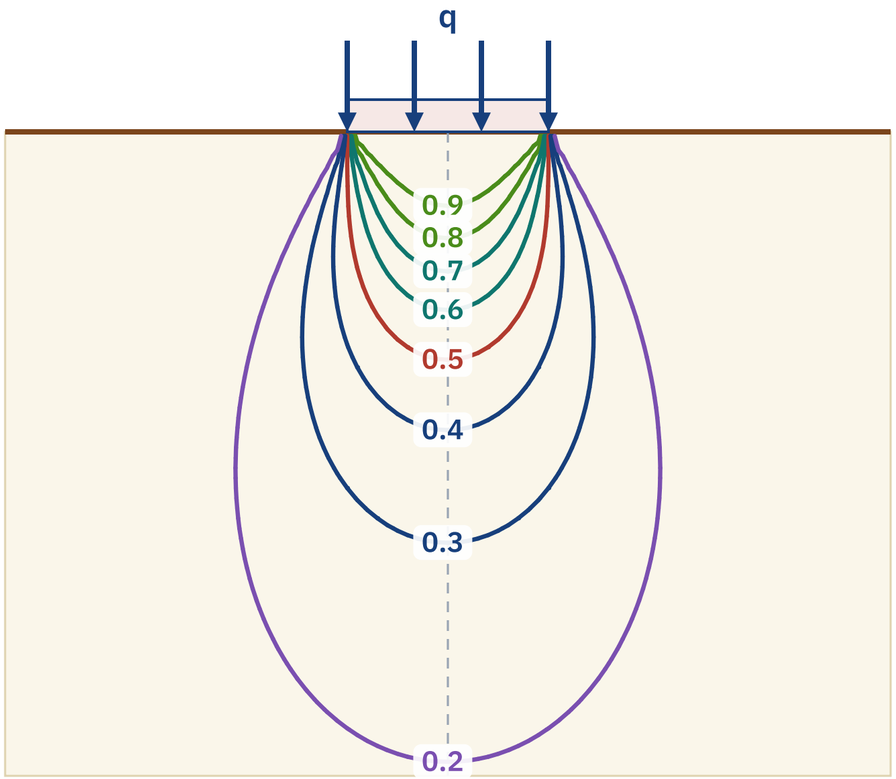
Presentación de clase de geotecnia · Tensiones en la masa de suelo

Tensión bajo una carga en franja vertical

Clase: carga en franja vertical flexible de longitud infinita; un punto a mano, perfiles en profundidad y horizontales, superposición.

- Integral de la carga lineal
- Forma angular
- Bulbo de tensiones
- Superposición
- Resoluble a mano



Introducción

¿Qué aprenderemos en esta clase?

- Incremento de tensión vertical bajo una **carga en franja**: una banda flexible de longitud infinita y ancho B que soporta una presión uniforme q; **la integral de la carga lineal a lo ancho**
- La forma cerrada con **arcotangente** y la **forma angular**; la **corrección de π** que se suma a la primera arcotangente cuando x < B/2
- Que la tensión depende únicamente de **x/B** y **z/B** y que nunca supera q; el **bulbo de tensiones** y la tabla de factores de influencia
- Un punto **a mano de principio a fin**; perfiles en profundidad y horizontales en tablas; varias franjas por **superposición**

DESARROLLO DE LA CLASE

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

1 · **Teoría**: fórmula y su justificación

2 · **Enunciado**: datos y se pide

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

Ejemplo: q = 100 kN/m², B = 4 m; el punto A está a x = 1 m lateralmente del eje, a una profundidad z = 1 m.

Carga en franja: ancho finito, longitud infinita

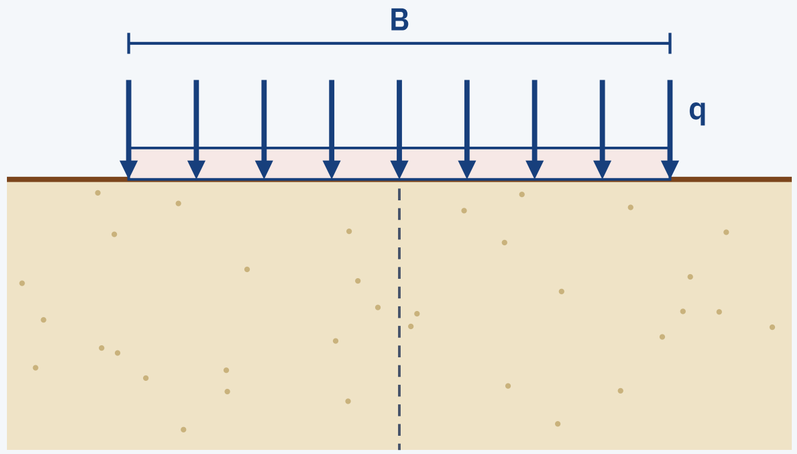
TEORÍA

Una cimentación alargada, la superficie superior de una carretera o de un terraplén, la base de un muro: muchas cargas son largas en una dirección y de ancho finito en la otra. La **carga en franja** las modela

Franja flexible: ancho B, longitud infinita, presión vertical uniforme q. La tensión es la misma en todas las secciones; el problema es de **deformación plana** (bidimensional)

Sea cual sea el asentamiento, la presión se mantiene igual a q en todo el ancho; una cimentación rígida redistribuiría esta presión

El suelo es un medio semiinfinito **homogéneo, isótropo y elástico lineal**. $\Delta\sigma_z$ es solo el incremento debido a la carga; el peso del terreno suprayacente se añade por separado



Sección: la franja se extiende indefinidamente en la dirección y; la misma tensión en cada sección (deformación plana)

De la carga lineal a la franja

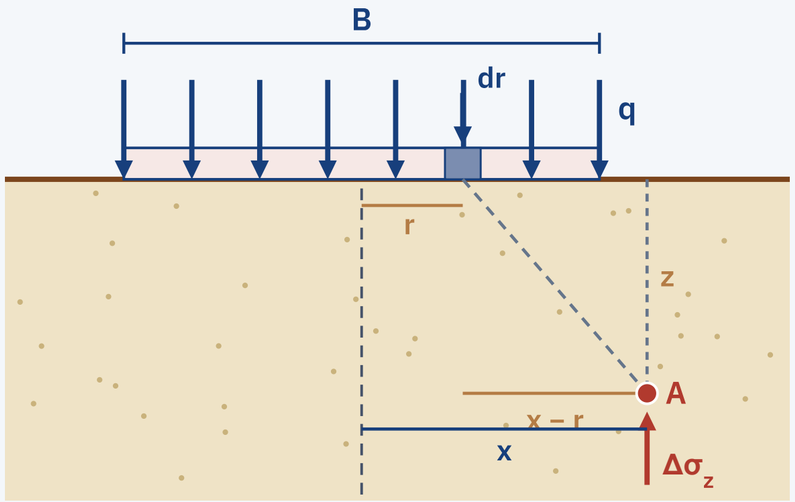
TEORÍA

Una franja elemental de ancho dr soporta por unidad de longitud una carga **q dr** y actúa como una **carga lineal**; su distancia horizontal al punto A es x − r

$$d\sigma_z = \frac{2\,(q\,dr)\,z^3}{\pi\,[(x-r)^2+z^2]^2}$$

La franja completa es la suma de estas cargas lineales entre r = −B/2 … +B/2

$$\Delta\sigma_z = \int_{-B/2}^{+B/2} \frac{2q}{\pi}\,\frac{z^3}{[(x-r)^2+z^2]^2}\,dr$$



Forma cerrada de la integral

TEORÍA

Se toma u = x − r; la **primitiva** de 1/(u² + z²)² es (q/π)[tan⁻¹(u/z) + z u/(u² + z²)]. Al evaluar la integral entre los límites u = x − B/2 y u = x + B/2 se obtiene la **forma con arcotangente**

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left\{\tan^{-1}\frac{z}{x-B/2} - \tan^{-1}\frac{z}{x+B/2} - \frac{B\,z\,[x^2 - z^2 - B^2/4]}{[x^2 + z^2 - B^2/4]^2 + B^2 z^2}\right\}$$

Las arcotangentes están en **radianes**; $\Delta\sigma_z$ es la misma en las posiciones +x y −x (la franja es simétrica respecto de su eje)

Tal como está escrita, la ecuación es válida para x ≥ B/2. Para 0 ≤ x < B/2 la primera arcotangente resulta negativa y se sustituye por **π + tan⁻¹[z/(x − B/2)]**; exactamente en x = B/2 vale π/2

Verificación numérica (q = 100, B = 4, x = 1, z = 1): la integral numérica de la solución de la carga lineal a lo ancho de la franja es **90.2232 kPa**; la forma cerrada, **90.2232 kPa**

La tensión depende únicamente de los ángulos

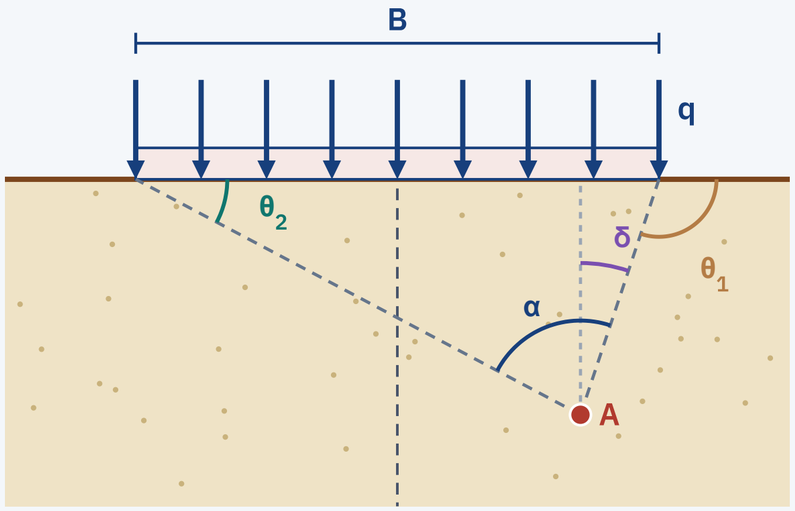
TEORÍA

El mismo resultado se expresa con los ángulos de la figura. θ se mide desde la superficie; α = $\theta_1 - \theta_2$ es el ángulo bajo el cual se ve la franja desde A. **δ** es el ángulo entre la vertical y la recta trazada desde A hasta el borde +B/2: δ = 90° − θ_1 (negativo bajo la franja)

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha\,\cos(\alpha + 2\delta)\right]$$

$$F(u) = \tan^{-1}\frac{u}{z} + \frac{zu}{u^2+z^2} = \varphi + \tfrac{1}{2}\sin 2\varphi \quad (u = z\tan\varphi)$$

La tensión depende únicamente de **x/B y z/B** y **no supera q**: en la superficie, bajo la franja, α = π y $\Delta\sigma_z$ = q; junto a la franja α = 0



Bajo el eje y bajo el borde

TEORÍA

Bajo el eje (x = 0; b = B/2) la ecuación se reduce a un solo término; **bajo el borde** (x = b) la primera arcotangente vale π/2 y en la superficie $\Delta\sigma_z = q/2$

$$\left.\frac{\Delta\sigma_z}{q}\right|_{x=0} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right]$$

$$\left.\frac{\Delta\sigma_z}{q}\right|_{x=b} = \frac{1}{\pi}\left[\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\frac{z}{B} + \frac{Bz}{B^2+z^2}\right]$$

2z/B	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0
Bajo el eje (2x/B = 0)	0.959	0.818	0.550	0.396	0.306	0.208
Bajo el borde (2x/B = 1)	0.497	0.480	0.409	0.334	0.275	0.198

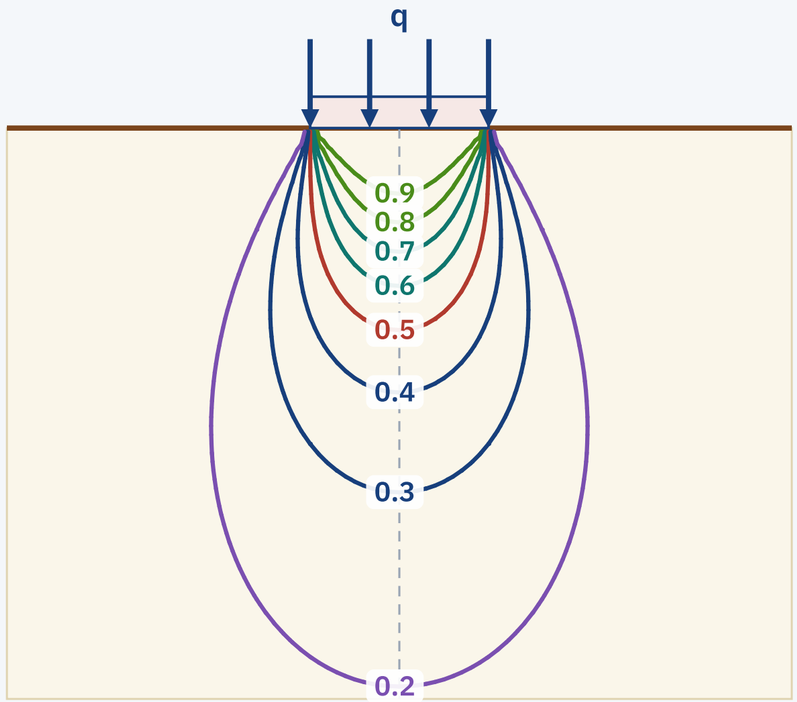
Curvas de isovalores: $\Delta\sigma_z/q$

TEORÍA

Bajo el eje, la tensión desciende a la mitad de q a una profundidad de aproximadamente **z = 1.1B**, a la quinta parte a **3.1B** y solo a la décima parte a **6.3B**

Las isolíneas de valores 0.6 – 0.9 se concentran bajo la franja en la zona próxima a la superficie: el conocido **bulbo de presiones**

Al dividir las distancias entre B, las curvas son **las mismas para cada franja**: un único diagrama dibujado con x/B y z/B es válido para cualquier q y B



Valores de $\Delta\sigma_z/q$

TEORÍA

2z/B \ 2x/B	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
0.0	1.000	1.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000
0.5	0.959	0.902	0.497	0.089	0.019	0.006	0.003
1.0	0.818	0.735	0.480	0.214	0.084	0.036	0.017
1.5	0.668	0.607	0.448	0.271	0.146	0.077	0.042
2.0	0.550	0.510	0.409	0.288	0.185	0.114	0.071
2.5	0.462	0.436	0.370	0.285	0.205	0.141	0.095
3.0	0.396	0.379	0.334	0.274	0.211	0.157	0.114
3.5	0.345	0.334	0.302	0.258	0.210	0.165	0.127
4.0	0.306	0.298	0.275	0.242	0.205	0.168	0.134
5.0	0.248	0.244	0.231	0.212	0.188	0.164	0.139
6.0	0.208	0.206	0.198	0.186	0.171	0.154	0.136

$\Delta\sigma_z = q \cdot$ (valor de la tabla). Cada valor de la tabla procede de la misma ecuación; la fila z = 0 es la superficie (1 bajo la franja, 0.5 en el borde, 0 fuera).

Superposición

TEORÍA

Como el suelo es **elástico**, la tensión de cada franja se calcula por separado y se suman. Cada franja se define con su propio q, B y eje; en el módulo se introducen como máximo ocho franjas

Las franjas **no pueden solaparse**: dos pueden coincidir en un borde. La tensión de cada franja se obtiene con **su propio valor de x**, es decir, con la distancia del punto A al eje de dicha franja

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \Delta\sigma_{z(k)} \qquad x_k = x_A - x_{c,k}$$

$\Delta\sigma_{z(k)}$ se calcula con la ecuación anterior (q_k, B_k, x_k, z); por simetría solo se necesita $|x_k|$

Enunciado

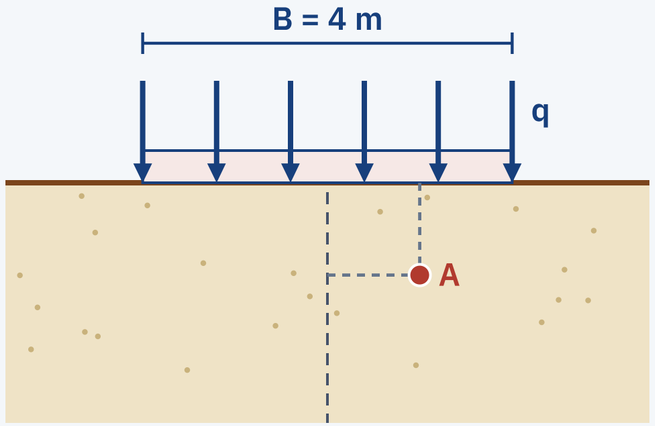
EJEMPLO

Datos

Carga en franja	**Flexible, vertical: $q = 100$ kN/m², $B = 4$ m ($b = B/2 = 2$ m); línea del eje $x = 0$**
Punto A	**A $x = 1$ m a un lado del eje, a una profundidad de $z = 1$ m (bajo la franja)**

SE PIDE

$\Delta\sigma_z$ y **$\Delta\sigma_z/q$**: primero con la forma cerrada (arcotangente) y después verificación con la **forma angular**.



Solución (1/3)

SOLUCIÓN

1 Semiancho y distancias del punto A a los bordes

$$b = \frac{B}{2} = 2\ \text{m} \qquad x - b = 1 - 2 = -1\ \text{m} \qquad x + b = 1 + 2 = 3\ \text{m}$$

$$\frac{2x}{B} = 0.5 \qquad \frac{2z}{B} = 0.5$$

2 Como x < B/2, la primera arcotangente es negativa; se suma π

$$\tan^{-1}\frac{z}{x-b} = \tan^{-1}\frac{1}{-1} = -0.7854 \;\Rightarrow\; A_1 = \pi + (-0.7854) = \mathbf{2.3562}$$

$$A_2 = \tan^{-1}\frac{z}{x+b} = \tan^{-1}\frac{1}{3} = \mathbf{0.3218}$$

El punto A está **bajo** la franja (|x| = 1 m < B/2 = 2 m). Por ello es necesaria la corrección de π en la primera arcotangente; A_1 = 2.3562 y A_2 = 0.3218 rad.

Solución (2/3)

SOLUCIÓN

3 Tercer término (algebraico)

$$T = \frac{B\,z\,(x^2 - z^2 - b^2)}{(x^2 + z^2 - b^2)^2 + B^2 z^2} = \frac{4(1)(1 - 1 - 4)}{(1 + 1 - 4)^2 + 16(1)} = \frac{-16}{20} = \mathbf{-0.8000}$$

4 Valor de influencia y tensión

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = \frac{1}{\pi}\left[2.3562 - 0.3218 - (-0.8)\right] = \mathbf{0.9022}$$

$$\Delta\sigma_z = 0.9022\,(100) = \mathbf{90.22}\ \mathrm{kPa}$$

$\Delta\sigma_z$ = 90.22 kPa: la tensión en el punto A es el **90.2** % de la presión en la superficie ($\Delta\sigma_z/q$ = 0.9022). La tensión no supera q = 100 kPa.

Solución (3/3)

SOLUCIÓN

5 Ángulos: θ desde la superficie, δ desde la vertical

$$\theta_1 = 135.00^\circ \quad (x - b < 0) \qquad \theta_2 = \tan^{-1}\frac{z}{x+b} = 18.43^\circ$$

$$\alpha = \theta_1 - \theta_2 = 116.57^\circ = 2.0344 \text{ rad}$$

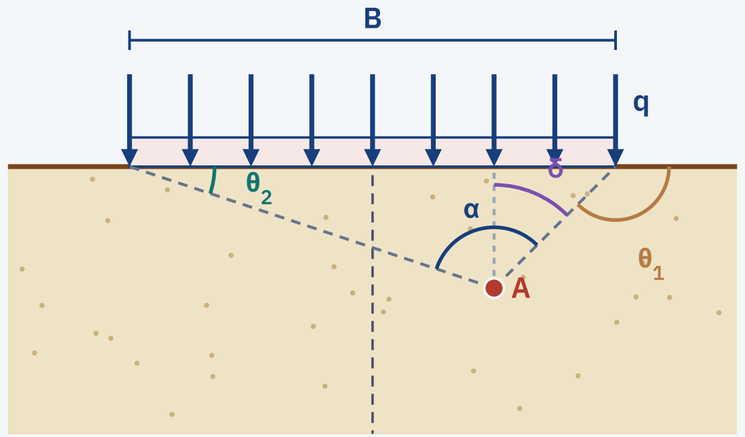
$$\delta = 90^\circ - \theta_1 = -\mathbf{45}^\circ$$

6 Forma angular

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha\cos(\alpha + 2\delta)\right]$$

$$= \frac{100}{\pi}\left[2.0344 + (0.8944)\cos(26.57^\circ)\right]$$

$$= \frac{100}{\pi}(2.8344) = \mathbf{90.22}\ \text{kPa}$$



Las dos formas dan el **mismo resultado**: $\Delta\sigma_z$ = 90.22 kPa.

El módulo da el mismo valor; la forma angular muestra que la tensión depende únicamente de los ángulos, es decir, de x/B y z/B.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Enunciado

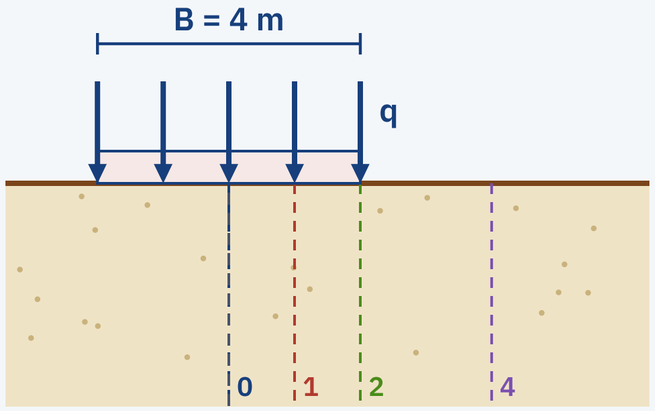
EJEMPLO

Datos

Carga en franja	$q = 100$ **kN/m²,** $B = 4$ **m, línea de eje** $x = 0$ **(la franja del ejemplo 1)**
Rectas	$x = 0$ **(eje),** $x = 1$ **m (recta de A),** $x = 2$ **m (borde),** $x = 4$ **m (2 m más allá del borde)**
Profundidad	$z = 0.5$ **…** 12 **m**

SE PIDE

Variación de $\Delta\sigma_z$ con la profundidad a lo largo de cada recta; profundidades bajo el eje a las que la tensión es **q/2, q/5, q/10**.

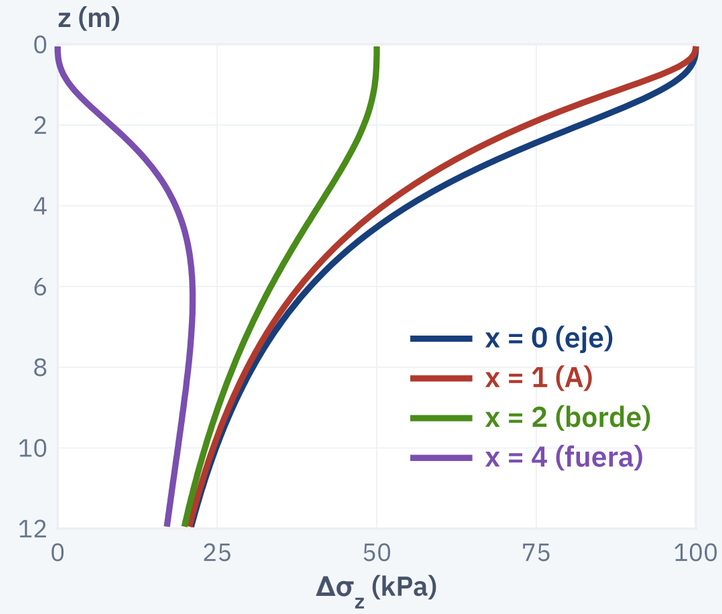


Solución (1/2)

SOLUCIÓN

z (m)	2z/B	x = 0 (eje)	x = 1 m (A)	x = 2 m (borde)	x = 4 m (exterior)
0.5	0.250	99.38	97.88	49.96	0.30
1.0	0.500	95.95	**90.22**	49.69	1.93
1.5	0.750	89.59	81.38	49.04	4.90
2.0	1.000	81.83	73.47	47.97	8.39
3.0	1.500	66.82	60.71	44.80	14.57
4.0	2.000	54.98	51.05	40.92	18.48
5.0	2.500	46.18	43.65	37.00	20.45
6.0	3.000	39.58	37.91	33.41	21.12
8.0	4.000	30.58	29.76	27.49	20.47
10.0	5.000	24.81	24.36	23.09	18.84
12.0	6.000	20.84	20.57	19.79	17.07

Bajo el eje, la tensión disminuye lentamente desde la superficie hacia abajo (20.8 kPa a z = 12 m); **bajo el borde**, en la superficie es muy próxima a q/2 (50.0 kPa) y luego disminuye; en la **recta exterior**, la tensión primero aumenta, alcanza su máximo hacia z ≈ 6 m (21.1 kPa) y después disminuye.



Solución (2/2)

SOLUCIÓN

1 Bajo el eje la ecuación se reduce a un solo término (x = 0, b = B/2 = 2 m)

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right] \qquad z = 1.132B = 4.53\ \text{m} \Rightarrow \frac{2}{\pi}[0.4159 + 0.3695] = \mathbf{0.500}$$

2 Valores de la ecuación a tres profundidades

Valor de influencia	z/B	z (m)	$\tan^{-1}(b/z)$	$bz/(b^2+z^2)$	$\Delta\sigma_z/q$	$\Delta\sigma_z$ (kPa)
q/2	1.132	4.53	0.4159	0.3695	**0.500**	50.00
q/5	3.130	12.52	0.1584	0.1558	**0.200**	20.00
q/10	6.340	25.36	0.0787	0.0784	**0.100**	10.00

Bajo el eje, la tensión desciende a q/2 a **z = 1.13B = 4.5 m**, a q/5 a **3.13B = 12.5 m** y a q/10 a **6.34B = 25.4 m**: el suelo sigue sometido a carga hasta una profundidad de varias veces el ancho de la franja.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Enunciado

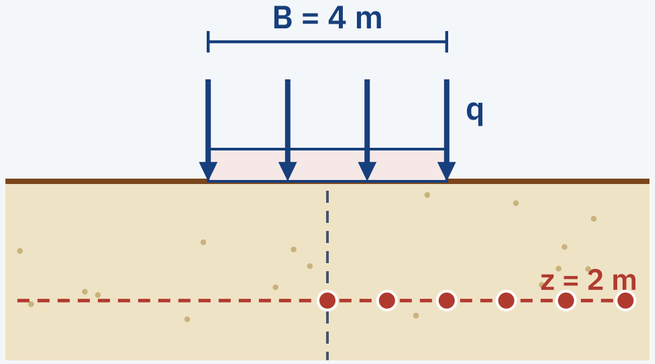
EJEMPLO

Datos

Carga en franja	$q = 100$ **kN/m²,** $B = 4$ **m,** $x = 0$ **(**$b = 2$ **m)**
Recta	**recta horizontal a** $z = 2$ **m de profundidad; puntos** $x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8$ **m**
Cálculo manual	**bajo el borde** $x = b = 2$ **m y fuera de la franja** $x = 3$ **m**

SE PIDE

Calcular a mano $\Delta\sigma_z$ **bajo el borde** (x = B/2) y **fuera de la franja** (x = 3 m); el perfil horizontal completo en z = 2 m; la comparación entre x = −3 m y x = +3 m.



Solución (1/3)

SOLUCIÓN

1 x = b = 2 m, z = 2 m: la primera arcotangente es exactamente π/2

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{z}{x-b} = \tan^{-1}\frac{2}{0} = \frac{\pi}{2} = 1.5708 \qquad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{4} = 0.4636$$

$$T = \frac{4(2)(4-4-4)}{(4+4-4)^2+16(4)} = \frac{-32}{80} = -0.4$$

2 Valor de influencia y tensión

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{\pi}\left[1.5708 - 0.4636 - (-0.4)\right] = \mathbf{0.4797}$$

$$\Delta\sigma_z = 0.4797\,(100) = \mathbf{47.97}\ \text{kPa}$$

Bajo el borde, la tensión desciende desde q/2 en la superficie hasta **47.97 kPa** (el 48.0% de q) a una profundidad de z = 2 m. Exactamente en el borde, la primera arcotangente vale π/2; no es necesaria la corrección de π.

Solución (2/3)

SOLUCIÓN

3 x = 3 m > b: ambas arcotangentes se toman directamente (x − b = 1, x + b = 5)

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{2}{1} = 1.1071 \qquad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{5} = 0.3805$$

$$T = \frac{4(2)(9-4-4)}{(9+4-4)^2+16(4)} = \frac{8}{145} = 0.0552$$

4 Valor de influencia y tensión

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{\pi}\left[1.1071 - 0.3805 - 0.0552\right] = \mathbf{0.2137}$$

$$\Delta\sigma_z = 0.2137\,(100) = \mathbf{21.37}\ \text{kPa}$$

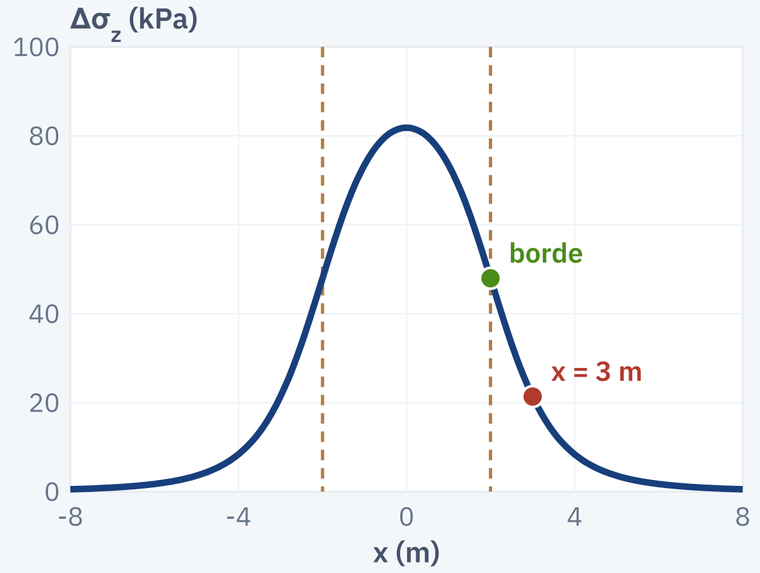
A **1 m fuera** de la franja (x = 3 m) la tensión es de 21.37 kPa; en este punto no hay carga, pero el terreno transmite tensión. Por simetría, para x = −3 m también se obtiene **21.37 kPa** (el módulo da el mismo valor).

Solución (3/3)

SOLUCIÓN

x (m)	2x/B	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_z/q$	Posición
0	0.00	81.83	0.8183	eje
1	0.50	73.47	0.7347	bajo la franja
2	1.00	47.97	0.4797	borde
3	1.50	21.37	0.2137	en el exterior
4	2.00	8.39	0.0839	en el exterior
5	2.50	3.58	0.0358	en el exterior
6	3.00	1.72	0.0172	en el exterior
8	4.00	0.53	0.0053	en el exterior

La tensión es máxima en el eje (81.8 kPa), disminuye hasta 48.0 kPa en el borde (aproximadamente la mitad de q) y se extingue con rapidez fuera de la franja: 0.53 kPa en x = 8 m. El perfil es **simétrico** respecto al eje x = 0.



Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Enunciado

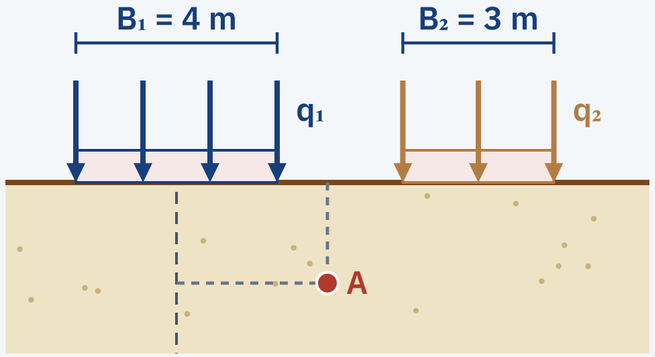
EJEMPLO

Datos

1.ª franja	$q_1 = 100$ **kN/m², $B_1 = 4$ m, línea del eje** $x_{c1} = 0$ **(–2 … 2 m)**
2.ª franja	$q_2 = 60$ **kN/m², $B_2 = 3$ m, línea de eje** $x_{c2} = 6$ **m (4.5 … 7.5 m)**
Punto A	$x = 3$ **m,** $z = 2$ **m (entre las dos franjas)**

SE PIDE

Tensión de cada franja en A y **$\Delta\sigma_z$ total**; variación de la tensión con la profundidad bajo A.



Solución (1/2)

SOLUCIÓN

1 Franja 1: $x_1 = 3 - 0 = 3$ m, $b = 2$ m ($x > b$)

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{2}{1} = 1.1071 \quad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{5} = 0.3805 \quad T = \frac{4(2)(1)}{9^2+64} = 0.0552$$

$$\Delta\sigma_{z(1)} = \frac{100}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = 0.2137\,(100) = \mathbf{21.37}\ \text{kPa}$$

2 Franja 2: $x_2 = 3 - 6 = -3$ m ($|x_2| = 3$ m), $b = 1.5$ m

$$A_1 = \tan^{-1}\frac{2}{1.5} = 0.9273 \quad A_2 = \tan^{-1}\frac{2}{4.5} = 0.4182 \quad T = \frac{3(2)(2.75)}{(10.75)^2+36} = 0.1089$$

$$\Delta\sigma_{z(2)} = \frac{60}{\pi}\left[A_1 - A_2 - T\right] = 0.1274\,(60) = \mathbf{7.64}\ \text{kPa}$$

3 Superposición

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} + \Delta\sigma_{z(2)} = 21.37 + 7.64 = \mathbf{29.02}\ \text{kPa}$$

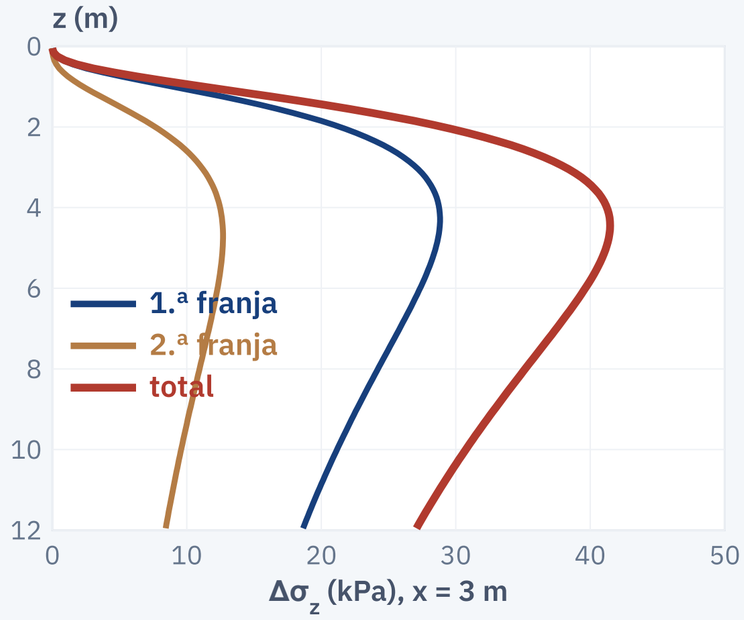
$\Delta\sigma_z$ = 29.02 kPa en total; el módulo da el mismo valor. La contribución de la franja 2 es el 26 % del total.

Solución (2/2)

SOLUCIÓN

z (m)	1.ª franja (kPa)	2.ª franja (kPa)	Total (kPa)	contribución de la franja 2
1	8.92	2.28	**11.21**	20 %
2	21.37	7.64	**29.02**	26 %
3	27.05	11.09	**38.14**	29 %
4	28.76	12.47	**41.24**	30 %
6	27.35	12.28	**39.63**	31 %
8	24.21	10.95	**35.16**	31 %
12	18.59	8.41	**26.99**	31 %

Bajo A, la tensión total es máxima a z ≈ 4.5 m (41.5 kPa) y después disminuye. En el estrato próximo a la superficie predomina la franja 1; en profundidad, las contribuciones de las dos franjas se aproximan (a z = 12 m, la contribución de la franja 2 es del 31 %).



Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Enunciado

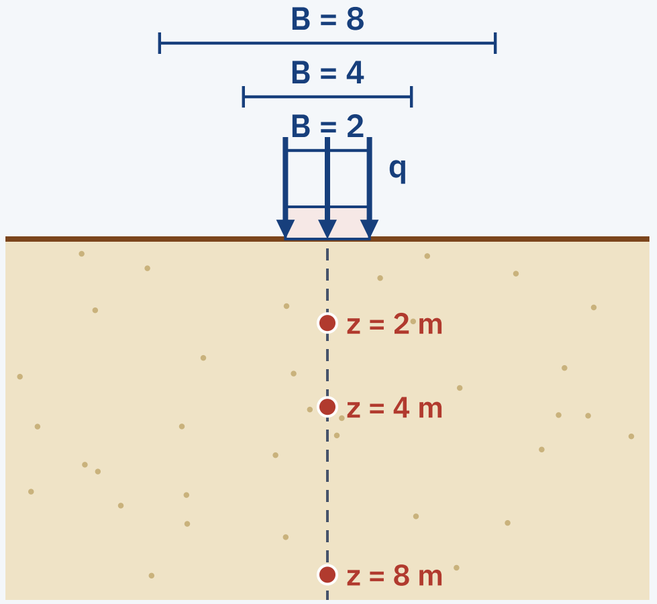
EJEMPLO

Datos

Efecto del ancho	**igual** $q = 100$ **kN/m²;** $B = 2,\ 4,\ 8$ **m; bajo el eje** $z = 2,\ 4,\ 8$ **m**
Franja estrecha	**intensidad de carga constante** $P = qB = 100$ **kN/m;** $B = 2,\ 1,\ 0.5,\ 0.1$ **m; punto** $x = 2$ **m,** $z = 2$ **m**
Comparación	**carga lineal:** $\Delta\sigma_z = 2Pz^3/[\pi(x^2 + z^2)^2]$

SE PIDE

Mostrar que la tensión es la misma cuando **z/B** es el mismo; ver que, al estrecharse la franja, el resultado se aproxima al valor de la **carga lineal**.



Solución (1/2)

SOLUCIÓN

1 Bajo el eje, B = 2 m, z = 2 m (z/B = 1; b = 1 m)

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{1}{2} + \frac{1(2)}{1+4}\right] = \frac{2}{\pi}\left[0.4636 + 0.4\right] = 0.5498 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{54.98}\ \text{kPa}$$

2 Tres anchos, tres profundidades (bajo el eje, kPa)

B (m)	z = 2 m	z = 4 m	z = 8 m
2	54.98 (z/B = 1.00)	30.58 (z/B = 2.00)	15.75 (z/B = 4.00)
4	81.83 (z/B = 0.50)	54.98 (z/B = 1.00)	30.58 (z/B = 2.00)
8	95.95 (z/B = 0.25)	81.83 (z/B = 0.50)	54.98 (z/B = 1.00)

La tensión depende **solo de z/B**: B = 2 m, z = 2 m; B = 4 m, z = 4 m y B = 8 m, z = 8 m dan siempre **54.98 kPa**. Con la misma q, **una franja más ancha actúa a mayor profundidad**: en z = 8 m, 15.8 kPa para B = 2 m y 55.0 kPa para B = 8 m.

Solución (2/2)

SOLUCIÓN

3 Solución de carga lineal (P = 100 kN/m; x = 2 m, z = 2 m)

$$\Delta\sigma_z = \frac{2Pz^3}{\pi(x^2+z^2)^2} = \frac{2(100)(2)^3}{\pi(4+4)^2} = \frac{1{,}600}{201.06} = \mathbf{7.958}\ \text{kPa}$$

4 Franjas cada vez más estrechas con el mismo P = qB (forma cerrada, mismo punto)

B (m)	q = P/B (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (franja, kPa)	Diferencia respecto a la carga lineal
2.0	50	9.242	%16.1
1.0	100	8.287	%4.1
0.5	200	8.041	%1.0
0.1	1,000	7.961	%0.0
→ **0**	→ ∞	**7.958** (carga lineal)	0

Al disminuir B, la solución de la franja se aproxima desde **9.24 kPa** al valor de la carga lineal, **7.96 kPa**; para B = 0.1 m la diferencia es solo del 0.04%. La carga lineal es el límite de la carga en franja cuando B → 0.

Comprobar la solución en GeoTerva ↗

Resumen

Puntos clave

Forma cerrada: $\Delta\sigma_z = (q/\pi)\{\tan^{-1}[z/(x - B/2)] - \tan^{-1}[z/(x + B/2)] - Bz[x^2 - z^2 - B^2/4] / ([x^2 + z^2 - B^2/4]^2 + B^2z^2)\}$; para $x < B/2$ se suma π al primer arcotangente

Forma angular: $\Delta\sigma_z = (q/\pi)[\alpha + \sin\alpha \cos(\alpha + 2\delta)]$; $\alpha = \theta_1 - \theta_2$, $\delta = 90° - \theta_1$. La tensión depende solo de **x/B y z/B**, y no supera q; en la superficie vale q bajo la franja, q/2 en el borde y 0 fuera

Ejemplo (q = 100 kN/m², B = 4 m; A: x = 1, z = 1 m): A_1 2.3562, A_2 0.3218, T -0.8 → $\Delta\sigma_z/q$ = **0.9022**; **$\Delta\sigma_z$ = 90.22 kPa**; la forma angular da lo mismo

Bulbo de tensiones: bajo el eje, las profundidades correspondientes a q/2, q/5, q/10 son 1.13B, 3.13B, 6.34B. **Superposición**: cada franja con su propio valor de x; en el ejemplo de dos franjas, 21.37 + 7.64 = **29.02 kPa**

Límites: el mismo z/B da la misma tensión; cuando B → 0 con P = qB constante, la franja tiende a la solución de la carga lineal

Referencias bibliográficas

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th 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 q = 100 kN/m², B = 4 m y A (x = 1 m, z = 1 m).

GeoTerva

Cálculos geotécnicos en línea

De la teoría a la práctica

Introducir en GeoTerva las franjas propias (q, B, línea de eje) y el punto A; el módulo proporciona conjuntamente la tensión, las curvas de igual tensión, el perfil en profundidad, la solución paso a paso y el informe.

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