Solución (2/2)

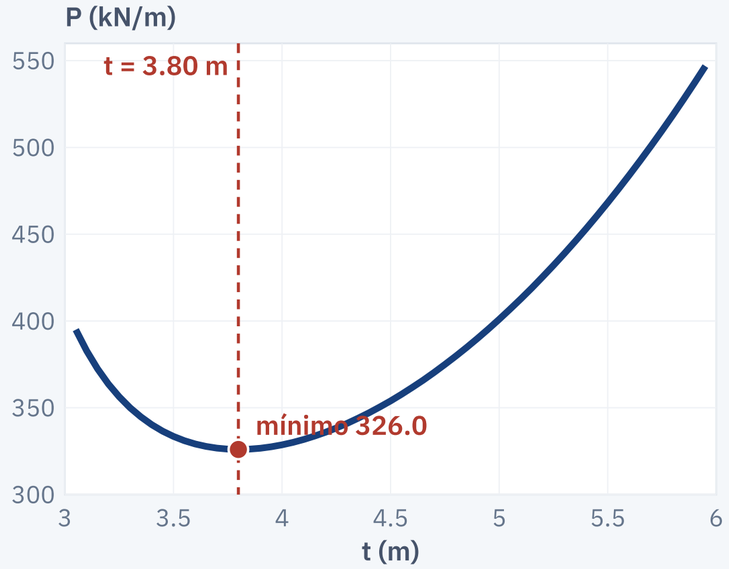
SOLUCIÓN

3 Zona de Rankine: $P_d = \tfrac{1}{2}\gamma d^2 \tan^2 60°$

$$P_d = \tfrac{1}{2}(15.7)(1.899)^2(3) = \mathbf{84.96}\ \mathrm{kN/m}$$

4 Momento respecto a O (brazos $l_W = 5.289$, $|l_1| = 3.438$, $l_P = 3.056$ m)

$$P = \frac{W\, l_W + P_d\, |l_1|}{l_P} = \frac{133.14(5.289) + 84.96(3.438)}{3.056} = \mathbf{326.03}\ \mathrm{kN/m}$$



La fuerza de prueba mínima es **P_p = 326.0 kN/m** (t = 3.80 m); $K_p = 2P_p/(\gamma H^2)$ = **4.615**. Con t menor o mayor la fuerza aumenta (t = 3.2 m: 363.8; t = 4.5 m: 354.0 kN/m), es decir, el empuje pasivo corresponde a la cuña de prueba **mínima**.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

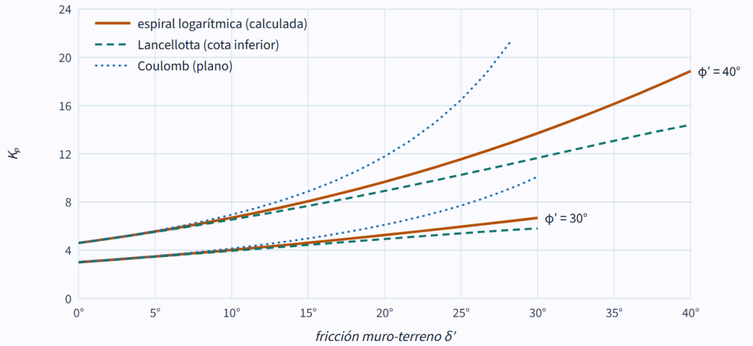
Espiral y otras soluciones

TEORÍA

Muro vertical, relleno horizontal: otras soluciones (todas con $P_p = \frac{1}{2}K_p\gamma H^2$): Shields–Tolunay (método de las dovelas, tabla), Sokolowskiĭ (características, tabla), Zhu–Qian (dovela triangular, tabla) y la solución cerrada de **Lancellotta (2002)** (límite inferior):

$$K_p = \frac{\cos\delta'}{1-\sin\varphi'}\left(\cos\delta' + \sqrt{\sin^2\varphi' - \sin^2\delta'}\right) e^{2\theta\tan\varphi'}\frac{1}{\cos\delta'} \qquad 2\theta = \sin^{-1}\frac{\sin\delta'}{\sin\varphi'} + \delta'$$

φ′	δ′	Espiral log.	Lancellotta	Coulomb
20°	10°	2.56	2.52	2.64
20°	20°	3.07	2.87	3.53
30°	15°	4.61	4.44	4.98
30°	30°	6.68	5.80	10.10
40°	20°	9.67	8.92	11.77
40°	40°	18.86	14.39	92.59



Lancellotta es el límite inferior y la espiral logarítmica es el límite superior; el método de las características se sitúa entre ambos, muy próximo a la espiral.

Para δ′ grande, Coulomb sobrestima notablemente (φ′ = δ′ = 40°: 92.6).

Enunciado

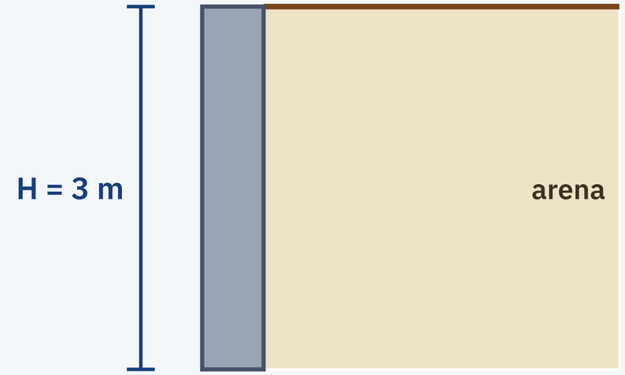
EJEMPLO

SE PIDE

K_p de **Lancellotta** paso a paso; valor de P_p de las cinco soluciones y su ordenación.

Datos

Muro y terreno	**Muro del Ejemplo 2:** $H = 3$ m, $\gamma = 15.7\ \mathrm{kN/m^3}$, $\varphi' = 30°$, $\delta' = 15°$



γ = 15.7 kN/m³, φ′ = 30°, δ′ = 15° (pasivo)

Solución (1/2)

SOLUCIÓN

1 Lancellotta (cota inferior): 2θ y K_p

$$2\theta = \sin^{-1}\frac{\sin 15^\circ}{\sin 30^\circ} + 15^\circ = 31.17^\circ + 15^\circ = 0.8059\ \text{rad}$$

$$K_p = \frac{\cos 15^\circ}{1-\sin 30^\circ}\left(\cos 15^\circ + 0.4278\right) e^{0.8059\tan 30^\circ}\frac{1}{\cos 15^\circ} = \mathbf{4.439}$$

Solución (2/2)

SOLUCIÓN

2 Cinco soluciones ($P_p = ½K_p(15.7)(9) = 70.65\ K_p$)

Solución	K_p	P_p (kN/m)
Coulomb (1776), superficie plana	4.977	351.6
Terzaghi y Peck (espiral logarítmica)	4.615	326.0
Shields & Tolunay (1973)	4.280	302.4
Zhu & Qian (2000)	4.575	323.2
Lancellotta (2002)	4.439	313.6

El método plano de Coulomb da el valor mayor (351.6 kN/m); las soluciones de superficie curva se agrupan en el intervalo de **302–326 kN/m**. Lancellotta (límite inferior) da 313.6 y la espiral logarítmica (límite superior), 326.0 kN/m.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Enunciado

EJEMPLO

Datos

Suelo	**arena, $\varphi' = 30°$; muro vertical, relleno horizontal**
Variable	$\delta' = 0°,\ 10°,\ 15°,\ 20°,\ 30°$

SE PIDE

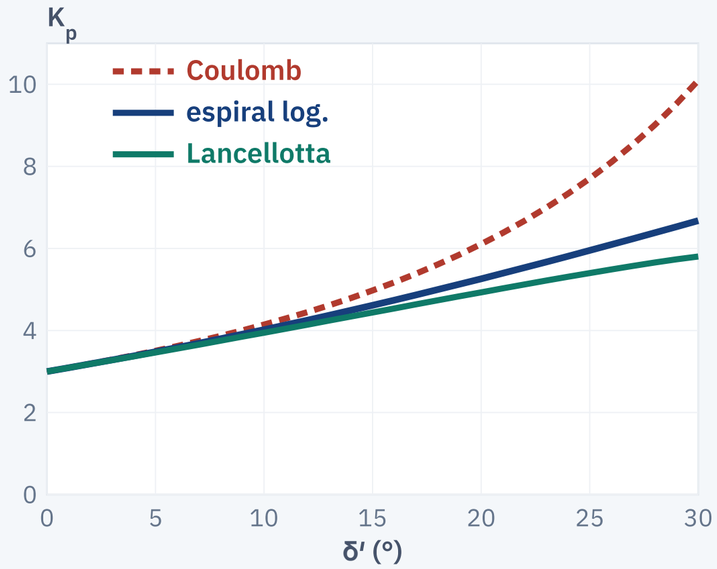
Para cada δ′, $\mathbf{K_p}$ (espiral log., Lancellotta, Coulomb) y el exceso de Coulomb.

Solución

SOLUCIÓN

1 Cuatro métodos para el mismo φ′ = 30°

δ′	Espiral log.	Lancellotta	Coulomb	Coulomb / espiral
0°	3.000	3.000	3.000	1.00
10°	4.020	3.946	4.143	1.03
15°	4.615	4.439	4.977	1.08
20°	5.260	4.930	6.105	1.16
30°	6.677	5.804	10.095	1.51



Para δ′ = 0, los tres coinciden con Rankine (3.00); al aumentar δ′, Coulomb supera rápidamente a la espiral: 8 % más para δ′ = 15°, 51 % más para δ′ = 30° (del lado de la inseguridad). En la práctica, para el empuje pasivo se emplea la espiral logarítmica o bien δ′ ≤ φ′/2.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Trasdós inclinado, superficie del terreno inclinada, sobrecarga, estrato y agua

TEORÍA

El módulo extiende la cuña de Terzaghi–Peck a un trasdós inclinado θ y a una superficie inclinada α: la región entre AC y la superficie se encuentra en estado pasivo de Rankine de la superficie inclinada; la espiral se traza sobre AC desde O; la espiral puede degenerar en un plano (el plano de Coulomb es también un mecanismo, y se toma el menor de los dos).

$$P_p = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_{p\gamma} + q_e H K_{pq} \qquad q_e = q\frac{\cos\theta}{\cos(\theta-\alpha)}$$

Las aportaciones del peso del terreno (H/3) y de la sobrecarga (H/2) se obtienen de sus propias cuñas de tanteo mínimas. En un relleno **estratificado**, cada estrato toma sus propios valores $K_{p\gamma}$, K_{pq}; el peso del terreno suprayacente actúa como una sobrecarga; **bajo el agua**, se añaden γ′ y u perpendicularmente al trasdós:

$$\sigma'_p = \left[K_{pq}\sigma'_{v,top} + K_{p\gamma}\left(\sigma'_v - \sigma'_{v,top}\right)\right]\cos\theta$$

Caso (δ′ = φ′ = 30°)	Ábacos de K_p (Caquot–Kerisel)	Módulo K_p	Diferencia
θ = 20°	3.84	3.82	−0.6 %
θ = 30°	2.76	2.80	+1.6 %
α/φ′ = 0.4 (α = 12°)	10.60	10.22	−3.6 %
α/φ′ = 0.8 (α = 24°)	15.10	14.51	−3.9 %

$K_p = K_{p\gamma}\cos^2\theta$ (en Caquot–Kerisel se toma la longitud del trasdós $H_1 = H/\cos\theta$ en lugar de H). Esta extensión a terrenos estratificados es una ampliación de ingeniería propia del módulo.

CAQUOT – KERISEL R′

Los ábacos de Caquot–Kerisel son para δ′ = φ′; para otro δ′, $K_p = R' K_{p(\delta'=\varphi')}$. Para φ′ = 30°, δ′/φ′ = 0.5, R′ = 0.746.

Enunciado

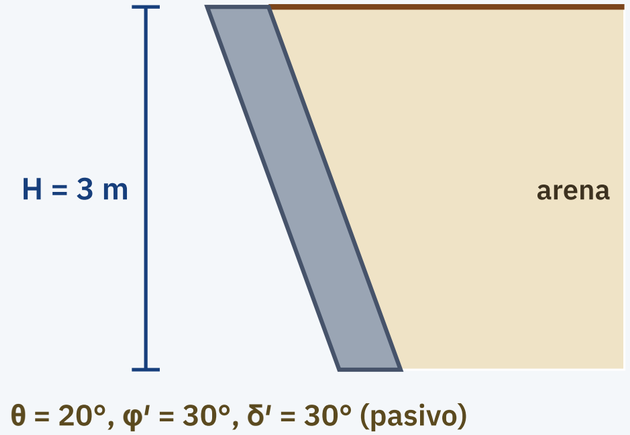
EJEMPLO

SE PIDE

$K_{p\gamma}$, P_p; comparación con K_p del ábaco; comparación con el muro de trasdós vertical.

Datos

Muro	$H = 3$ **m; trasdós inclinado** $\theta = 20^\circ$ **respecto de la vertical; relleno horizontal**
Suelo	**arena seca:** $\gamma = 15.7\ \mathrm{kN/m^3}$, $\varphi' = 30^\circ$; $\delta' = 30^\circ = \varphi'$



Solución

SOLUCIÓN

1 Coeficiente de la espiral (módulo; δ′ = φ′ = 30°, θ = 20°)

$$K_{p\gamma} = \mathbf{4.321} \qquad K_{pq} = 4.127$$

2 Fuerza y comparación con el ábaco

$$P_p = \tfrac{1}{2} K_{p\gamma} \gamma H^2 = \tfrac{1}{2}(4.321)(15.7)(9) = \mathbf{305.3}\ \mathrm{kN/m}$$

$$K_p = K_{p\gamma} \cos^2 20^\circ = 4.321(0.8830) = \mathbf{3.82}\ (\text{ábaco } 3.84)$$

P_p = **305.3 kN/m**; en el mismo suelo, un muro de trasdós vertical (θ = 0, δ′ = 30°) daría 471.8 kN/m: un trasdós inclinado 20° **reduce** la resistencia pasiva un 35%. La diferencia con el ábaco es del 0.6%.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Enunciado

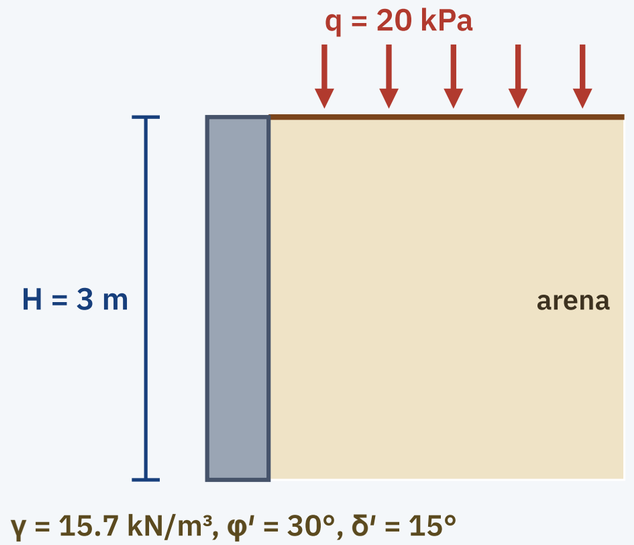
EJEMPLO

SE PIDE

Aportaciones del terreno y de la sobrecarga, $\mathbf{P_p}$ total y $\bar{\mathbf{z}}$.

Datos

Muro y terreno	**Muro del Ejemplo 2:** $H = 3$ **m,** $\gamma = 15.7\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 30°,\ \delta' = 15°$
Sobrecarga	$q = 20$ **kPa (en superficie horizontal)**



Solución

SOLUCIÓN

1 Coeficientes (módulo, δ′ = 15°)

$$K_{p\gamma} = \mathbf{4.615} \qquad K_{pq} = \mathbf{4.532} \qquad q_e = 20\ \mathrm{kPa}$$

2 Fuerzas: terreno (brazo H/3 = 1.00 m) + sobrecarga (brazo H/2 = 1.50 m)

$$P_\gamma = \tfrac{1}{2} K_{p\gamma} \gamma H^2 = 326.03\ \mathrm{kN/m}$$

$$P_q = K_{pq} q_e H = 4.532(20)(3) = 271.90\ \mathrm{kN/m}$$

3 Total y posición

$$P_p = 326.03 + 271.90 = \mathbf{597.94}\ \mathrm{kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{326.03(1.00) + 271.90(1.50)}{597.94} = \mathbf{1.23}\ \mathrm{m}$$

P_p = **597.9 kN/m**, $\bar{z}$ = **1.23 m** (sin sobrecarga, 1.00 m); la contribución de la sobrecarga es el 83 % de la del suelo.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Enunciado

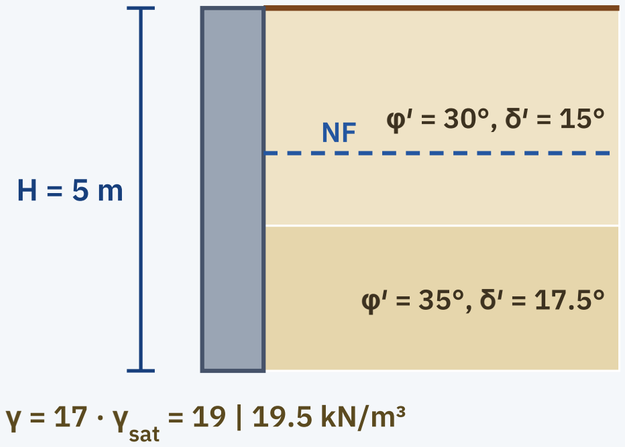
EJEMPLO

Datos

Muro	$H = 5$ **m, vertical; relleno horizontal; sin sobrecarga**
Estrato 1 (0–3 m)	$\gamma = 17,\ \gamma_{sat} = 19\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 30^\circ,\ \delta' = 15^\circ$
Estrato 2 (3–5 m)	$\gamma = 17,\ \gamma_{sat} = 19.5\ \mathrm{kN/m^3},\ \varphi' = 35^\circ,\ \delta' = 17.5^\circ$
Agua subterránea	**a 2 m de profundidad**

SE PIDE

Salto de presión en el contacto entre estratos, componentes, **P**, β y **z̄**.



Solución (1/2)

SOLUCIÓN

1 Coeficientes (módulo)

$$\text{estrato 1: } K_{p\gamma} = 4.615$$

$$\text{estrato 2: } K_{p\gamma} = 6.522,\ K_{pq} = 6.351$$

2 Tensiones: σ′$_v$(2) = 34; σ′$_v$(3) = 43.19; σ′$_v$(5) = 62.57 kPa

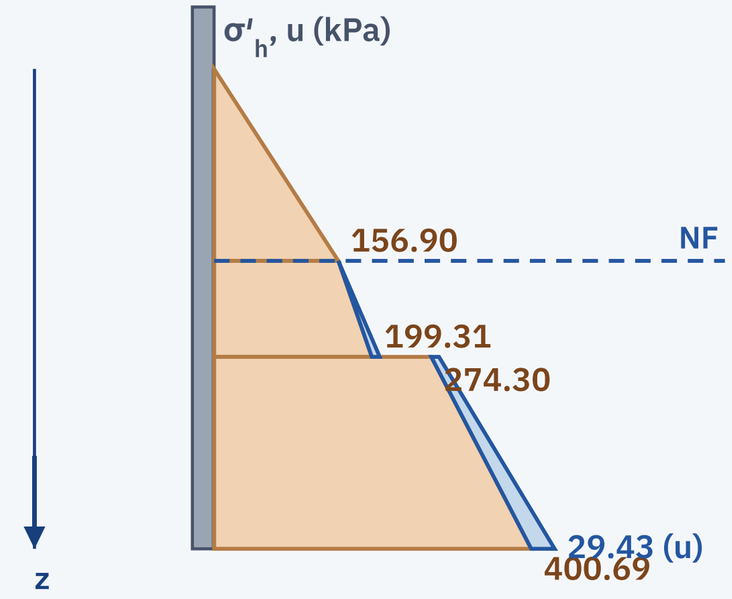
$$p(2) = 4.615(34) = 156.90$$

$$p(3^-) = 4.615(43.19) = 199.31$$

$$p(3^+) = K_{pq}\sigma'_v(3) = 6.351(43.19) = \mathbf{274.30}$$

$$p(5) = 274.30 + 6.522(19.38) = \mathbf{400.69}\ \text{kPa}$$

$$u(5) = \mathbf{29.43}\ \text{kPa}$$



Solución (2/2)

SOLUCIÓN

3 Fuerzas y componentes a lo largo del trasdós (con el δ′ del estrato)

$$P_s = 335.0 + 675.0 = 1{,}010.0\ \text{kN/m}$$

$$N_s = 967.3 \qquad T = 289.7\ \text{kN/m}$$

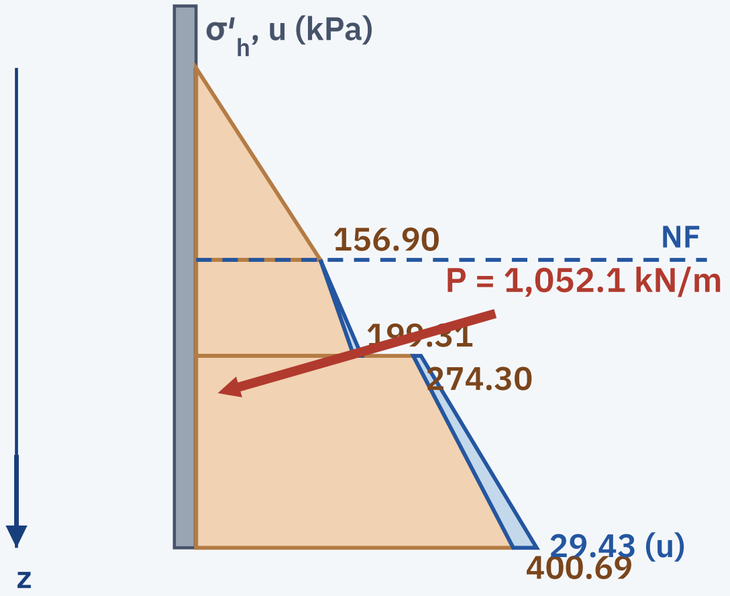
$$N_w = \tfrac{1}{2}(29.43)(3) = 44.15\ \text{kN/m}\ \text{(perpendicular a la cresta)}$$

4 Resultante y posición

$$N = N_s + N_w = 1{,}011.5 \qquad P = \sqrt{N^2 + T^2} = \mathbf{1{,}052.1}\ \text{kN/m}$$

$$\beta = \tan^{-1}\frac{T}{N} = 15.98^\circ \qquad \bar{z} = \mathbf{1.61}\ \text{m}$$

P = **1,052.1 kN/m**, β = 16.0°, a 1.61 m por encima de la base. La parte debida al agua es solo de 44.1 kN/m (4%): en el caso pasivo la resistencia del terreno es muy grande frente a la del agua; en el límite p salta de 199.3 a 274.3 kPa.



Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Alcance de la solución

TEORÍA

Suelo granular ($c' = 0$); para el empuje pasivo con cohesión, véanse los módulos de Rankine y de Coulomb.

La espiral logarítmica es el límite superior y Lancellotta el límite inferior; la resistencia real se sitúa entre ambos. El método plano de Coulomb resulta inseguro para valores grandes de δ'.

La **cuña generalizada** (trasdós inclinado, superficie inclinada, estrato, agua, sobrecarga) es la extensión de ingeniería del módulo; no existe una solución cerrada para suelos estratificados; las contribuciones del peso del terreno y de la sobrecarga se obtienen de sus propias cuñas mínimas.

Validez: $\alpha < \varphi'$; el trasdós y la superficie deben cortarse con un ángulo suficiente; si la espiral sale del suelo o su giro tiene sentido contrario, no hay mecanismo (el plano es el caso límite).

Para el **sismo** se utiliza el módulo de empuje pasivo sísmico.

Resumen

Puntos clave

En el caso pasivo, la cuña plana es insegura: con fricción muro-terreno, la superficie de rotura es curva (espiral) en el talón y plana cerca de la superficie (zona de Rankine)

Espiral: $r = r_0 e^{\omega \tan \varphi'}$; cada radio corta la curva con un ángulo φ' y la resultante pasa por O; área $(r_1^2 - r_0^2)/(4 \tan \varphi')$

Terzaghi–Peck: $P = (W\, l_W + P_d\, l_1)/l_P$; la P de la cuña de prueba **más pequeña** es la fuerza pasiva; $K_p = 2P_p/(\gamma H^2)$

Lancellotta (cota inferior, solución cerrada), espiral (cota superior); Coulomb da 5 veces más para $\varphi' = \delta' = 40°$

Cuña generalizada: $P = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 K_{p\gamma} + q_e H K_{pq}$; $K_p = K_{p\gamma}\cos^2\theta$ (definición del ábaco); estrato por estrato $\sigma' = [K_{pq}\sigma'_{v,sup} + K_{p\gamma}(\sigma'_v - \sigma'_{v,sup})]\cos\theta$

Muro de ejemplo ($H = 3$ m, $\varphi' = 30°$, $\delta' = 15°$): Coulomb 351.6 · espiral 326.0 · Lancellotta 313.6 kN/m

Referencias bibliográficas

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage Learning.

Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967). Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd ed. Wiley, New York.

Shields, D.H. and Tolunay, A.Z. (1973). Passive pressure coefficients by method of slices. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 99(SM12), 1043–1053.

Lancellotta, R. (2002). Analytical solution of passive earth pressure. Géotechnique, 52(8), 617–619.

Sokolowskiĭ, V.V. (1965). Statics of Granular Media. Pergamon, London.

Zhu, D.Y. and Qian, Q. (2000). Determination of passive earth pressure coefficients by the method of triangular slices. Canadian Geotechnical Journal, 37(2), 485–491.

Caquot, A. and Kerisel, J. (1948). Tables for the Calculation of Passive Pressure, Active Pressure and Bearing Capacity of Foundations. Gauthier-Villars, Paris.

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning.

NOTA

Todos los ejemplos numéricos se han obtenido con el propio motor de cálculo del módulo; el módulo da los mismos valores. El módulo se abre con el muro del Ejemplo 2-3 (H = 3 m, δ′ = 15°).

GeoTerva

Cálculos geotécnicos en línea

De la teoría a la práctica

Introducir en GeoTerva la inclinación del trasdós del propio muro, la inclinación del relleno, los estratos, la sobrecarga y el agua subterránea; el módulo proporciona conjuntamente la espiral crítica, P_p y la altura de aplicación.

Abrir el módulo →

Página de teoría →

Abrir en el teléfono
Los módulos de prueba no requieren registro.

Si desea utilizarlas en sus clases: info@geoterva.com