



Universidad de Sucre  
INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA



# CURSO DE GEOTECNIA I

(Código: 236161)

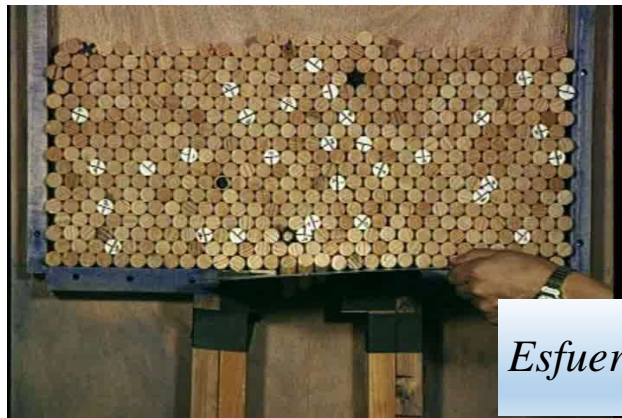
M. Sc. Carlos Medina  
Departamento de Ingeniería Civil  
Universidad de Sucre



Universidad de Sucre  
INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA



## ESFUERZOS EN EL SUELO



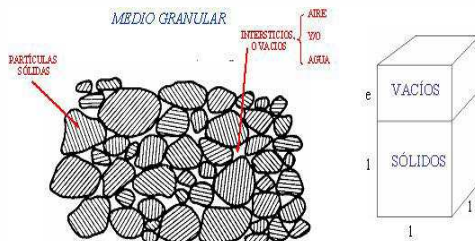
$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}}$$

El concepto de esfuerzo es indispensable para explicar el comportamiento ingenieril de los suelos ante la aplicación de fuerzas.





## ESFUERZOS EN EL SUELO



Los suelos están compuestos de una masa sólida y de vacíos, la cual puede estar parcialmente llena de agua.

En particular es importante saber como se relacionan los esfuerzos que actúan en un cuerpo con los que se desarrollan dentro del esqueleto del suelo (granos) y del fluido intersticial (agua en los poros)

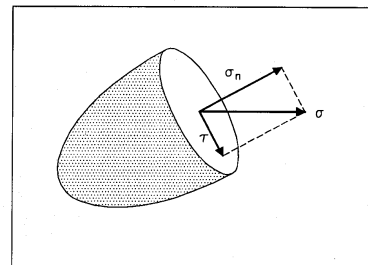
A qué tipo de esfuerzos puede estar sometido un elemento de suelo?



## ESFUERZOS EN EL SUELO

En ingeniería geotécnica, cuando hablamos del concepto de esfuerzo lo hacemos en el contexto de fuerza por unidad de área.

$$\text{Esfuerzo} = \frac{F}{A}$$



Vector de esfuerzos

sus componentes  $\sigma_n$  y  $\tau$

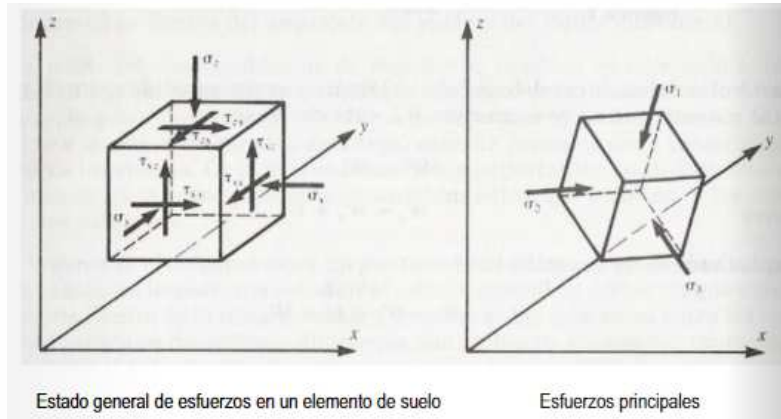
$\sigma_n$ : Esfuerzo Normal

$\tau$ : Esfuerzo Cortante





## ESFUERZOS EN EL SUELO

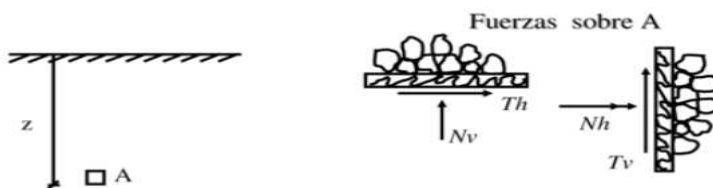


Estado general de esfuerzos en un elemento de suelo

Esfuerzos principales



## Esfuerzos en una masa de suelo



$\sigma_v$  { **Esfuerzos Normales**  
 $\sigma_h$  { **Vertical y horizontal**

$$\sigma_v = \frac{N_v}{a \cdot 2} \quad \sigma_h = \frac{N_h}{a \cdot 2}$$

$\tau_v$  { **Esfuerzos**  
 $\tau_h$  { **Tangenciales**  
**Vertical y horizontal**

$$\tau_h = \frac{T_h}{a \cdot 2} \quad \tau_v = \frac{T_v}{a \cdot 2}$$





## ESFUERZOS EN EL SUELO

Por otro lado, Los esfuerzos en una masa de suelo dada no son los mismos en todas las direcciones.

Es importante estudiar el estado general de esfuerzos en un punto de la masa de suelo y su relación con los esfuerzos actuantes en otras direcciones.

En ingeniería en muchas ocasiones se hace énfasis en los esfuerzos generados a partir de las fuerzas verticales y horizontales tales como: la gravedad, inmersión y la filtración del agua.

La relación entre los esfuerzos horizontales y verticales está dada por:

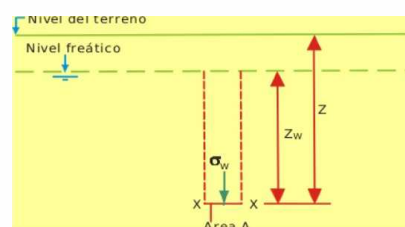
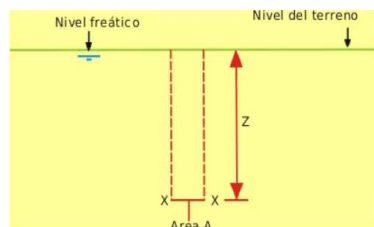
$$K_0 = \frac{\sigma'_H}{\sigma'_V}$$

$K_0$  es el coeficiente de presión lateral de tierras



## Esfuerzos geoestáticos (Esf. Vertical)

Esfuerzo de sobrecarga ocasionado en la dirección vertical por la aceleración de la gravedad sobre la masa de suelo situada por encima de la partícula.



Depósito de suelo homogéneo con sup. Horizontal.

Esf. Cortante sobre los planos verticales son cero.

Solo esf. Vertical y horizontal.





## Esfuerzos geostáticos (Esfuerzo Vertical)

Considerando el plano XX, con un área A, localizado a una profundidad Z.

El esfuerzo de sobrecarga sobre el plano es igual al peso de la columna de suelo situada por encima.

$$\sigma_v = \frac{W}{A}$$

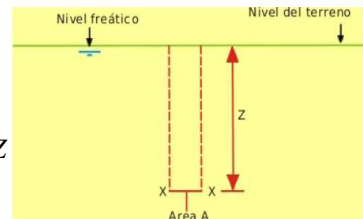
Pero para un suelo seco:

$$\gamma = \frac{W}{V} \Rightarrow W = \gamma V = \gamma(AZ) \quad \sigma_v = \frac{\gamma(AZ)}{A} = \gamma Z$$

Pero para un suelo saturado:

$$\gamma = \frac{W_{sat}}{V} \Rightarrow W_{sat} = \gamma_{sat} V = \gamma_{sat}(AZ) \quad \sigma_v = \frac{\gamma_{sat}(AZ)}{A} = \gamma_{sat} Z$$

El esfuerzo Vertical es cero en la superficie y varía linealmente con la profundidad

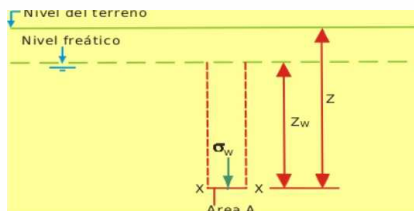


## Esfuerzos geostáticos (Esfuerzo Vertical)

Considerando el plano XX, con un área A, localizado a una profundidad Z.

El esfuerzo de sobrecarga sobre el plano es igual al peso de la columna de suelo situada por encima.

$$\sigma_v = \frac{W}{A}$$



Para un suelo con un nivel freático intermedio

$$W = \gamma(Z - Z_w)A + \gamma_{sat}Z_wA$$

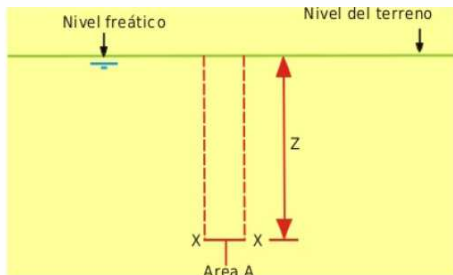
Entonces:  $\sigma_v = \gamma(Z - Z_w) + \gamma_{sat}Z_w$





## Presión intersticial (presión de poros)

La presión intersticial  $\mu$  tiene un valor de equilibrio compatible con las condiciones de frontera hidráulicas de la masa de suelo.



La presión intersticial en cualquier punto será la misma en todas las direcciones

$$\sigma_v = \frac{W}{A}$$

En la figura para el plano XX, tenemos que la presión intersticial está dada por:

$$\mu = \gamma_w Z_w$$



## Presión intersticial (presión de poros)

La presión intersticial  $\mu$  tiene un valor de equilibrio compatible con las condiciones de frontera hidráulicas de la masa de suelo.

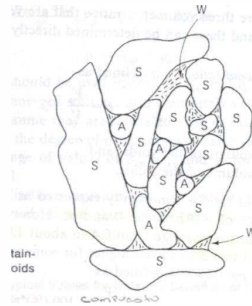
$$\mu = \gamma_w Z_w$$

Generalmente la presión intersticial es llamada esfuerzo normal debido a que no tiene componente cortante.

Recordando de la mecánica de fluidos, por definición un liquido no puede soportar esfuerzos cortantes estáticos. Este tiene solo un esfuerzo normal que actúa en todas las direcciones.



## Esfuerzo Total y Esfuerzo efectivo



La masa del suelo conformada por sólidos y por vacíos llenos de aire o agua

En una masa de suelo los esfuerzos ocasionados por las cargas externas pueden ser el resultado de las fuerzas que actúan sobre los puntos de contacto entre las partículas individuales y los experimentados dentro del fluido intersticial.



## Esfuerzo Total

El valor del esfuerzo total ejercido o experimentado sobre una masa de suelo ( $\sigma$ ) es asumido en forma parcial por las partículas sólidas o los granos del suelo ( $\sigma'$ ) también llamado esfuerzo efectivo y por el agua que se encuentre entre los espacios vacíos de la masa de suelo ( $\mu$ ) o presión intersticial o presión del agua en los poros.

Lo anterior se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma = \sigma' + \mu$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo total

$\sigma'$  = Esfuerzo efectivo

$\mu$  = Presión intersticial







## Esfuerzo efectivo para suelos parcialmente saturados

$$\sigma = \sigma' + \mu$$

entonces:

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

En un suelo parcialmente saturado, el agua en los espacios vacíos no es continua, y se tiene un sistema de tres fases

El esfuerzo total en cualquier punto en un perfil de suelo está formado por presiones intergranulares, presiones de aire y presión de agua en los poros

El ingeniero Bishop (1960) dio a conocer la siguiente ecuación para el esfuerzo efectivo en suelos parcialmente saturados

$$\sigma' = \sigma - \mu_a + \chi(\mu_a - \mu_w)$$

Donde:

$\sigma$ =esfuerzo total

$\mu_a$ =presión del aire en los poros

$\mu_w$ = a=presión del agua en los poros

$\chi$ = fracción de un área de sección transversal unitaria del suelo ocupada por el agua. Para suelo seco  $\chi=0$  y para suelo saturado  $\chi=1$



## Esfuerzo efectivo

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

Puede el esfuerzo efectivo ser cero?

Cuándo el esfuerzo efectivo se vuelve cero?

Qué pasaría si el esfuerzo efectivo se vuelve cero?



Some effects of liquefaction after the 1964 Niigata earthquake



The effects of lateral spreading (River Road in Christchurch following the 2011 Christchurch earthquake)







## Esfuerzo efectivo

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

Puede el esfuerzo efectivo ser cero?

Cuándo el esfuerzo efectivo se vuelve cero?

Qué pasaría si el esfuerzo efectivo



Sand boils that erupted during the 2011 Christchurch earthquake.



Liquefaction allowed this sewer to float upward – 2004 Chūetsu earthquake



## Esfuerzo efectivo

La presión de poros o presión intersticial y el esfuerzo total pueden ser estimados rápidamente o calculados a partir del conocimiento de las densidades y los espesores de las capas de suelo y la localización del nivel freático.

El esfuerzo efectivo NO puede ser medido, él simplemente puede ser calculado.





### Ejemplo 1:

Un perfil de suelo se compone de 5 m de arena sobre 4m de grava, los cuales descansan sobre un lecho rocoso. el Nivel freático está a 2m por debajo de la superficie horizontal de la arena.

Determinar las distribuciones del esfuerzo vertical, la presión intersticial y el esfuerzo vertical efectivo en función de la profundidad hasta llegar al lecho rocoso.

El peso unitario de la arena por encima del NF es de  $17 \text{ kN/m}^3$ , el peso unitario saturado de la arena por debajo del NF es de  $20,5 \text{ kN/m}^3$  y el peso unitario saturado de la grava es de  $21,5 \text{ kN/m}^3$



### Ejemplo 1:

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma Z \\ \sigma_v &= \gamma_{sat} Z \\ \mu &= \gamma_w Z_w \\ \sigma' &= \sigma - \mu\end{aligned}$$

A \_\_\_\_\_ 0 m  
Arena  $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$   
B NF 2 m

$\gamma_{sat} = 20,5 \text{ kN/m}^3$

C \_\_\_\_\_ 5 m

Grava D

$\gamma_{sat} = 21,5 \text{ kN/m}^3$  E \_\_\_\_\_ 9 m

Lecho rocoso

En la superficie (A):

$$\sigma_v = 0; \quad u = 0; \quad \sigma'_v = \sigma_v - u = 0$$

En B a 2 m:  $\sigma_v = 17 \times 2 = 34 \text{ kN/m}^2$ ;  $u = 0$ ;  $\sigma'_v = \sigma_v - u = 34 \text{ kN/m}^2$

En C a 5 m:  $\sigma_v = 34 + 20,5 \times 3 = 95,5 \text{ kN/m}^2$ ;  $u = 9,8 \times 3 = 29,4 \text{ kN/m}^2$ ;  $\sigma'_v = 95,5 - 29,4 = 66,1 \text{ kN/m}^2$

En D a 7 m:  $\sigma_v = 95,5 + 21,5(2) = 138,5 \text{ kN/m}^2$   $\sigma'_v = 138,5 - 49,05 = 89,45 \text{ kN/m}^2$   
 $\mu = 9,81(5) = 49,05 \text{ kN/m}^2$

En E a 9 m:  $\sigma_v = 138,5 + 21,5(2) = 181,5 \text{ kN/m}^2$   $\sigma'_v = 181,5 - 68,67 = 112,83 \text{ kN/m}^2$   
 $\mu = 9,81(7) = 68,67 \text{ kN/m}^2$





## Ejemplo 2

Evaluar los esfuerzos geostáticos a los que están sometidos los puntos A, B y C de la figura mostrada del estrato de arcilla con  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ , en condiciones secas.

Para el punto A

$$\begin{aligned} &0 \text{ m} \text{ -----} \\ &\quad \text{Zona seca} \quad \gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3 \\ &\quad \text{A} \\ &4 \text{ m} \text{ -----} \\ &\quad \text{Zona semisaturada, } w = 12\% \quad \gamma = \gamma_d(1+w) = 18(1+0,12) = 20,16 \text{ kN/m}^3 \\ &7 \text{ m} \text{ -----} \quad \text{B} \quad \text{Nivel freático} \\ &\quad \text{Zona saturada, } w = 16\% \\ &10 \text{ m} \text{ -----} \quad \text{C} \quad \gamma_{\text{sat}} = \gamma_d(1+w) = 18(1+0,16) = 20,88 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\sigma_v = 18 \text{ kN/m}^3 \times 4 = 72 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu = 0$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu = 72 \text{ kN/m}^2 - 0 = 72 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_v = \gamma Z$$

$$\sigma_v = \gamma_{\text{sat}} Z$$

$$\mu = \gamma_w Z_w$$

$$\sigma' = \sigma - \mu$$



## Ejemplo 2

$$\begin{aligned} &0 \text{ m} \text{ -----} \\ &\quad \text{Zona seca} \quad \gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3 \\ &\quad \text{A} \\ &4 \text{ m} \text{ -----} \\ &\quad \text{Zona semisaturada, } w = 12\% \quad \gamma = \gamma_d(1+w) = 18(1+0,12) = 20,16 \text{ kN/m}^3 \\ &7 \text{ m} \text{ -----} \quad \text{B} \quad \text{Nivel freático} \\ &\quad \text{Zona saturada, } w = 16\% \\ &10 \text{ m} \text{ -----} \quad \text{C} \end{aligned}$$

Para el punto B

$$\gamma = \gamma_d(1+w) = 18 \text{ kN/m}^3(1+0,12) = 20,16 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma_v = 72 \text{ kN/m}^2 + 20,16 \text{ kN/m}^3 \times 3 \text{ m} = 132,48 \text{ kN/m}^2$$

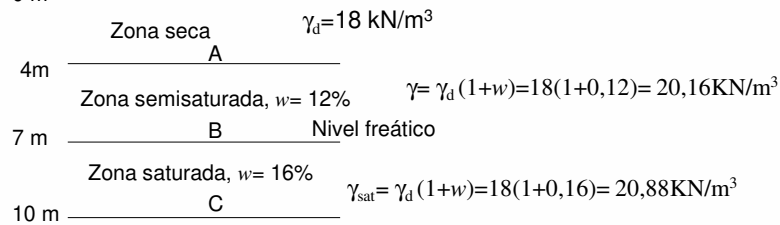
$$\mu = 0$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu = 132,48 \text{ kN/m}^2 - 0 = 132,48 \text{ kN/m}^2$$





## Ejemplo 2



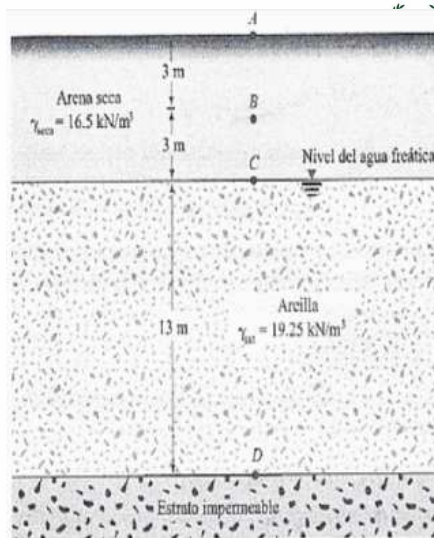
Para el punto C

$$\gamma = \gamma_d(1+w) = 18 \text{ kN/m}^3(1+0.16) = 20.88 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma_v = 132.48 \text{ kN/m}^2 + 20.88 \text{ kN/m}^3 \times 3 \text{ m} = 195.12 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu = 9.8 \text{ kN/m}^3 \times 3 \text{ m} = 29.4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu = 195.12 \text{ kN/m}^2 - 29.4 \text{ kN/m}^2 = 165.72 \text{ kN/m}^2$$



## Ejemplo 3

Calcule los esfuerzos verticales totales, presión del agua en los poros y el esfuerzo efectivo en los puntos A, B, C y D

En A:

$$\sigma_A = 0$$

$$\mu_A = 0$$

$$\sigma'_A = 0$$


En B

$$\sigma_v = 16.5 \text{ kN/m}^3 \times 3.0 \text{ m} = 49.5 \text{ kN/m}^2$$


$$\mu = 0$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu = 49.5 \text{ kN/m}^2 - 0 = 49.5 \text{ kN/m}^2$$

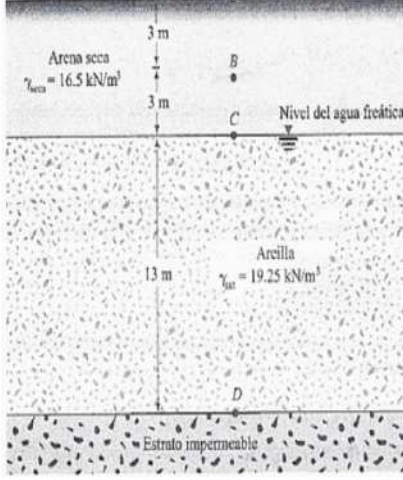




Universidad de Sucre



### Ejemplo 3



En C

$$\sigma_v = 16.5 \text{ kN/m}^3 \times 6.0 \text{ m} = 99 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu = 0$$


$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu = 99 \text{ kN/m}^2 - 0 = 99 \text{ kN/m}^2$$

En D

$$\sigma_v = 99 + 19.25 \text{ kN/m}^3 \times 13 \text{ m} = 349.25 \text{ kN/m}^2$$


$$\mu = 9.81 \text{ kN/m}^3 \times 13 \text{ m} = 127.53 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu = 349.25 - 127.53 = 221.72 \text{ kN/m}^2$$



Universidad de Sucre

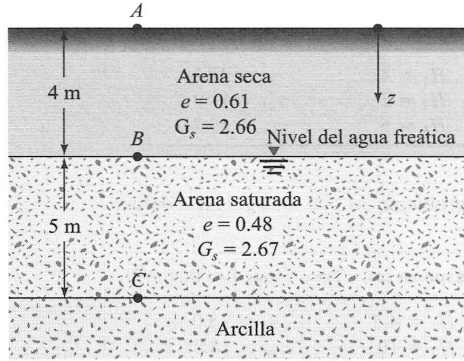
INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA



### Ejemplo 4

Para el perfil de suelo mostrado,

Calcule los esfuerzos totales, presión de poros y efectivos en los puntos A, B y C



$$\gamma_d = 16.20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 20.88 \text{ kN/m}^3$$



### Ejemplo 3

Para el punto A  $\sigma_v = 0$   
 $\mu = 0$   
 $\sigma'_v = \sigma_v - \mu = 0$

Para el punto B

$$\sigma_v = 16.20 \text{ kN/m}^3 \times 4.0 \text{ m} = 64.8 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu = 0$$

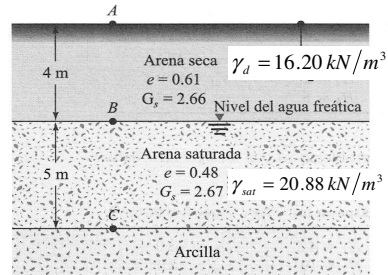
$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu = 64.8 \text{ kN/m}^2 - 0 = 64.8 \text{ kN/m}^2$$

Para el punto C

$$\sigma_v = 64.8 \text{ kN/m}^2 + 20.88 \text{ kN/m}^3 \times 5.0 \text{ m} = 169.2 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu = 9.81 \text{ kN/m}^3 \times 5 \text{ m} = 49.05 \text{ kN/m}^2$$

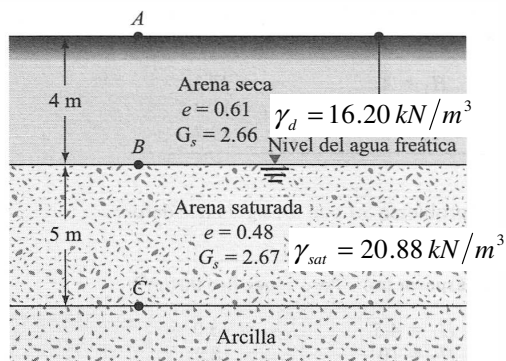
$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu = 169.2 \text{ kN/m}^2 - 49.05 \text{ kN/m}^2 = 120.15 \text{ kN/m}^2$$



### Ejemplo 4

Para el perfil de suelo mostrado,

Calcule los esfuerzos totales, presión de poros y efectivos en los puntos A, B y C



**NIVEL FREATICO A 4 MTS**

	A	B	C
$\sigma =$	0	64,831	169,228
$\mu =$	0	0,000	49,050
$\sigma' =$	0	64,831	120,178





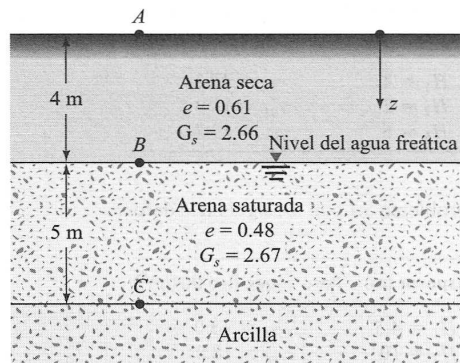


### Ejemplo 5

Para el perfil de suelo mostrado

Si el nivel freático ascendiera hasta 2mts desde la superficie del terreno, Cuáles serian los nuevos valores de los esfuerzos geoestáticos?

Si el nivel freático descendiera hasta 6mts, Cuáles serian los nuevos valores de los esfuerzos geoestáticos?



$$\gamma_d = 16.20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 19.92 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 17.69 \text{ kN/m}^3$$

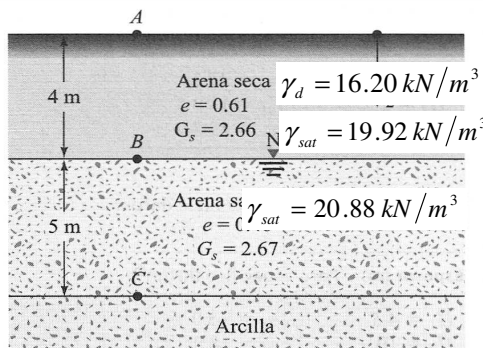
$$\gamma_{sat} = 20.88 \text{ kN/m}^3$$



### Ejemplo 5

Para el perfil de suelo mostrado

Si el nivel freático ascendiera hasta 2mts desde la superficie del terreno, Cuáles serian los nuevos valores de los esfuerzos geoestáticos?



ESFUERZOS NIVEL FREATICO A 2,0 mt

	A	B	C
$\sigma =$	0	72,265	176,66
$\mu =$	0	19,62	68,67
$\sigma' =$	0	52,645	107,99

NIVEL FREATICO A 4 MTS

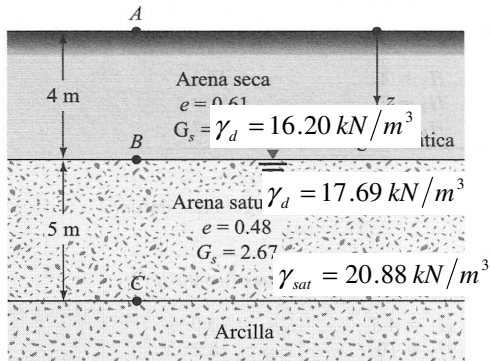
	A	B	C
$\sigma =$	0	64,831	169,228
$\mu =$	0	0,000	49,050
$\sigma' =$	0	64,831	120,178





Para el perfil de suelo mostrado

Si el nivel freático descendiera hasta 6mts, Cuáles serían los nuevos valores de los esfuerzos geoestáticos?



#### NIVEL FREATICO A 4 MTS

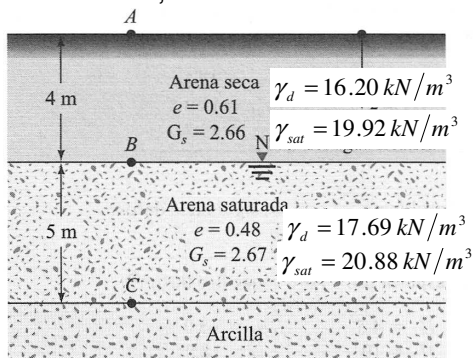
	A	B	C
$\sigma =$	0	64,831	169,228
$\mu =$	0	0,000	49,050
$\sigma' =$	0	64,831	120,178

#### ESFUERZOS NIVEL FREATICO A 6,0 MT

	A	B	C
$\sigma =$	0	64,831	162,87
$\mu =$	0	0	29,43
$\sigma' =$	0	64,831	133,44

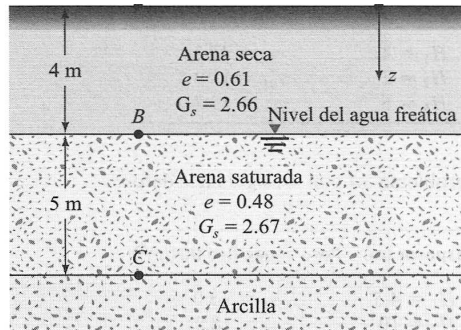


Para el perfil de suelo  
mostrado,



¿Cuál debe ser la profundidad del nivel freático para que el esfuerzo efectivo en el punto C sea de  $130 \text{ kN/m}^2$ ?

¿Cuál debe ser la profundidad del nivel freático para que el esfuerzo efectivo en el punto C sea de  $100 \text{ kN/m}^2$ ?



$$\gamma_d = 16.20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 19.92 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 17.69 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 20.88 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu$$

Calculo de la altura que debe bajar el agua

$$100 = 16.20(4 - x) + 19.92(x) + 20.88(5) - 9.81(5 + x)$$

$$x = 3.308 \text{ m}$$



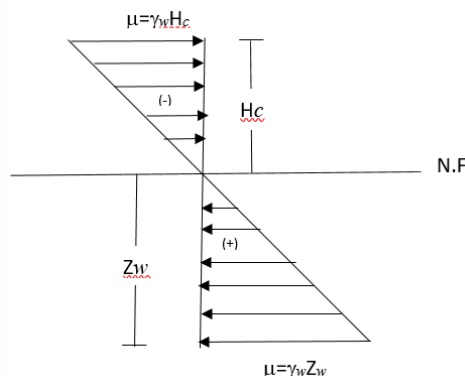
Universidad de Sucre  
INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA



## ESFUERZOS EN UNA MASA DE SUELO

### PRESION DE POROS NEGATIVA

Los suelos que se encuentran por encima del nivel freático, pueden estar en estado seco, parcialmente saturado o saturado

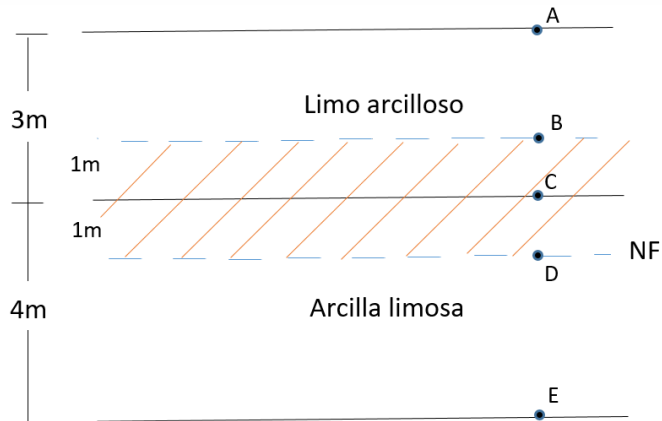


Los dos últimos casos se pueden dar debido al ascenso del agua del Nivel Freático debido a la capilaridad



## Ejemplo 5

En el perfil de suelo mostrado, el nivel freático se encuentra a una profundidad de 4m y asciende por capilaridad una altura de 2m, determinar los esfuerzos verticales y horizontales totales y efectivos en los puntos A, B, C, D y E



Suelo 1:

$$\gamma_d = 18.3 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 23 \text{ kN/m}^3$$

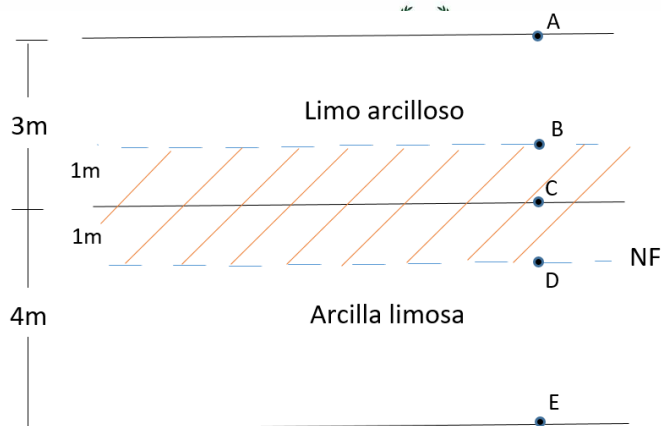
$$K_0 = 0.55$$

Suelo 2:

$$\gamma_d = 15.4 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$K_0 = 0.45$$



Suelo 1:

$$\gamma_d = 18.3 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 23 \text{ kN/m}^3$$

$$K_0 = 0.55$$

Suelo 2:

$$\gamma_d = 15.4 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$K_0 = 0.45$$

$$\sigma = \sigma' + \mu$$

$$\sigma_v = \gamma Z$$

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

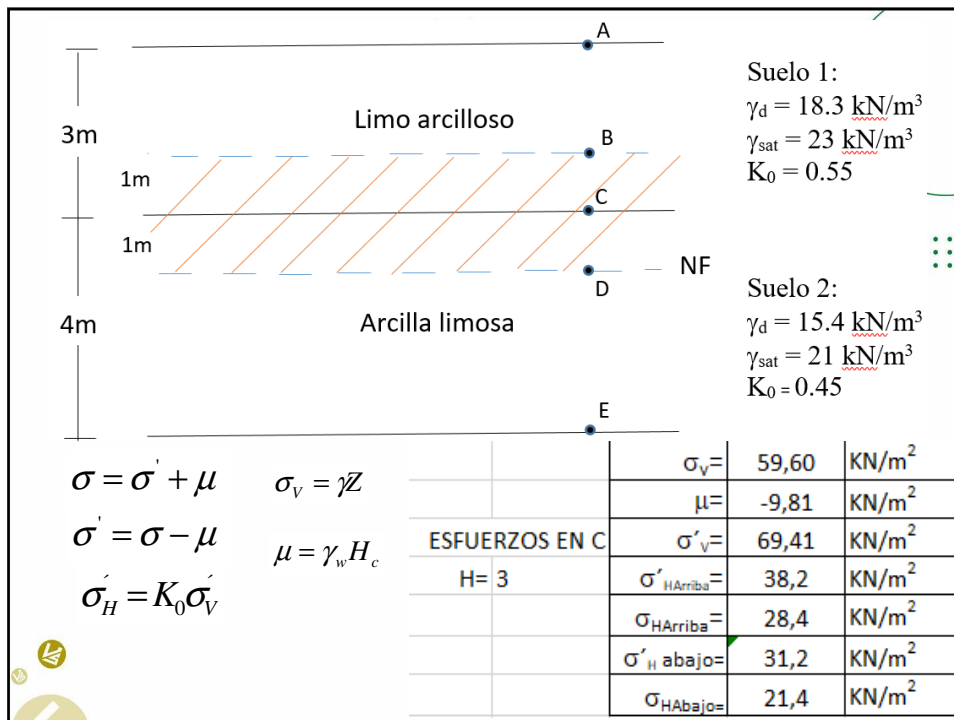
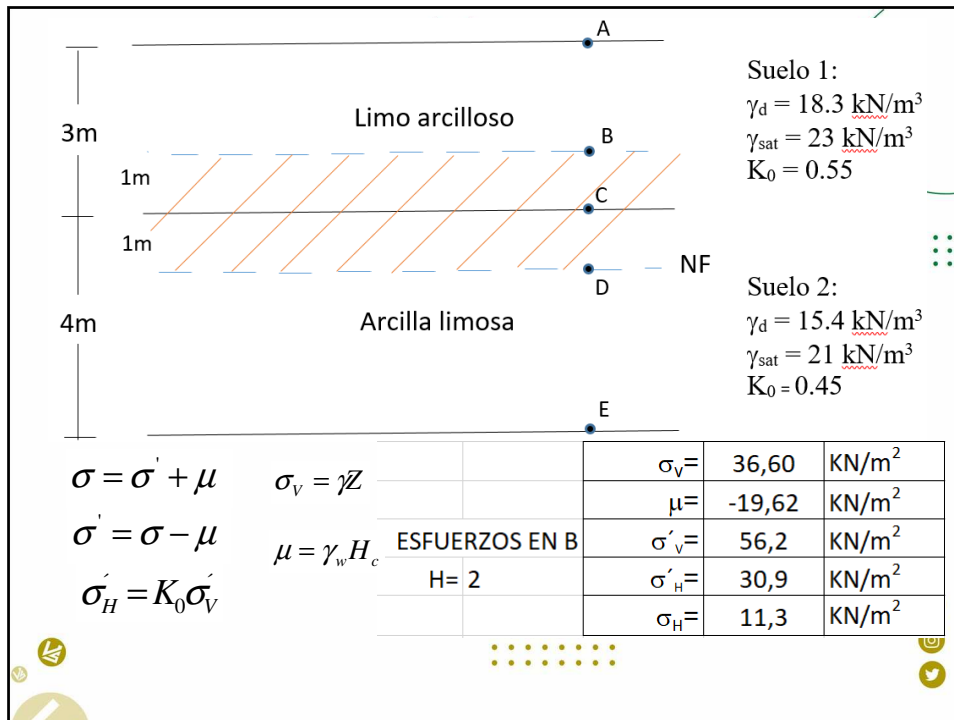
$$\mu = \gamma_w Z_w$$

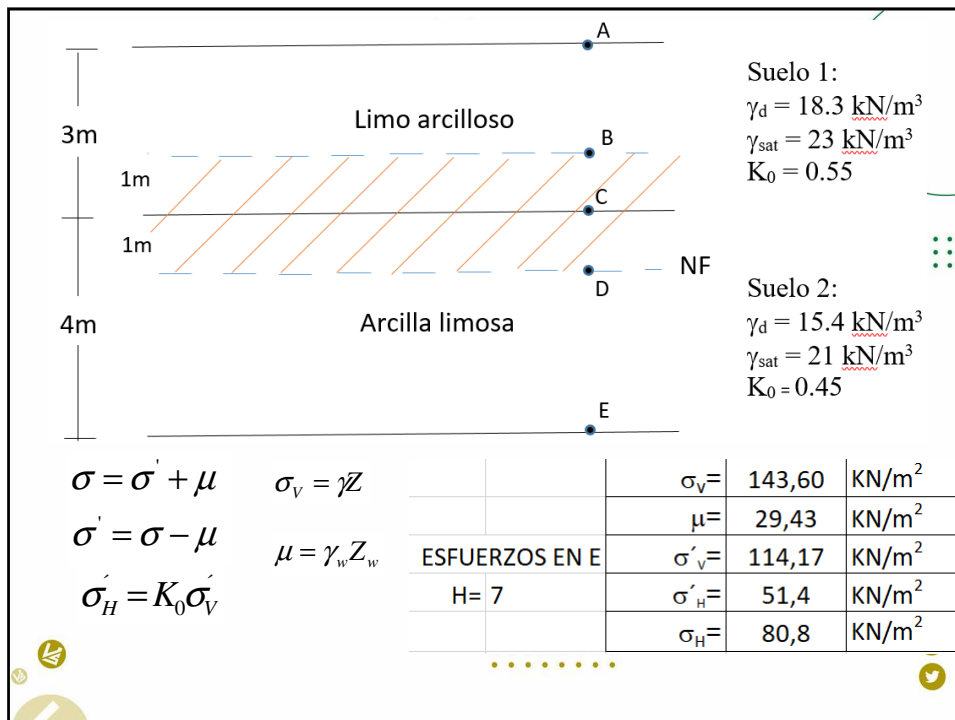
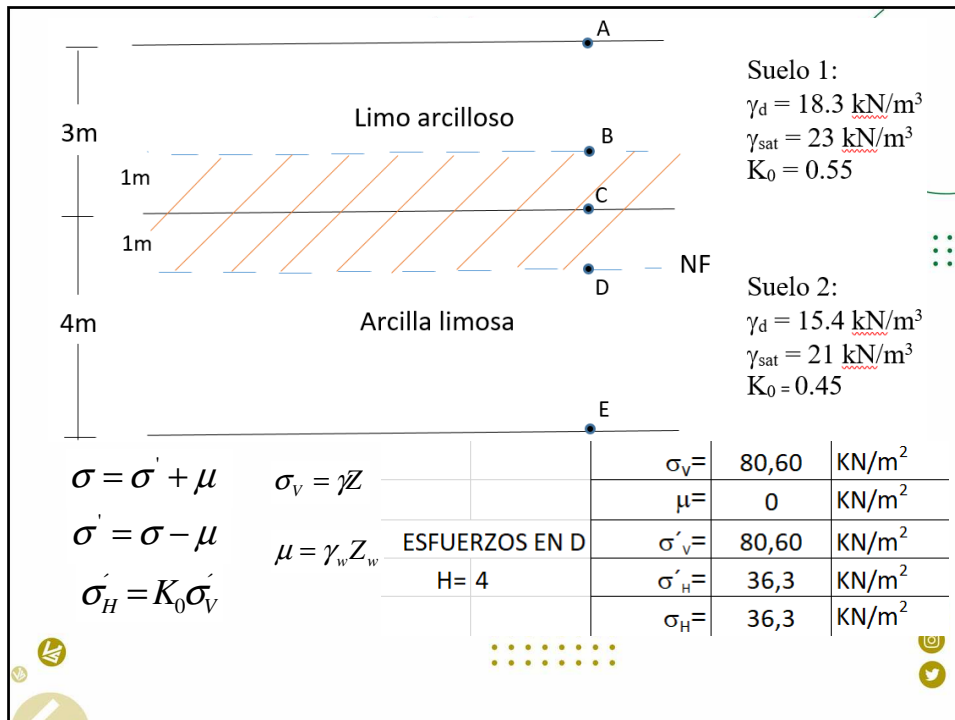
$$\sigma_H = K_0 \sigma_v$$

ESFUERZOS EN A

$$H = 0$$

$\sigma_v =$	0,0	KN/m <sup>2</sup>
$\mu =$	0	KN/m <sup>2</sup>
$\sigma'_v =$	0,0	KN/m <sup>2</sup>
$\sigma'_H =$	0,0	KN/m <sup>2</sup>
$\sigma_H =$	0,0	KN/m <sup>2</sup>







## ESFUERZOS SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

Si se tiene infiltración, el esfuerzo efectivo en cualquier punto de la masa de suelo será diferente al del caso estático. ....

Este crecerá o decrecerá, dependiendo de la dirección de la infiltración.

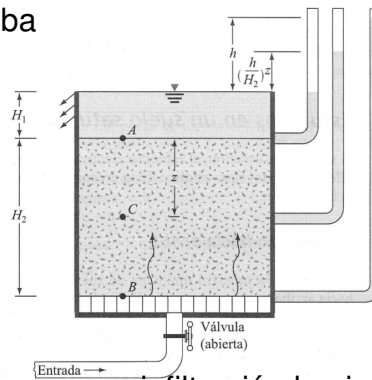
Existen dos casos:

- Infiltración ascendente
- Infiltración descendente



## ESFUERZOS SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

Infiltración hacia arriba



Capa de suelo en tanque con infiltración hacia arriba

La tasa de agua suministrada se mantiene constante

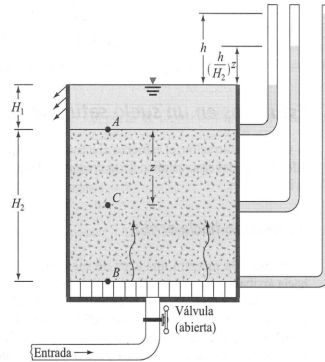
La pérdida de carga causada por la infiltración hacia arriba entre los niveles de los puntos B y A es  $h$





## ESFUERZOS EN SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

Infiltración hacia arriba

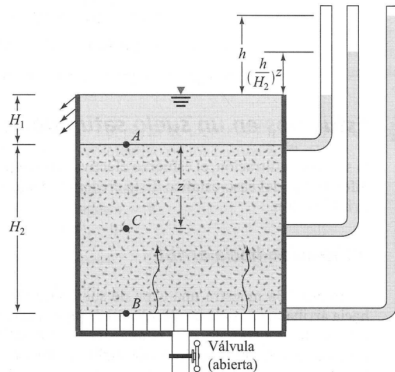


Como el esfuerzo total en cualquier punto en la masa de suelo es determinado por el peso del material y el agua arriba de éste, calculamos los esfuerzos efectivos para los puntos A y B.



## 5.5 ESFUERZOS EN SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

Infiltración hacia arriba



$$\sigma = \sigma' + \mu$$

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

$$\mu = \gamma_w Z_w$$

Esfuerzos punto A

Esfuerzo total  $\sigma_A = H_1 \gamma_w$

Presión de poros  $u_A = H_1 \gamma_w$

Esfuerzo efectivo  $\sigma'_A = \sigma_A - u_A = 0$

Esfuerzos punto B

Esfuerzo total  $\sigma_B = H_1 \gamma_w + H_2 \gamma_{sat}$

Presión de poros  $u_B = (H_1 + H_2 + h) \gamma_w$

Esfuerzo efectivo  $\sigma'_B = \sigma_B - u_B$

$$\sigma'_B = H_1 \gamma_w + H_2 \gamma_{sat} - (H_1 + H_2 + h) \gamma_w$$

$$\sigma'_B = H_1 \gamma_w + H_2 \gamma_{sat} - H_1 \gamma_w - H_2 \gamma_w - h \gamma_w$$

$$\sigma'_B = H_2 (\gamma_{sat} - \gamma_w) - h \gamma_w$$

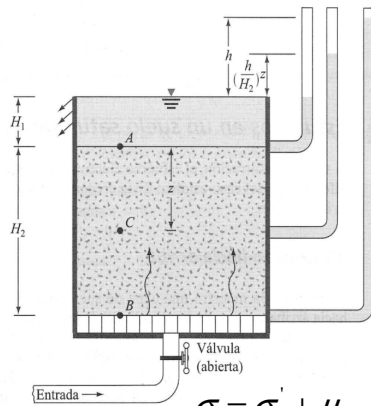
$$\sigma'_B = H_2 \gamma - h \gamma_w$$





## 5.5 ESFUERZOS EN SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

Infiltración hacia arriba



$$\sigma = \sigma' + \mu$$

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

$$\mu = \gamma_w Z_w$$

Esfuerzos punto C

Esfuerzo total  $\sigma_c = H_1 \gamma_w + z \gamma_{sat}$

Presión de poros  $u_c = (H_1 + z + \frac{h}{H_2} z) \gamma_w$

Esfuerzo efectivo  $\sigma'_c = \sigma_c - u_c$

$$\sigma'_c = H_1 \gamma_w + z \gamma_{sat} - (H_1 + z + \frac{h}{H_2} z) \gamma_w$$

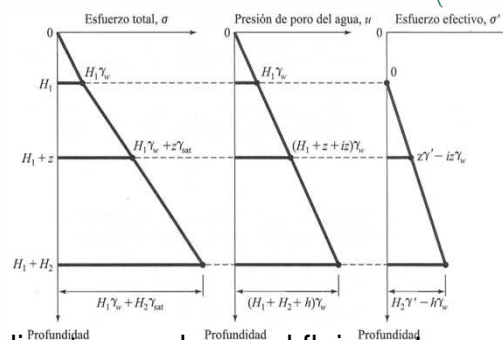
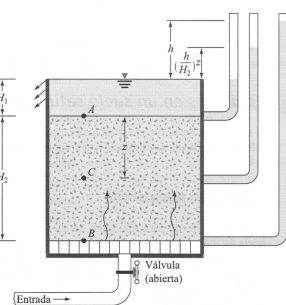
$$\sigma'_c = H_1 \gamma_w + z \gamma_{sat} - H_1 \gamma_w - z \gamma_w - \frac{h}{H_2} z \gamma_w$$

$$\sigma'_c = z(\gamma_{sat} - \gamma_w) - \frac{h}{H_2} z \gamma_w$$

$$\sigma'_c = z \gamma' - \frac{h}{H_2} z \gamma_w$$

## ESFUERZOS EN SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

Infiltración hacia arriba



$h/H_2$  es el gradiente hidráulico  $i$  causado por el flujo, entonces

$$\sigma'_c = z \gamma' - i z \gamma_w$$

Si la tasa de infiltración y del gradiente hidráulico se incrementan, se alcanza una condición límite donde

$$\sigma'_c = z \gamma' - i_{cr} z \gamma_w = 0$$



## ESFUERZOS EN SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

Infiltración hacia arriba

Si la tasa de infiltración y del gradiente hidráulico se incrementan, se alcanza una condición límite, en donde

$$\sigma_c = z\gamma - i_{cr}z\gamma_w = 0$$

Donde  $i_{cr}$  es el gradiente hidráulico crítico (para un esfuerzo efectivo nulo). En esta situación la estabilidad del suelo se perderá.

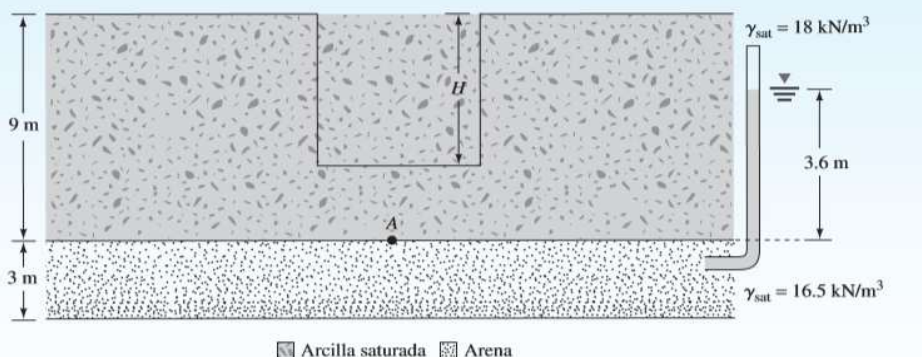
$$i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

Para la mayoría de los suelos, el valor de  $i_{cr}$  varía entre 0.9 y 1.1, con un promedio de 1.0.




## Ejemplo 1

Una gruesa capa de arcilla saturada rígida de 9 m de espesor está sustentada por una capa de arena (figura 8.5). La arena está bajo presión artésiana. Calcule la profundidad máxima de corte  $H$  que se puede hacer en la arcilla.



$\sigma = \sigma' + \mu$      $\sigma_v = \gamma Z$   
 $\sigma' = \sigma - \mu$      $\mu = \gamma_w Z_w$   
 $\sigma = 0$

Esfuerzo total en A     $\sigma_A = (9 - H)\gamma_{sat}(\text{Arcilla})$   
 Presión de poros en A     $\mu_A = 3.6\gamma_w$   
 Para la condición de colapso     $\sigma'_A = 0$      $\sigma'_A = \sigma_A - \mu_A$   
 $\sigma'_A = \sigma_A - \mu_A = (9 - H)\gamma_{sat}(\text{Arcilla}) - 3.6\gamma_w$   
 $(9 - H)18 - (3.6)9.81 = 0$      $H = \frac{(9)18 - (3.6)9.81}{18} = 7.04m$



**Universidad de Sucre**  
 INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA

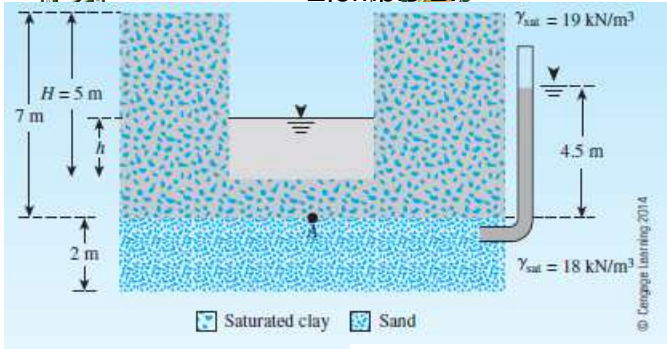
### Ejemplo 2:

Se realiza un corte en una arcilla saturada rígida que está apoyada sobre una capa de arena.

¿Cuál debería ser la altura del agua,  $h$ , en el corte de modo que la estabilidad de la arcilla saturada no se pierda?

$\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3$


**Ejemplo 2**




$\sigma = \sigma' + \mu$   
 $\sigma_v = \gamma z$   
 $\mu = \gamma_w Z_w$   
 $\sigma' = \sigma - \mu$      $\sigma = 0$

**Esfuerzo total en A**     $\sigma_A = (7-5)\gamma_{sat(Arcilla)} + h\gamma_w$   
 $\sigma_A = (2)19 + (h)(9.81) = 38 + 9.81h$

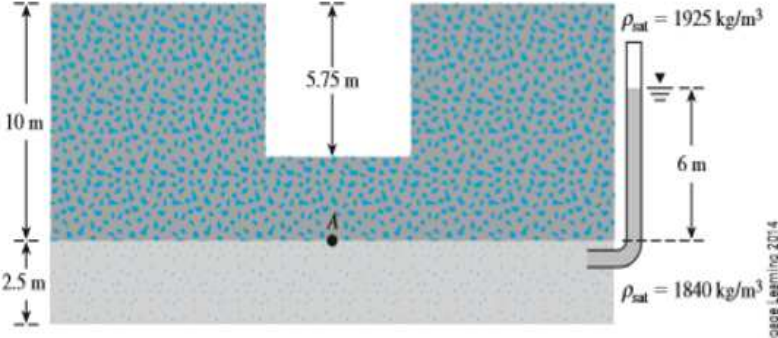
**Presión de poros en A**     $\mu_A = 4.5\gamma_w = (4.5)(9.81) = 44.15 \text{ kN/m}^2$

**Para la condición de colapso**     $\sigma'_A = 0$      $\sigma'_A = \sigma_A - \mu_A$

$\sigma'_A = \sigma_A - \mu_A = 38 + 9.81h - 44.15 = 0$      $h = 0.63 \text{ m}$


**Ejercicio 1**

Una capa de arcilla rígida saturada de 10 m de espesor está sobre a una capa de arena. La arena está bajo presión artésiana. Se hace un corte de 5,75 m de profundidad en la arcilla. Determinar El factor de seguridad contra el levantamiento del suelo en el punto A.



Saturated clay    Sand

Universidad de Sucre

$\gamma_{sat} = 18.88 \text{ kN/m}^3$   
 $\rho_{sat} = 1925 \text{ kg/m}^3$   
 $\rho_{sat} = 1840 \text{ kg/m}^3$

$\sigma = \sigma' + \mu$   
 $\sigma' = \sigma - \mu$   
 $\sigma_V = \gamma Z$   
 $\mu = \gamma_w Z_w$   
 $\sigma = 0$

$F.S. = \frac{\text{Esf Resistente}}{\text{Esf Actuante}}$

Esfuerzo Resistente al levantamiento de A  
 $(10 - 5.75) * 18.88 = 80,258 \text{ kN/m}^2$

Esfuerzo Actuante al levantamiento de A  
 $6.0 \gamma_w = 6.0 * 9.81 = 58,86 \text{ kN/m}^2$

$F.S. = \frac{80,258 \text{ kN/m}^2}{58,86 \text{ kN/m}^2}$

$F.S. = 1,363$

Saturated clay Sand

© Cengage Learning 2014

Universidad de Sucre

ESFUERZOS EN SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

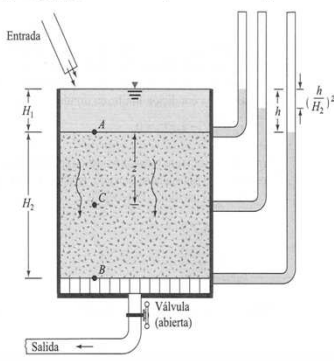
Infiltración hacia abajo

Entrada  
 $H_1$   
 $H_2$   
 A  
 C  
 B  
 Salida  
 Válvula (abierta)

$h$   
 $\left(\frac{h}{H_2}\right)^2$

Capa de suelo en tanque con infiltración hacia abajo  
 El nivel de agua se mantiene constante  
 La pérdida de carga entre los puntos A y B es  $h$





## ESFUERZOS EN SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

### Esfuerzos punto A

Esfuerzo total  $\sigma_A = H_1 \gamma_w$

Presión de poros  $u_A = H_1 \gamma_w$

Esfuerzo efectivo  $\sigma'_A = \sigma_A - u_A = 0$

### Esfuerzos punto B

Esfuerzo total  $\sigma_B = H_1 \gamma_w + H_2 \gamma_{sat}$

Presión de poros  $u_B = (H_1 + H_2 - h) \gamma_w$

Esfuerzo efectivo  $\sigma'_B = \sigma_B - u_B$


$\sigma'_B = H_2 (\gamma_{sat} - \gamma_w) + h \gamma_w$


$\sigma'_B = H_2 \gamma' + h \gamma_w$

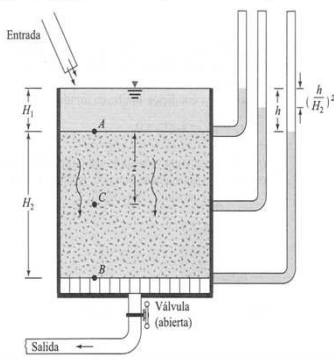
$\sigma = \sigma' + \mu$

$\sigma' = \sigma - \mu$

$\mu = \gamma_w Z_w$







## ESFUERZOS EN SUELOS SATURADOS CON INFILTRACION

### Esfuerzos punto C

Esfuerzo total  $\sigma_C = H_1 \gamma_w + z \gamma_{sat}$

Presión de poros  $u_C = (H_1 + z - \frac{h}{H_2} z) \gamma_w$

Esfuerzo efectivo  $\sigma'_C = \sigma_C - u_C$

$\sigma'_C = H_1 \gamma_w + z \gamma_{sat} - (H_1 + z - \frac{h}{H_2} z) \gamma_w$

$\sigma'_C = H_1 \gamma_w + z \gamma_{sat} - H_1 \gamma_w - z \gamma_w + \frac{h}{H_2} z \gamma_w$

$\sigma'_C = z (\gamma_{sat} - \gamma_w) + \frac{h}{H_2} z \gamma_w$


$\sigma'_C = z \gamma' + \frac{h}{H_2} z \gamma_w$


$\sigma'_C = z \gamma' + i z \gamma_w$

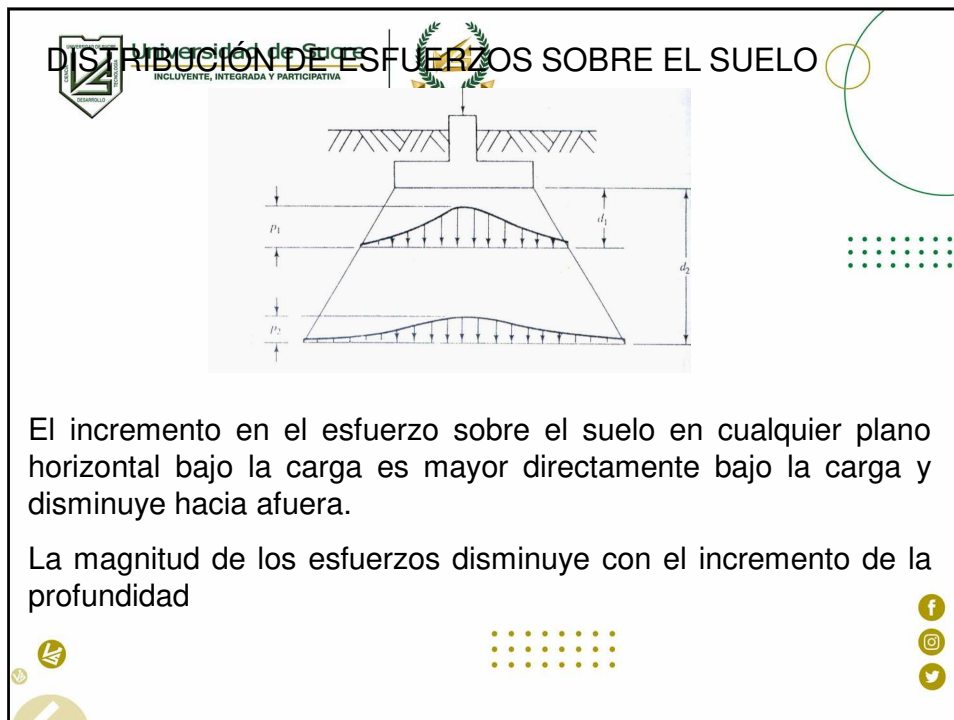
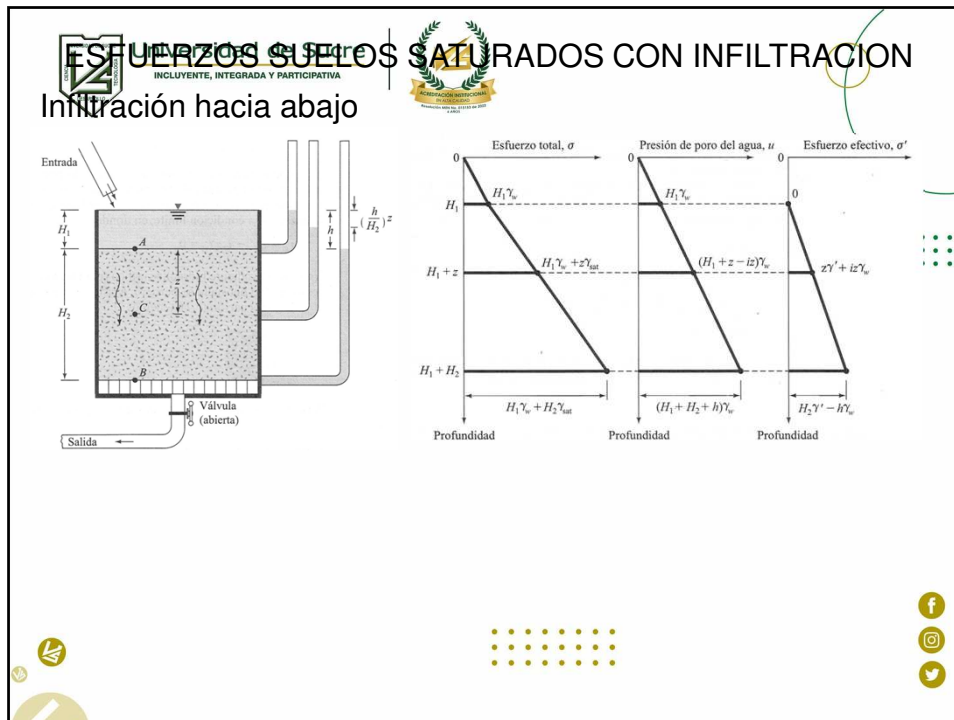
$\sigma = \sigma' + \mu$

$\sigma' = \sigma - \mu$

$\mu = \gamma_w Z_w$

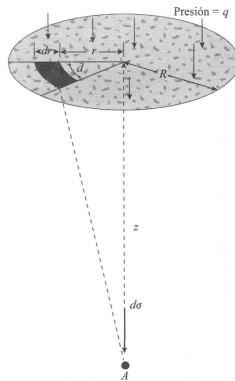








## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular



$$\Delta \sigma_v = q \left\{ 1 - \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{R}{z} \right)^2 \right]^{3/2}} \right\}$$

Esta ecuación es únicamente para puntos ubicados debajo del centro de la cimentación.

## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

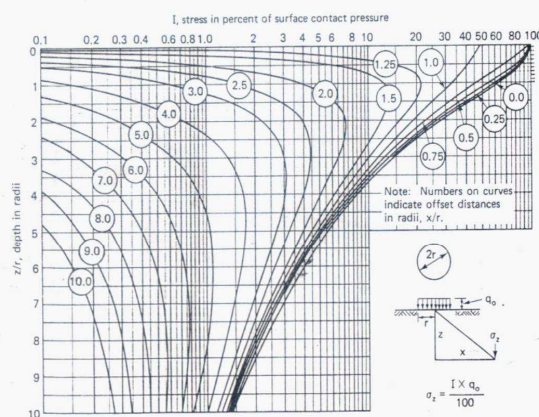


Fig. 8.22 Influence values, expressed in percentage of surface contact pressure,  $q_0$ , for vertical stress under uniformly loaded circular area (after Foster and Ahlvin, 1954, as cited by U.S. Navy, 1971).

Los incrementos de esfuerzos producidos por una presión uniforme  $q$ , está dada por:

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{x}{r} \\ z &= \frac{z}{r} \\ x &= \frac{z}{r} \end{aligned}$$

## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

CARGA CIRCULAR

	X/r									
	0	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Z/r	0,25	0,986	0,983	0,964	0,460	0,015	0,002	0,000	0,000	0,000
	0,5	0,911	0,895	0,840	0,418	0,060	0,010	0,003	0,000	0,000
	0,75	0,784	0,762	0,691	0,374	0,105	0,025	0,010	0,002	0,000
	1	0,646	0,625	0,560	0,335	0,125	0,043	0,016	0,007	0,003
	1,25	0,524	0,508	0,455	0,295	0,135	0,057	0,023	0,010	0,005
	1,5	0,424	0,413	0,374	0,256	0,137	0,064	0,029	0,013	0,007
	1,75	0,346	0,336	0,309	0,223	0,135	0,071	0,037	0,018	0,009
	2	0,284	0,277	0,258	0,194	0,127	0,073	0,041	0,022	0,012
	2,5	0,200	0,196	0,186	0,150	0,109	0,073	0,044	0,028	0,017
	3	0,146	0,143	0,137	0,117	0,091	0,066	0,045	0,031	0,022
	4	0,087	0,086	0,083	0,076	0,061	0,052	0,041	0,031	0,024
	5	0,057	0,057	0,056	0,052	0,045	0,039	0,033	0,027	0,022
	7	0,030	0,030	0,029	0,028	0,026	0,024	0,021	0,019	0,016
	10	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012	0,011

r= Radio de la cimentacion

X= Distancia horizontal del centro de la cimentación al punto a calcular

Z= Profundidad del punto a calcular

## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

Ejemplo 1: Un tanque circular de 4.0 m de diámetro es uniformemente cargado con 200 kN/m<sup>2</sup> y colocado sobre la superficie de un terreno

Calcular el incremento de esfuerzo vertical debido a la carga uniforme a una profundidad de 2 m bajo el centro del área cargada y el esfuerzo bajo el borde del tanque a la misma profundidad

Diam= 4.0 m

r=2.0 mts

z/r=2/2.0 = 1.0

I<sub>z</sub>=0.646

x= 0 mts

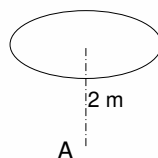
x/r=0/2.0 = 0

z= 2 mts

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = (0.646) 200 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 129.2 \text{ kN} / \text{m}^2$$



## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

CARGA CIRCULAR

	X/r									
	0	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0,25	0,986	0,983	0,964	0,460	0,015	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	0,911	0,895	0,840	0,418	0,060	0,010	0,003	0,000	0,000	0,000
0,75	0,784	0,762	0,691	0,374	0,105	0,025	0,010	0,002	0,000	0,000
1	0,646	0,625	0,560	0,335	0,125	0,043	0,016	0,007	0,003	0,000
1,25	0,524	0,508	0,455	0,295	0,135	0,057	0,023	0,010	0,005	0,001
1,5	0,424	0,413	0,374	0,256	0,137	0,064	0,029	0,013	0,007	0,002
1,75	0,346	0,336	0,309	0,223	0,135	0,071	0,037	0,018	0,009	0,004
2	0,284	0,277	0,258	0,194	0,127	0,073	0,041	0,022	0,012	0,006
2,5	0,200	0,196	0,186	0,150	0,109	0,073	0,044	0,028	0,017	0,011
3	0,146	0,143	0,137	0,117	0,091	0,066	0,045	0,031	0,022	0,015
4	0,087	0,086	0,083	0,076	0,061	0,052	0,041	0,031	0,024	0,018
5	0,057	0,057	0,056	0,052	0,045	0,039	0,033	0,027	0,022	0,018
7	0,030	0,030	0,029	0,028	0,026	0,024	0,021	0,019	0,016	0,015
10	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,011

r= Radio de la cimentacion

X= Distancia horizontal del centro de la cimentación al punto a calcular

Z= Profundidad del punto a calcular

## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

Ejemplo 1: Un tanque circular de 4.0 m de diámetro es uniformemente cargado con 200 kN/m<sup>2</sup> y colocado sobre la superficie de un terreno

Calcular el incremento de esfuerzo vertical debido a la carga uniforme a una profundidad de 2 m bajo el centro del área cargada y el esfuerzo bajo el borde del tanque a la misma profundidad

Diam= 4.0 m

r=2.0 mts

z/r=2/2 = 1.0

I<sub>z</sub>=0.335

x= 2.0 mts

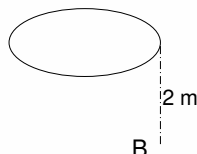
x/r=2.0/2.0 = 1.0

z= 2 mts

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = (0.335) 200 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 67 \text{ kN} / \text{m}^2$$



## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

CARGA CIRCULAR

	X/r									
	0	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0,25	0,986	0,983	0,964	0,460	0,015	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	0,911	0,895	0,840	0,418	0,060	0,010	0,003	0,000	0,000	0,000
0,75	0,784	0,762	0,691	0,374	0,105	0,025	0,010	0,002	0,000	0,000
1	0,646	0,625	0,568	0,335	0,125	0,043	0,016	0,007	0,003	0,000
1,25	0,524	0,508	0,455	0,295	0,135	0,057	0,023	0,010	0,005	0,001
1,5	0,424	0,413	0,374	0,256	0,137	0,064	0,029	0,013	0,007	0,002
1,75	0,346	0,336	0,309	0,223	0,135	0,071	0,037	0,018	0,009	0,004
2	0,284	0,277	0,258	0,194	0,127	0,073	0,041	0,022	0,012	0,006
2,5	0,200	0,196	0,186	0,150	0,109	0,073	0,044	0,028	0,017	0,011
3	0,146	0,143	0,137	0,117	0,091	0,066	0,045	0,031	0,022	0,015
4	0,087	0,086	0,083	0,076	0,061	0,052	0,041	0,031	0,024	0,018
5	0,057	0,057	0,056	0,052	0,045	0,039	0,033	0,027	0,022	0,018
7	0,030	0,030	0,029	0,028	0,026	0,024	0,021	0,019	0,016	0,015
10	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,011

r= Radio de la cimentacion

X= Distancia horizontal del centro de la cimentación al punto a calcular

Z= Profundidad del punto a calcular

## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

Ejemplo 1: Un tanque circular de 4.0 m de diámetro es uniformemente cargado con 200 kN/m<sup>2</sup> y colocado sobre la superficie de un terreno

Calcular el incremento de esfuerzo vertical debido a la carga uniforme a una profundidad de 2 m bajo el centro del área cargada y el esfuerzo bajo el borde del tanque a la misma profundidad

Diam= 4.0 m

r=2.0 mts

z/r=4/2 = 2.0

I<sub>z</sub>=0.284

x= 0 mts

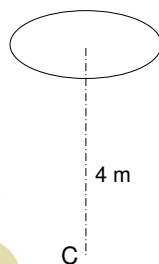
x/r=0/2 = 0

z= 4 mts

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = (0.284) 200 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 56.8 \text{ kN} / \text{m}^2$$



## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

CARGA CIRCULAR

	X/r									
	0	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0,25	0,986	0,983	0,964	0,460	0,015	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	0,911	0,895	0,840	0,418	0,060	0,010	0,003	0,000	0,000	0,000
0,75	0,784	0,762	0,691	0,374	0,105	0,025	0,010	0,002	0,000	0,000
1	0,646	0,625	0,560	0,335	0,125	0,043	0,016	0,007	0,003	0,000
1,25	0,524	0,508	0,455	0,295	0,135	0,057	0,023	0,010	0,005	0,001
1,5	0,424	0,413	0,374	0,256	0,137	0,064	0,029	0,013	0,007	0,002
1,75	0,346	0,336	0,309	0,223	0,135	0,071	0,037	0,018	0,009	0,004
2	0,284	0,277	0,258	0,194	0,127	0,073	0,041	0,022	0,012	0,006
2,5	0,200	0,196	0,186	0,150	0,109	0,073	0,044	0,028	0,017	0,011
3	0,146	0,143	0,137	0,117	0,091	0,066	0,045	0,031	0,022	0,015
4	0,087	0,086	0,083	0,076	0,061	0,052	0,041	0,031	0,024	0,018
5	0,057	0,057	0,056	0,052	0,045	0,039	0,033	0,027	0,022	0,018
7	0,030	0,030	0,029	0,028	0,026	0,024	0,021	0,019	0,016	0,015
10	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,011

r= Radio de la cimentacion

X= Distancia horizontal del centro de la cimentación al punto a calcular

Z= Profundidad del punto a calcular

## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

Ejemplo 1: Un tanque circular de 4.0 m de diámetro es uniformemente cargado con 200 kN/m<sup>2</sup> y colocado sobre la superficie de un terreno

Calcular el incremento de esfuerzo vertical debido a la carga uniforme a una profundidad de 2 m bajo el centro del área cargada y el esfuerzo bajo el borde del tanque a la misma profundidad

Diam= 4.0 m

r=2.0 mts

z/r=4/2 = 2

I<sub>z</sub>=0.194

x= 2.0 mts

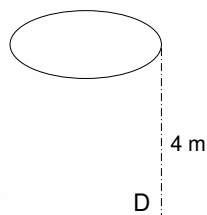
x/r=2/2 = 1

z= 4 mts

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = (0.194) 200 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 38.8 \text{ kN} / \text{m}^2$$



## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

CARGA CIRCULAR

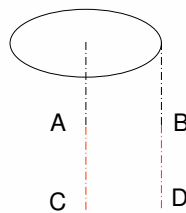
	X/r									
	0	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0,25	0,986	0,983	0,964	0,460	0,015	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	0,911	0,895	0,840	0,418	0,060	0,010	0,003	0,000	0,000	0,000
0,75	0,784	0,762	0,691	0,374	0,105	0,025	0,010	0,002	0,000	0,000
1	0,646	0,625	0,560	0,335	0,125	0,043	0,016	0,007	0,003	0,000
1,25	0,524	0,508	0,455	0,295	0,135	0,057	0,023	0,010	0,005	0,001
1,5	0,424	0,413	0,374	0,256	0,137	0,064	0,029	0,013	0,007	0,002
1,75	0,346	0,336	0,309	0,223	0,135	0,071	0,037	0,018	0,009	0,004
2	0,284	0,277	0,258	0,194	0,127	0,073	0,041	0,022	0,012	0,006
2,5	0,200	0,196	0,186	0,150	0,109	0,073	0,044	0,028	0,017	0,011
3	0,146	0,143	0,137	0,117	0,091	0,066	0,045	0,031	0,022	0,015
4	0,087	0,086	0,083	0,076	0,061	0,052	0,041	0,031	0,024	0,018
5	0,057	0,057	0,056	0,052	0,045	0,039	0,033	0,027	0,022	0,018
7	0,030	0,030	0,029	0,028	0,026	0,024	0,021	0,019	0,016	0,015
10	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,011

r= Radio de la cimentacion

X= Distancia horizontal del centro de la cimentación al punto a calcular

Z= Profundidad del punto a calcular

## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular



$$\Delta\sigma_{v(A)} = 129.2 \text{ kN} / \text{m}^2$$

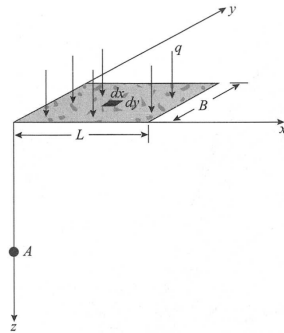
$$\Delta\sigma_{v(B)} = 67 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\Delta\sigma_{v(C)} = 56.8 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\Delta\sigma_{v(D)} = 38.8 \text{ kN} / \text{m}^2$$



## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular



$$\Delta\sigma = \int d\sigma = \int_{y=0}^B \int_{x=0}^L \frac{3qz^3(dx dy)}{2\pi(x^2 + y^2 + z^2)^{5/2}} = qI_2$$

$$m = \frac{L}{z}$$

$$n = \frac{B}{z}$$

Los incrementos de esfuerzo son hallados únicamente para puntos ubicados debajo de una esquina de la cimentación.



## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular

$$\Delta\sigma = \int d\sigma = \int_{y=0}^B \int_{x=0}^L \frac{3qz^3(dx dy)}{2\pi(x^2 + y^2 + z^2)^{5/2}} = qI_2$$

$$\text{donde } I_2 = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{2mn \sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \left( \frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{2mn \sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 - m^2n^2 + 1} \right) \right]$$



# Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular

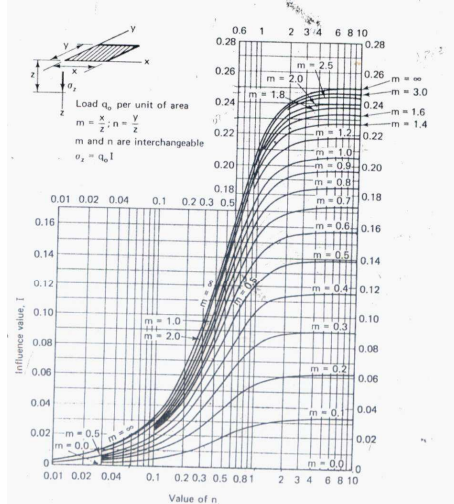


Fig. 8.21 Influence value for vertical stress under corner of a uniformly loaded rectangular area (after U.S. Navy, 1971).

Los incrementos de esfuerzos producidos por una presión uniforme  $q$ , está dada por:

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$m = \frac{L}{z}$$

$$n = \frac{B}{z}$$

## CARGA RECTANGULAR

$n=B/z$  o  $m=L/z$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
$\infty$	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular

Ejemplo: Una cimentación rectangular de 3m x 2m soporta una carga de 600 KN/m<sup>2</sup>, la cual es aplicada en la superficie del terreno.

Calcular el incremento de esfuerzo vertical debido a la carga uniforme a una profundidad de 5 m bajo uno de los vértices y bajo el centro del área cargada.

## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular

Solución:

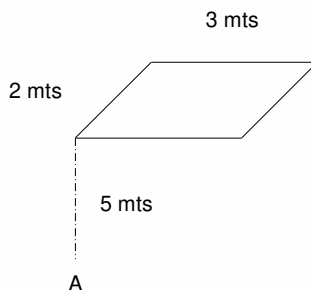
Bajo uno de los vértices

$$q = 600 \text{ KN/m}^2$$

$$L = 2.0 \text{ mts}$$

$$B = 3.0 \text{ mts}$$

$$z = 5 \text{ mts}$$



$$m = B/z = 3.0/5 = 0.6$$

$$n = L/z = 2.0/5 = 0.4$$



### CARGA RECTANGULAR

$n=B/z$  o  $m=A/z$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
$\infty$	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

B= Lado de la cimentación

A= Lado de la cimentación

Z= Profundidad del punto a calcular



## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular

Solución:

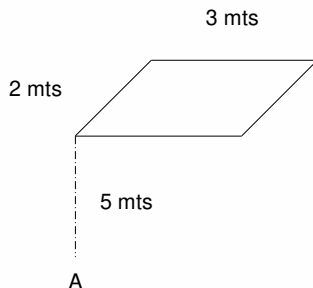
$$q= 600\text{KN/m}^2$$

Bajo uno de los vértices

$$L=2.0 \text{ mts}$$

$$B= 3.0 \text{ mts}$$

$$z= 5 \text{ mts}$$



$$m=B/z= 3.0/5 = 0.6$$

$$n=L/z= 2.0/5 = 0.4$$

$$I_z=0.080$$

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_{v(A)} = (0.080) 600 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_{v(A)} = 48 \text{ KN} / \text{m}^2$$



## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular

Solución:

Bajo el centro

$$q = 600 \text{ KN/m}^2$$

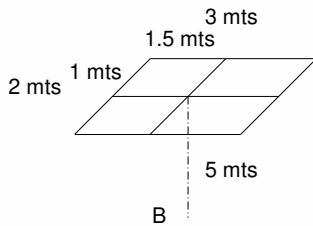
$$L = 1.5 \text{ mts}$$

$$B = 1.0 \text{ mts}$$

$$z = 5 \text{ mts}$$

$$m = B/z = 1.0/5 = 0.2$$

$$n = L/z = 1.5/5 = 0.3$$



### CARGA RECTANGULAR

$n = B/z$  o  $m = A/z$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
0,3	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
0,4	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
0,5	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
0,6	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
0,7	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
0,8	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
0,9	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
1,0	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
1,2	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
1,5	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
2	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
2,5	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
3	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
5	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
10	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
$\infty$	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032

B= Lado de la cimentacion

A= Lado de la cimentacion

Z= Profundidad del punto a calcular

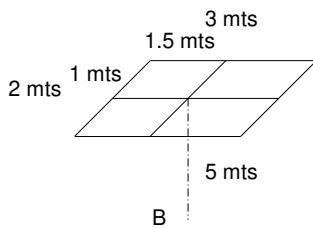




## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular

Solución:

Bajo el centro



$$q = 600 \text{ KN/m}^2$$

$$L = 1.5 \text{ mts}$$

$$B = 1.0 \text{ mts}$$

$$z = 5 \text{ mts}$$

$$m = B/z = 1.0/5 = 0.2$$

$$n = L/z = 1.5/5 = 0.3$$



$$I_z = 0.026$$

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = 4(0.026)600 \text{ KN/m}^2$$

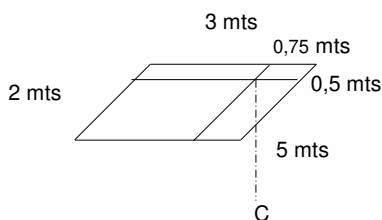
$$\Delta \sigma_v = 62.4 \text{ KN/m}^2$$



## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular

Solución:

Bajo un punto al interior



$$q = 600 \text{ KN/m}^2$$

$$z = 5 \text{ mts}$$



AREA I (2,25;0,5)

$$m = B/z = 2,25/5 = 0,45$$

$$n = L/z = 0,5/5 = 0,1$$

$$I = 0.0183$$

AREA II (0,75;0,5)

$$m = B/z = 0,75/5 = 0,15$$

$$n = L/z = 0,5/5 = 0,1$$

$$I = 0.0070$$

AREA III (2,25;1,5)

$$m = B/z = 2,25/5 = 0,45$$

$$n = L/z = 1,5/5 = 0,3$$

$$I = 0.0519$$

AREA IV (0,75;1,5)

$$m = B/z = 0,75/5 = 0,15$$

$$n = L/z = 1,5/5 = 0,3$$

$$I = 0.0197$$

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = (0.0183 + 0.0070 + 0.0519 + 0.0197) 600 \text{ KN/m}^2$$

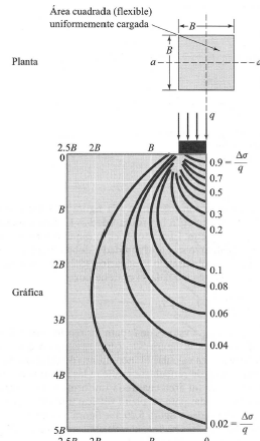
$$\Delta \sigma_v = (0.0969) 600 \text{ KN/m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 58.14 \text{ KN/m}^2$$





## Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área rectangular

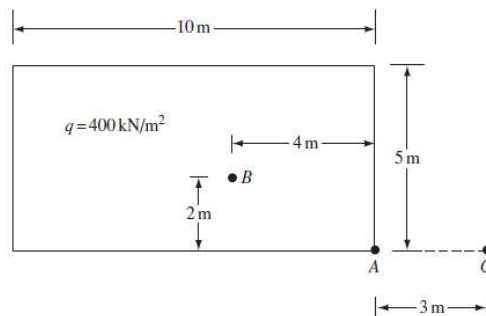


(Nota: Las isobaras son para un área  $a \times a$  como se muestra en la planta.)  
**FIGURA 5.20** Isobaras de presión vertical bajo un área cuadrada cargada uniformemente.

### Ejercicio 2:

En la figura se muestra el plano de un área rectangular uniformemente cargada. La carga uniformemente distribuida sobre el área flexible ( $q$ ) es de  $400 \text{ kN/m}^2$ . Determine el aumento del esfuerzo vertical ( $\Delta\sigma$ ) a una profundidad de  $z = 5 \text{ m}$  por debajo de:

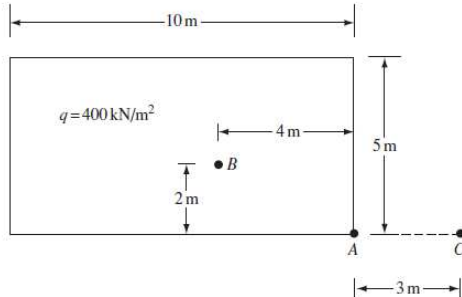
- a.** El punto A. **b.** El punto B. **c.** El punto C.





## Solución:

Para calcular el incremento de esfuerzos bajo el punto A



$$q = 400 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 10 \text{ mts}$$

$$B = 5 \text{ mts}$$

$$z = 5 \text{ mts}$$

$$m = B/z = 10/5 = 2$$

$$n = L/z = 5/5 = 1$$



## CARGA RECTANGULAR

$$n = B/z \text{ o } m = A/z$$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	∞
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,191	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
∞	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

B= Lado de la cimentacion

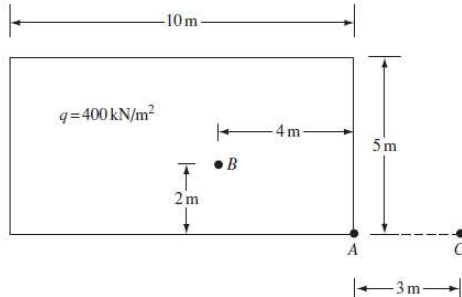
A= Lado de la cimentacion

Z= Profundidad del punto a calcular



### Solución:

Para calcular el incremento de esfuerzos bajo el punto A



$$q = 400 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 10 \text{ mts}$$

$$B = 5 \text{ mts}$$

$$z = 5 \text{ mts}$$

$$m = B/z = 10/5 = 2$$

$$n = L/z = 5/5 = 1$$

$$I_z = 0.2$$

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

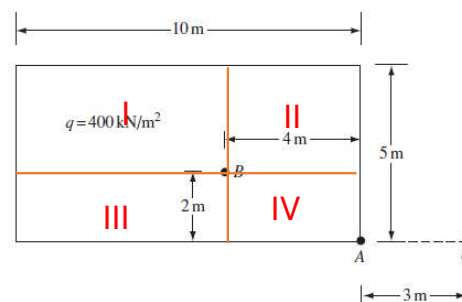
$$\Delta \sigma_v = (0.20) 400 \text{ kN / m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 80 \text{ kN / m}^2$$



### Solución:

Para calcular el incremento de esfuerzos bajo el punto B



$$q = 400 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{AREA I (6m;3m)}$$

$$m = B/z = 6/5 = 1.2$$

$$n = L/z = 3/5 = 0.6$$



### CARGA RECTANGULAR

$n=B/z$  o  $m=A/z$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
$\infty$	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

B= Lado de la cimentación

A= Lado de la cimentación

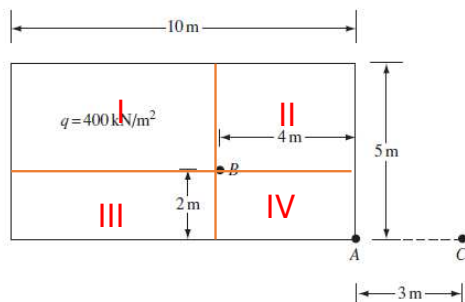
Z= Profundidad del punto a calcular



### Solución:

Para calcular el incremento de esfuerzos bajo el punto B

$q = 400 \text{ kN/m}^2$



AREA I (6m;3m)

$m=B/z=6/5=1.2$

$n=L/z=3/5=0.6$

$I=0,1431$

AREA II (4m;3m)

$m=B/z=4/5=0.8$

$n=L/z=3/5=0.6$





### CARGA RECTANGULAR

$n=B/z$  o  $m=A/z$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
$\infty$	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

B= Lado de la cimentación

A= Lado de la cimentación

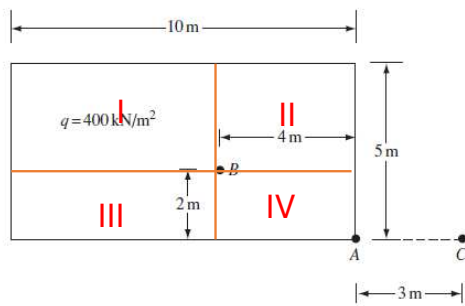
Z= Profundidad del punto a calcular



### Solución:

Para calcular el incremento de esfuerzos bajo el punto B

$q= 400\text{KN/m}^2$



**AREA I (6m;3m)**

$m=B/z=6/5 = 1.2$

$n=L/z=3/5 = 0.6$

**$I=0,1431$**

**AREA III (6m;2m)**

$m=B/z=6/5 = 1.2$

$n=L/z=2/5 = 0.4$

**AREA II (4m;3m)**

$m=B/z=4/5 \approx 0.8$

$n=L/z=3/5 = 0.6$

**$I=0,1247$**





### CARGA RECTANGULAR

$n=B/z$  o  $m=A/z$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,125	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
$\infty$	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

B= Lado de la cimentación

A= Lado de la cimentación

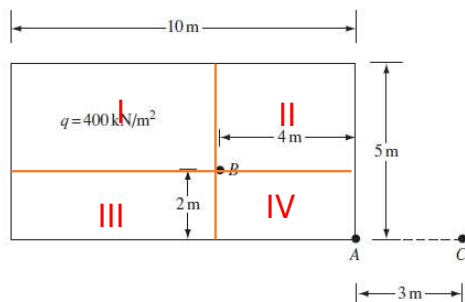
Z= Profundidad del punto a calcular



### Solución:

Para calcular el incremento de esfuerzos bajo el punto B

$q= 400\text{KN/m}^2$



**AREA I (6m;3m)**

$m=B/z=6/5 = 1.2$

$n=L/z=3/5 = 0.6$

**$I=0,1431$**

**AREA III (6m;2m)**

$m=B/z=6/5 = 1.2$

$n=L/z=2/5 = 0.4$

**$I=0,1063$**

**AREA II (4m;3m)**

$m=B/z=4/5 = 0.8$

$n=L/z=3/5 = 0.6$

**$I=0,1247$**

**AREA IV (4m;2m)**

$m=B/z=4/5 = 0.8$

$n=L/z=2/5 = 0.4$







### CARGA RECTANGULAR

$$n=B/z \text{ o } m=A/z$$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,086	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
$\infty$	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

B= Lado de la cimentación

A= Lado de la cimentación

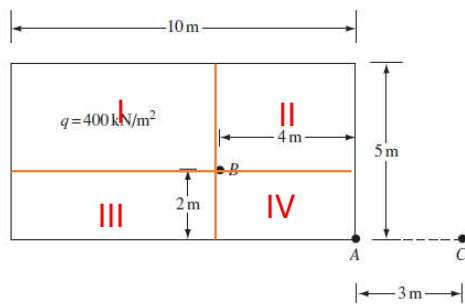
Z= Profundidad del punto a calcular



### Solución:

Para calcular el incremento de esfuerzos bajo el punto B

$$q= 400\text{KN}/\text{m}^2$$



AREA I (6m;3m)

$$m=B/z=6/5 = 1.2$$

$$n=L/z=3/5 = 0.6$$

$$I=0,1431$$

AREA III (6m;2m)

$$m=B/z=6/5 = 1.2$$

$$n=L/z=2/5 = 0.4$$

$$I=0,1063$$

AREA II (4m;3m)

$$m=B/z=4/5 = 0.8$$

$$n=L/z=3/5 = 0.6$$

$$I=0,1247$$

AREA IV

$$m=B/z=4/5 = 0.8$$

$$n=L/z=2/5 = 0.4$$

$$I=0,0931$$

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = (0.1431 + 0.1247 + 0.1063 + 0.0931) 400 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = (0.4672) 400 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 186.88 \text{ KN} / \text{m}^2$$



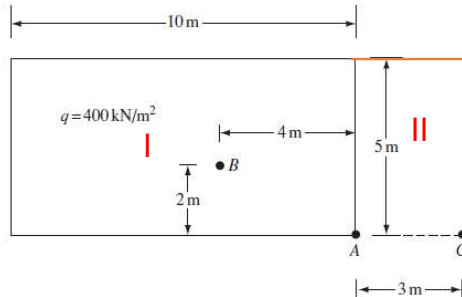






### Solución:

Para calcular el incremento de esfuerzos bajo el punto C



$$q = 400 \text{ kN/m}^2$$

$$z = 5 \text{ m}$$

AREA I (13m;5m)

$$m = B/z = 13/5 = 2.6$$

$$n = L/z = 5/5 = 1.0$$

$$I = 0.2026$$

AREA II (5m;3m)

$$m = B/z = 3/5 = 0.6$$

$$n = L/z = 5/5 = 1.0$$

$$I = 0.1360$$

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = (0.2026 - 0.1360) 400 \text{ kN / m}^2$$

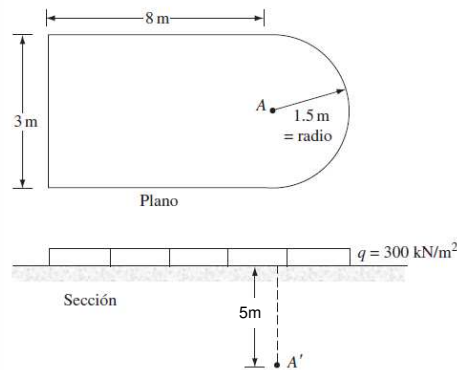
$$\Delta \sigma_v = (0.0666) 400 \text{ kN / m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 26.64 \text{ kN / m}^2$$



### Ejercicio 3:

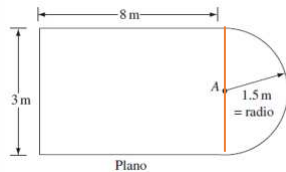
El área mostrada está cargada uniformemente con  $q = 300 \text{ kN/m}^2$ , determine el incremento del esfuerzo vertical en el punto A' ubicado a una profundidad de 5 m por abajo del punto A (como se muestra en el plano).





## Solución

Para calcular el incremento de esfuerzos, dividiremos el área en dos partes, una rectangular y otra semicircular



$$\Delta\sigma_v = \Delta\sigma_v \text{ Rectángulo} + \Delta\sigma_v \text{ Semicírculo}$$

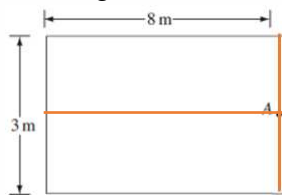
$$q = 300 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 1.5 \text{ mts}$$

$$B = 8 \text{ mts}$$

$$z = 5 \text{ mts}$$

Rectángulo



$$m = B/z = 8/5 = 1.6$$

$$n = L/z = 1.5/5 = 0.3$$



## CARGA RECTANGULAR

$n = B/z$  o  $m = A/z$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,059	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
$\infty$	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

B= Lado de la cimentación

A= Lado de la cimentación

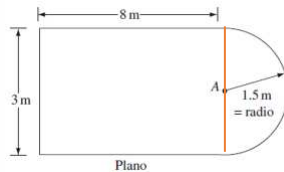
Z= Profundidad del punto a calcular





### Solución

Para calcular el incremento de esfuerzos, dividiremos el área en dos partes, una rectangular y otra semicircular



$$\Delta \sigma_v = \Delta \sigma_v \text{ Rectangulo} + \Delta \sigma_v \text{ Semicirculo}$$

$$q = 300 \text{ KN/m}^2$$

$$L = 1.5 \text{ mts}$$

$$B = 8 \text{ mts}$$

$$z = 5 \text{ mts}$$

$$m = B/z = 8/5 = 1.6$$

$$I_z = 0.0871$$

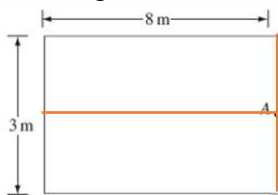
$$n = L/z = 1.5/5 = 0.3$$

$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = 2(0.0871)300 \text{ KN/m}^2$$

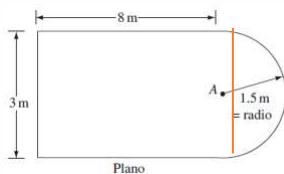
$$\Delta \sigma_v = 52.26 \text{ KN/m}^2$$

### Rectángulo



### Solución

Para calcular el incremento de esfuerzos, dividiremos el área en dos partes, una rectangular y otra semicircular



$$\Delta \sigma_v = \Delta \sigma_v \text{ Rectangulo} + \Delta \sigma_v \text{ Semicirculo}$$

$$r = 1.5 \text{ mts}$$

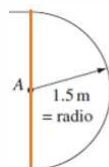
$$z/r = 5/1.5 = 3.33$$

$$x = 0.0 \text{ mts}$$

$$x/r = 0.0/1.5 = 0$$

$$z = 5 \text{ mts}$$

### Semicírculo





# Esfuerzos debidos a cargas uniformemente distribuida sobre un área circular

CARGA CIRCULAR

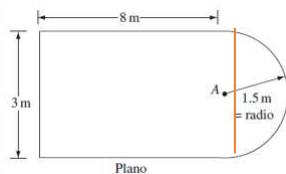
	X/r									
	0	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0,25	0,986	0,983	0,964	0,460	0,015	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	0,911	0,895	0,840	0,418	0,060	0,010	0,003	0,000	0,000	0,000
0,75	0,784	0,762	0,691	0,374	0,105	0,025	0,010	0,002	0,000	0,000
1	0,646	0,625	0,560	0,335	0,125	0,043	0,016	0,007	0,003	0,000
1,25	0,524	0,508	0,455	0,295	0,135	0,057	0,023	0,010	0,005	0,001
1,5	0,424	0,413	0,374	0,256	0,137	0,064	0,029	0,013	0,007	0,002
1,75	0,346	0,336	0,309	0,223	0,135	0,071	0,037	0,018	0,009	0,004
2	0,284	0,277	0,258	0,194	0,127	0,073	0,041	0,022	0,012	0,006
2,5	0,200	0,196	0,186	0,150	0,109	0,073	0,044	0,028	0,017	0,011
3	0,146	0,143	0,137	0,117	0,091	0,066	0,045	0,031	0,022	0,015
4	0,087	0,086	0,083	0,076	0,061	0,052	0,041	0,031	0,024	0,018
5	0,057	0,057	0,056	0,052	0,045	0,039	0,033	0,027	0,022	0,018
7	0,030	0,030	0,029	0,028	0,026	0,024	0,021	0,019	0,016	0,015
10	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,011

r= Radio de la cimentacion

X= Distancia horizontal del centro de la cimentación al punto a calcular

Z= Profundidad del punto a calcular

Para calcular el incremento de esfuerzos, dividiremos el área en dos partes, una rectangular y otra semicircular



$$\Delta \sigma_v = \Delta \sigma_v \text{ Rectangulo} + \Delta \sigma_v \text{ Semicirculo}$$

$$r=1.5 \text{ mts}$$

$$z/r=5/1.5 = 3.33$$

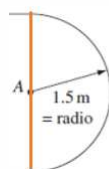
$$x=0.0 \text{ mts}$$

$$x/r=0.0/1.5 = 0$$

$$z= 5 \text{ mts}$$

$$I_z=0.1263$$

Semicírculo



$$\Delta \sigma_v = q_0 I$$

$$\Delta \sigma_v = \frac{1}{2} (0.1263) 300 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 18.95 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = \Delta \sigma_v \text{ Rectangulo} + \Delta \sigma_v \text{ Semicirculo}$$

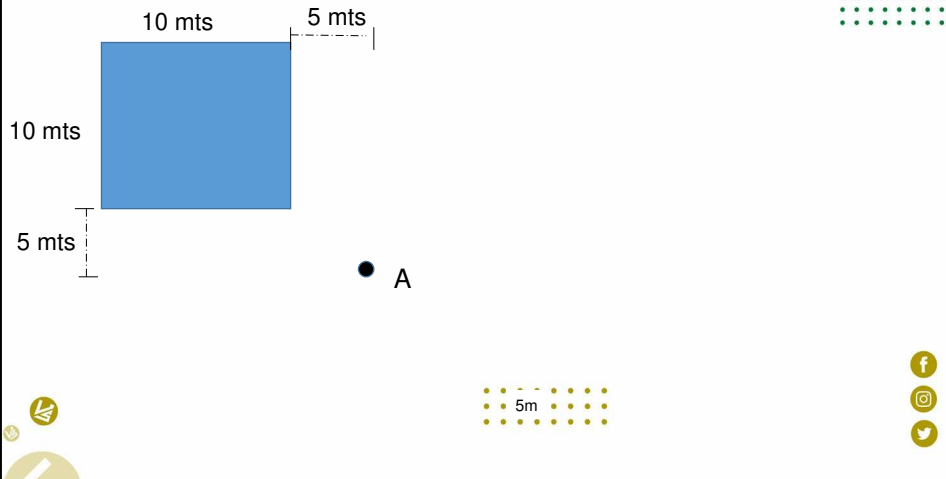
$$\Delta \sigma_v = 52.26 \text{ KN} / \text{m}^2 + 18.95 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\Delta \sigma_v = 71.21 \text{ KN} / \text{m}^2$$



## Ejercicio 4

Determinar el incremento de esfuerzos ocasionado por la carga cuadrada mostrada ( $q=400\text{kN/m}^2$ ), en el punto A ubicado a una profundidad de 5m.



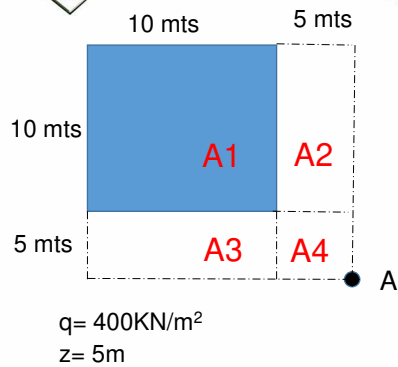
$$m=B/z$$


$$n=L/z$$

### AREA 1

$$m=B/z=15/5=3$$

$$n=L/z=15/5=3$$






Universidad de Sucre


CARGA RECTANGULAR

$n=B/z$  o  $m=A/z$




	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
$\infty$	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

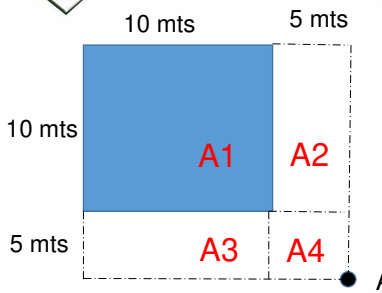
B= Lado de la cimentación  
 A= Lado de la cimentación  
 Z= Profundidad del punto a calcular



Universidad de Sucre

INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA





10 mts      5 mts

10 mts

5 mts

**A1**   **A2**

**A3**   **A4**

● A

$q = 400 \text{ KN/m}^2$   
 $z = 5 \text{ m}$

$m=B/z$

$n=L/z$

**AREA 1**

$m=B/z=15/5=3$


$n=L/z=15/5=3$

**$I=0.244$**


**AREA 2**

$m=B/z=5/5=1$

$n=L/z=15/5=3$



Universidad de Sucre




CARGA RECTANGULAR

$n=B/z$  o  $m=A/z$


	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	$\infty$
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
$\infty$	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

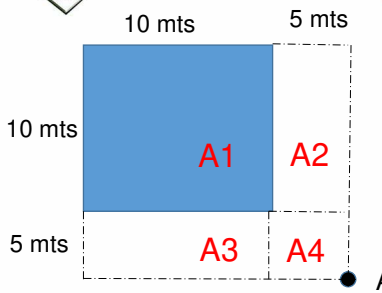
$n=B/z$  o  $m=A/z$   
 B= Lado de la cimentación  
 A= Lado de la cimentación  
 Z= Profundidad del punto a calcular



Universidad de Sucre

INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA





10 mts      5 mts

10 mts

5 mts

$q = 400 \text{ KN/m}^2$   
 $z = 5 \text{ m}$

$m=B/z$

$n=L/z$

**AREA 1**

$m=B/z=15/5=3$

$n=L/z=15/5=3$

**$I=0.244$**

**AREA 2**

$m=B/z=5/5=1$

$n=L/z=15/5=3$

**$I=0.203$**

**AREA 3**

$m=B/z=5/5=1$


$n=L/z=15/5=3$

**$I=0.203$**


**AREA 4**

$m=B/z=5/5=1$

$n=L/z=5/5=1$




**Universidad de Sucre**  
INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA




**CARGA RECTANGULAR**  
n=B/z o m=A/z

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3	5	10	∞
0,1	0,005	0,009	0,013	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032
0,2	0,009	0,018	0,026	0,033	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,057	0,061	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,3	0,013	0,026	0,037	0,047	0,056	0,063	0,069	0,073	0,077	0,079	0,083	0,086	0,089	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
0,4	0,017	0,033	0,047	0,060	0,071	0,080	0,087	0,093	0,098	0,101	0,106	0,110	0,113	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
0,5	0,020	0,039	0,056	0,071	0,084	0,095	0,103	0,110	0,116	0,120	0,126	0,131	0,135	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137
0,6	0,022	0,043	0,063	0,080	0,095	0,107	0,117	0,125	0,131	0,136	0,143	0,149	0,153	0,155	0,156	0,156	0,156	0,156
0,7	0,024	0,047	0,069	0,087	0,103	0,117	0,128	0,137	0,144	0,149	0,157	0,164	0,169	0,170	0,171	0,172	0,172	0,172
0,8	0,026	0,050	0,073	0,093	0,110	0,125	0,137	0,146	0,154	0,160	0,168	0,176	0,181	0,183	0,184	0,185	0,185	0,185
0,9	0,027	0,053	0,077	0,098	0,116	0,131	0,144	0,154	0,162	0,168	0,178	0,186	0,192	0,194	0,195	0,196	0,196	0,196
1,0	0,028	0,055	0,079	0,101	0,120	0,136	0,149	0,160	0,168	0,175	0,185	0,193	0,200	0,202	0,203	0,204	0,205	0,205
1,2	0,029	0,057	0,083	0,106	0,126	0,143	0,157	0,168	0,178	0,185	0,196	0,205	0,212	0,215	0,216	0,217	0,218	0,218
1,5	0,030	0,059	0,086	0,110	0,131	0,149	0,164	0,176	0,186	0,193	0,205	0,215	0,223	0,226	0,228	0,229	0,230	0,230
2	0,031	0,061	0,089	0,113	0,135	0,153	0,169	0,181	0,192	0,200	0,212	0,223	0,232	0,236	0,238	0,239	0,240	0,240
2,5	0,031	0,062	0,090	0,115	0,137	0,155	0,170	0,183	0,194	0,202	0,215	0,226	0,236	0,240	0,242	0,244	0,244	0,244
3	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,171	0,184	0,195	0,203	0,216	0,228	0,238	0,242	0,244	0,246	0,247	0,247
5	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,204	0,217	0,229	0,239	0,244	0,246	0,249	0,249	0,249
10	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250
∞	0,032	0,062	0,090	0,115	0,137	0,156	0,172	0,185	0,196	0,205	0,218	0,230	0,240	0,244	0,247	0,249	0,250	0,250

B= Lado de la cimentacion  
 A= Lado de la cimentacion  
 Z= Profundidad del punto a calcular



**Universidad de Sucre**  
INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA



**CARGA RECTANGULAR**  
n=B/z o m=A/z

**AREA 1**

m=B/z=15/5 =3

n=L/z=15/5 = 3

**I=0.244**

**AREA 2**

m=B/z=5/5 =1

n=L/z=15/5 = 3

**I=0.203**

**AREA 3**

m=B/z=5/5 =1

n=L/z=15/5 = 3

**I=0.203**

**AREA 4**

m=B/z=5/5 =1

n=L/z=5/5 = 1

**I=0.1752**

q= 400KN/m<sup>2</sup>

z= 5m

$\Delta \sigma_v = q_0 I$

$\Delta \sigma_v = (0.244 - 0.203 - 0.203 + 0.1752) 400 \text{ KN} / \text{m}^2$

$\Delta \sigma_v = (0.0132) 400 \text{ KN} / \text{m}^2$

$\Delta \sigma_v = 5.28 \text{ KN} / \text{m}^2$

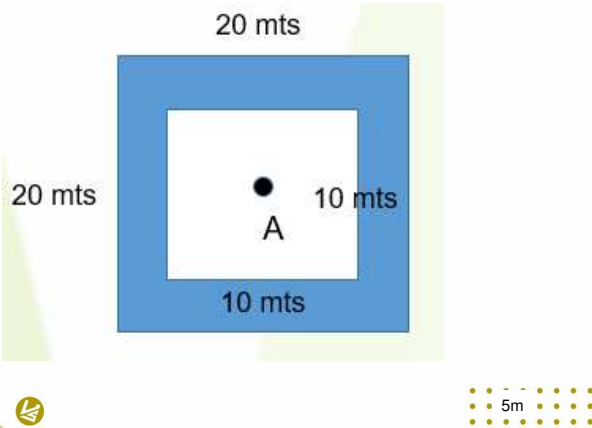


Universidad de Sucre  
INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA



### Ejercicio 5

Determinar el incremento de esfuerzos ocasionado por la carga cuadrada mostrada ( $q=500\text{kN/m}^2$ ), en el punto A, B y C ubicados a una profundidad de 5m.

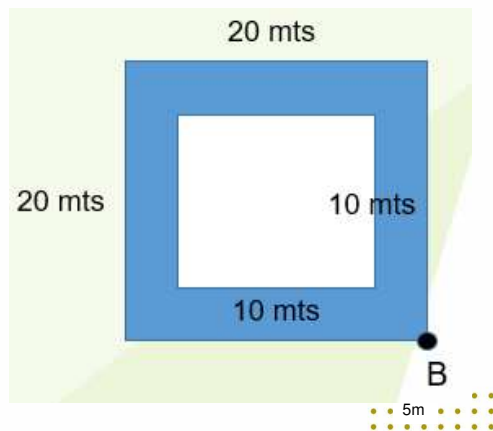


Universidad de Sucre  
INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA



### Ejercicio 5

Determinar el incremento de esfuerzos ocasionado por la carga cuadrada mostrada ( $q=500\text{kN/m}^2$ ), en el punto A, B y C ubicados a una profundidad de 5m.

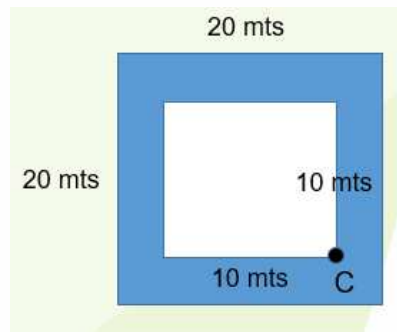






## Ejercicio 5

Determinar el incremento de esfuerzos ocasionado por la carga cuadrada mostrada ( $q=500\text{kN/m}^2$ ), en el punto A, B y C ubicados a una profundidad de 5m.



5m

