

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

CIMENTACIONES 74.11
GEOTECNIA APLICADA 94.09

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

Cuando los lados de las bases contiguas se encuentran muy cercanos o se superponen

↓

Conviene unirlos y diseñar una base combinada.

↓

Determinar la flexibilidad de la base, para poder determinar las solicitaciones y dimensionarla.

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

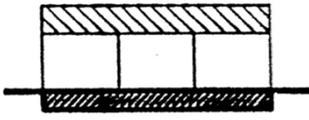
Lámina 2

	<p>CIMENTACIONES RÍGIDAS: Se dimensionan como un sólido rígido con modelos de tensiones admisibles ó de capacidad de carga.</p> <p>CIMENTACIONES FLEXIBLES: Se dimensionan considerando la deformación del terreno con modelos de respuesta del terreno e interacción suelo-estructura.</p>
	<p>FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 3</p>

	<p>IMPORTANTE!</p> <p>Al dimensionar una fundación se debe tener en cuenta la influencia de la misma sobre la estructura superior.</p> <p>Las estructuras de poca rigidez se adaptan a las deformaciones del terreno y las estructuras de fundación rígidas se recomiendan cuando se desea reducir los asentamientos diferenciales.</p> <p>De acuerdo a las rigideces relativas entre superestructura y fundación, se pueden considerar los siguientes casos:</p>
	<p>FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 4</p>

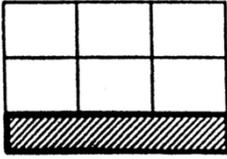
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

- La rigidez de la superestructura es mucho mayor que la rigidez de la fundación.



RÍGIDA-FLEXIBLE

- La rigidez de la fundación es mucho mayor que la rigidez de la superestructura.

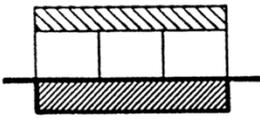


FLEXIBLE-RÍGIDA

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 5

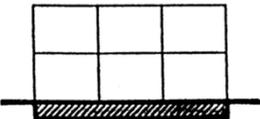
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

- Las rigideces de la superestructura y de la fundación son del mismo orden y grandes, es decir, tanto la superestructura como la fundación son muy rígidas. (la distribución de presiones puede suponerse lineal)



RÍGIDA-RÍGIDA

- Las rigideces de la estructura y de la fundación son del mismo orden y pequeñas.



FLEXIBLE-FLEXIBLE

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 6

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

¿CUÁNDO UNA BASE ES RÍGIDA Y CUÁNDO ES FLEXIBLE?

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 7

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

Rigidez relativa suelo-fundación

La longitud característica es un parámetro que relaciona la rigidez de la base con la rigidez del suelo (interacción suelo-estructura).

$$L_0 = \sqrt[4]{\frac{4 E I}{b k s}}$$

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 8

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

Longitud característica:

$$L_0 = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{b \cdot ks}}$$

ks: coeficiente de balasto
b: ancho
I: momento de inercia
E: módulo de elasticidad del hormigón

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 9

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

Si l es tal que:

$l \leq \frac{\pi}{2} \cdot L_0$	rígida
$\frac{\pi}{2} \cdot L_0 \leq l \leq \pi \cdot L_0$	semi rígida
$\pi \cdot L_0 \leq l \leq 2\pi \cdot L_0$	flexible
$l \geq 2\pi \cdot L_0$	muy flexible

donde: l es la separación entre columnas

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 10



Coeficiente de balasto

$$k_s = \frac{q}{\delta} \quad [t/m^3]$$

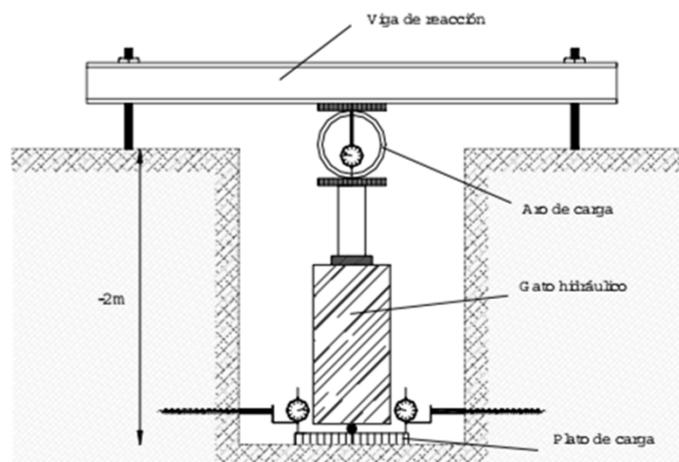
k_s depende de las propiedades del suelo pero no es una constante del mismo, ya que el asentamiento depende de las dimensiones del área cargada.

q : presión que actúa en un punto

δ : asentamiento



Coeficiente de balasto



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

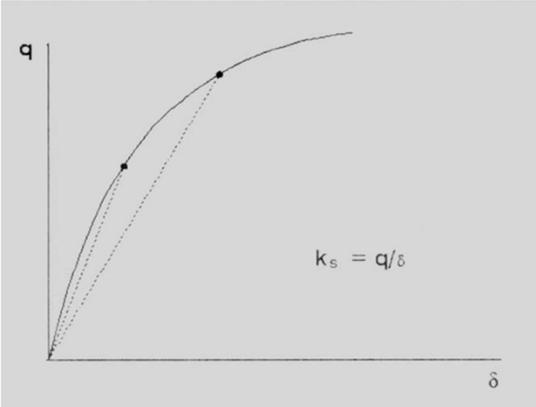
Coeficiente de balasto

La determinación se hace por métodos experimentales, mediante ensayos de placa de carga (PLT), que es un ensayo de carga sobre el terreno, que se realiza utilizando una placa metálica rígida de sección cuadrada de 30,5 cm de lado ó de sección circular con un diámetro de 30,5 cm.

Se puede determinar el coeficiente de balasto horizontal ó vertical.

Lámina 13

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA



Resultados de un ensayo de carga sobre una placa metálica normalizada apoyada en el suelo donde se determinan los asentamientos generados por un incremento de presiones al aumentar la carga.

Lámina 14

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras (94.09) GEOTECNIA APLICADA

El coeficiente de balasto de un suelo es difícil de obtener experimentalmente y a veces se estima de acuerdo a tablas que recomiendan valores aproximados para distintos tipos de suelos.

VALORES DE K_{30} PROPUESTOS POR TERZAGHI

<i>Suelo</i>	<i>K_{30} (Kp/cm³)</i>
Arena seca o húmeda	
—Suelta	0,64-1,92 (1,3)*
—Media	1,92-9,60 (4,0)
—Compacta	9,60-32 (16,0)
Arena sumergida	
—Suelta	(0,8)
—Media	(2,50)
—Compacta	(10,0)
Arcilla	
$q_u = 1-2$ Kp/cm ²	1,6-3,2 (2,5)
$q_u = 2-4$ Kp/cm ²	3,2-6,4 (5,0)
$q_u > 4$ Kp/cm ²	> 6,4 (10)

* Entre paréntesis los valores medios propuestos.

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

Lámina 15

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras (94.09) GEOTECNIA APLICADA

Coeficiente de balasto de una placa cuadrada de 30 cm de lado \neq Coeficiente de balasto para el tamaño real de la cimentación.

El valor debe ser corregido por las dimensiones de la cimentación. Terzaghi (1955) propuso las siguientes fórmulas:

Para una zapata cuadrada de lado B(m) el coeficiente de balasto valdrá:

* Para suelos cohesivos:

$$K = \frac{K_{30} \cdot 0,3}{B}$$

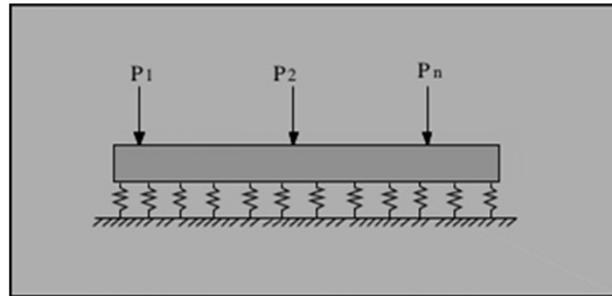
* Para suelos arenosos:

$$K = K_{30} \cdot \left(\frac{B + 0,3}{2 \cdot B} \right)^2$$

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

Lámina 16

Una de las aplicaciones de la teoría elástica, que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación de una estructura en relación con el suelo sobre el cual está asentada, es aquella que trata de representar al suelo como un lecho conformado por varios resortes elásticos independientes, idea original concebida por **Winkler** (1867).



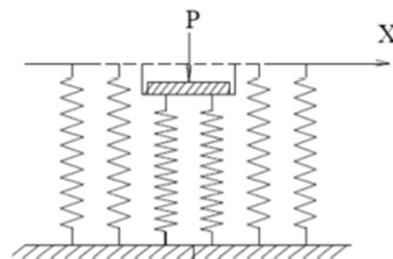
FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

Lámina 17

Dicho modelo supone que el asentamiento del suelo en cualquier punto de la superficie que está en contacto con la estructura, es proporcional al esfuerzo aplicado directamente sobre dicha posición, e independiente del esfuerzo aplicado en otro lugar del elemento estructural.



Desprecia la resistencia al corte de los elementos contiguos.



FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

Lámina 18

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras (94.09) GEOTECNIA APLICADA	<p>El modelo para la obtención de los esfuerzos consiste en discretizar la fundación en pequeños elementos y la cantidad de elementos dependerá de la precisión requerida en el análisis.</p> <p>Para cada nudo se deben encontrar las constantes de los resortes a partir del coeficiente de balasto adoptado, de la separación entre nudos y del ancho B de la zapata.</p> <p>Una vez calculadas las constantes de los elementos, se introducen los datos a un programa, del cuál se obtienen las solicitaciones, para finalmente dimensionar las armaduras.</p>
FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES	Lámina 19

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras (94.09) GEOTECNIA APLICADA	<p>¿De qué manera se resuelve este problema?</p> 
FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES	Lámina 20

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

Ecuación diferencial de la elástica:

$$E.I \frac{d^2 y(x)}{dx^2} = M(x)$$

Derivando y reemplazando:

$$E.I \frac{d^3 y(x)}{dx^3} = V(x)$$

$$E.I \frac{d^4 y(x)}{dx^4} + ks.b.y(x) = q(x)$$

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 21

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

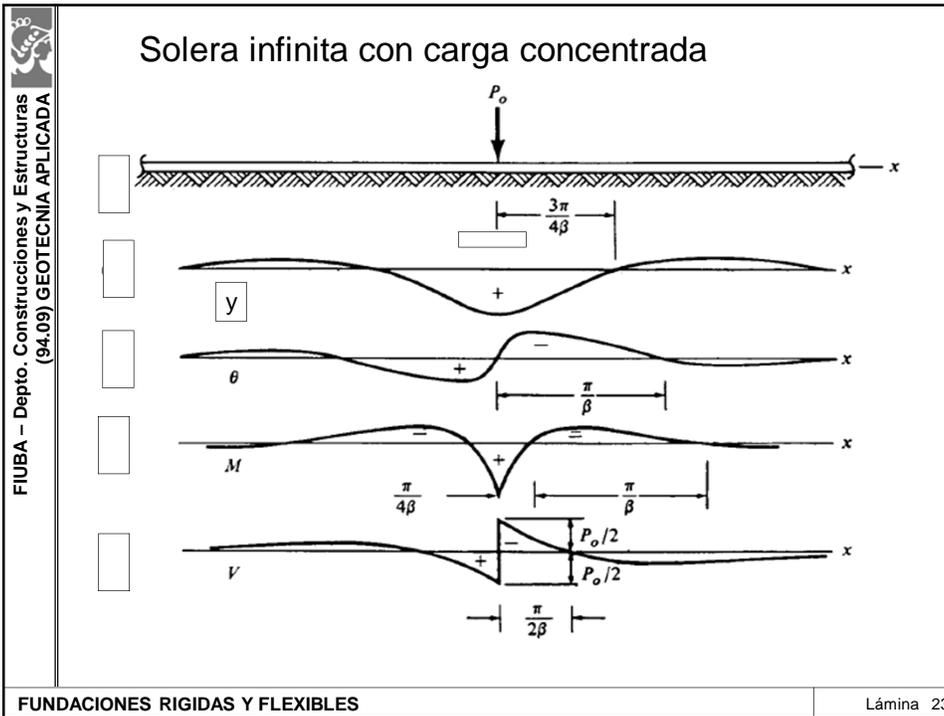
La solución general de la ecuación homogénea, $q(x)=0$, es:

$$y = e^{\beta x} \cdot (A \operatorname{sen} \beta x + B \operatorname{cos} \beta x) + e^{-\beta x} \cdot (C \operatorname{sen} \beta x + D \operatorname{cos} \beta x)$$

con: $\beta = \sqrt[4]{\frac{b ks}{E I}} = \frac{1}{L_0}$

Factor de amortiguación, cuyas constantes se determinan en particular para cada caso.

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 22

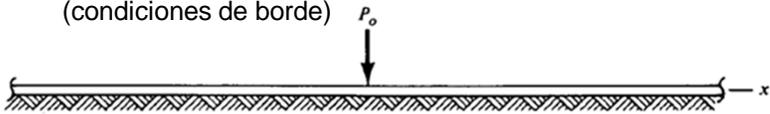


SOLERA DE LONGITUD FINITA
 ↓
SOLERA DE LONGITUD INFINITA CON UNA CARGA CONCENTRADA
 +
SOLERA SEMI INFINITA CON CARGA CONCENTRADA EN UN EXTREMO Y LUEGO EN EL OTRO
 +
SOLERA SEMI INFINITA CON UN PAR EN UN EXTREMO Y LUEGO EN EL OTRO

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 24

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

a) Solera infinita con carga concentrada
(condiciones de borde)



1) Si: $x = \infty \rightarrow y = 0$
 $\Rightarrow A = B = 0$

2) Si: $x = 0$ (simetría) $\rightarrow \frac{dy}{dx} = 0$
 $\Rightarrow C = D$

3) Si: $x = 0 \rightarrow V = -\frac{P}{2} = \frac{d^3y}{dx^3}$
 $\Rightarrow C = \frac{P}{8.E.I.\beta^3}$

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 25

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

Resulta:

$$y = -\frac{P}{8 \cdot E \cdot I \cdot \beta^3} \xi_1$$

$$M(x) = \frac{P}{4 \cdot \beta} \xi_3$$

$$V(x) = -\frac{P}{2} \xi_4$$

Con:

$$\xi_1 = e^{-\beta x} (\cos \beta x + \operatorname{sen} \beta x)$$

$$\xi_3 = e^{-\beta x} (\cos \beta x - \operatorname{sen} \beta x)$$

$$\xi_4 = e^{-\beta x} \cos \beta x$$

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 26

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

b) Solera semi infinita con carga concentrada y par en el extremo.



1) Si: $x = \infty \rightarrow y = 0$
 $\Rightarrow A = B = 0$

2) Si: $x = 0$
 $\Rightarrow V(x=0) = -P_0$

3) Si: $x = 0$
 $\Rightarrow M(x=0) = M_0$

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 27

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

Resulta:

$$M(x) = -\frac{1}{\beta} (P_0 \cdot \xi_4 - M_0 \cdot \beta \cdot \xi_1)$$

$$V(x) = - (P_0 \cdot \xi_2 + 2 \cdot M_0 \cdot \beta \cdot \xi_4)$$

Con:

$$\xi_1 = e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x)$$

$$\xi_2 = e^{-\beta x} \sin \beta x$$

$$\xi_4 = e^{-\beta x} \cos \beta x$$

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 28

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
 (94.09) GEOTECNIA APLICADA

βx	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4
	$e^{-\beta x} \cdot (\cos \beta x + \text{sen } \beta x)$	$e^{-\beta x} \cdot \text{sen } \beta x$	$e^{-\beta x} \cdot (\cos \beta x - \text{sen } \beta x)$	$e^{-\beta x} \cdot \cos \beta x$
0,00	1,00000	0,00000	1,00000	1,00000
0,02	0,99961	0,01960	0,96040	0,98000
0,04	0,99844	0,03842	0,92160	0,96002
0,10	0,99065	0,09033	0,80998	0,90032
0,20	0,96507	0,16266	0,63975	0,80241
0,30	0,92666	0,21893	0,48880	0,70773
0,40	0,87844	0,26103	0,35637	0,61741
0,50	0,82307	0,29079	0,24149	0,53228
0,60	0,76284	0,30988	0,14307	0,45295
0,70	0,69972	0,31991	0,05990	0,37981
$\pi/4$	0,64479	0,32240	0,00000	0,32240
0,80	0,63538	0,32233	-0,00928	0,31305
0,90	0,57120	0,31848	-0,06575	0,25273
1,00	0,50833	0,30956	-0,11079	0,19877
1,10	0,44765	0,29666	-0,14567	0,15099
1,20	0,38986	0,28072	-0,17158	0,10914
1,30	0,33550	0,26260	-0,18970	0,07290
1,40	0,28492	0,24301	-0,20110	0,04191
1,50	0,23835	0,22257	-0,20679	0,01578
$\pi/2$	0,20788	0,20788	-0,20788	0,00000

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

Lámina 29

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
 (94.09) GEOTECNIA APLICADA

1,60	0,19592	0,20181	-0,20771	-0,00590
1,70	0,15762	0,18116	-0,20470	-0,02354
1,80	0,12342	0,16098	-0,19853	-0,03756
1,90	0,09318	0,14154	-0,18989	-0,04835
2,00	0,06674	0,12306	-0,17938	-0,05632
2,10	0,04388	0,10571	-0,16753	-0,06182
2,20	0,02438	0,08958	-0,15479	-0,06521
$3\pi/4$	0,00000	0,06702	-0,13404	-0,06702
2,40	-0,00562	0,06128	-0,12817	-0,06689
2,60	-0,02536	0,03829	-0,10193	-0,06364
2,80	-0,03693	0,02037	-0,07767	-0,05730
3,00	-0,04226	0,00703	-0,05631	-0,04929
π	-0,04321	0,00000	-0,04321	-0,04321
3,20	-0,04307	-0,00238	-0,03831	-0,04069
3,40	-0,04079	-0,00853	-0,02374	-0,03227
3,60	-0,03659	-0,01209	-0,01241	-0,02450
3,80	-0,03138	-0,01369	-0,00401	-0,01769
$5\pi/4$	-0,02786	-0,01393	0,00000	-0,01393
4,00	-0,02583	-0,01386	0,00189	-0,01197
$3\pi/2$	-0,00898	-0,00898	0,00898	0,00000
2π	0,00187	0,00000	0,00187	0,00187

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

Lámina 30

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras (94.09) GEOTECNIA APLICADA	<h2>MODELO DE WINKLER</h2> <h3>VENTAJAS</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Las expresiones matemáticas de la interacción suelo-estructura son muy simples. • Es posible evaluar los resultados de modelos más complejos al compararlos con los resultados del uso del modelo de Winkler. <h3>DESVENTAJAS</h3> <ul style="list-style-type: none"> • La representación del sistema desacoplado de “resortes-suelo” no corresponde al comportamiento suelo-estructura real. • La existencia de la gran variedad de recomendaciones para la determinación del módulo de reacción de la subrasante. • Su uso no es apropiado para modelar condiciones de contorno complejas. • Cuando se desea evaluar asentamientos o desplazamientos.
	<p>FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES</p> <p>Lámina 31</p>

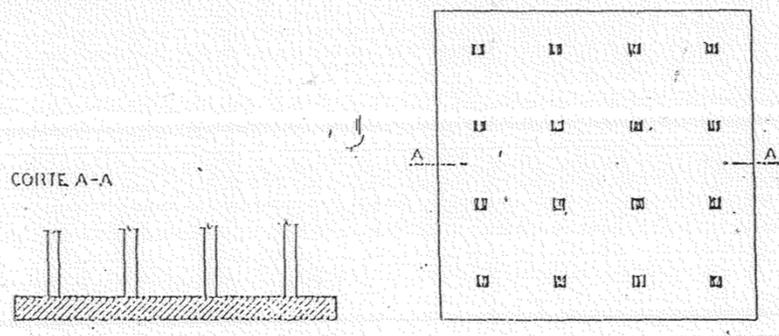
 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras (94.09) GEOTECNIA APLICADA	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <h2>PLATEAS DE FUNDACIÓN</h2> </div> <p>Estructura de fundación superficial de gran área de contacto, que puede transmitir simultáneamente los esfuerzos de un conjunto de columnas.</p> <p>Están indicadas cuando el área de zapatas ocuparía más del 50% de la planta del edificio considerando la presión admisible del terreno.</p> <p>Es un caso frecuente para terrenos de baja capacidad portante ó cuando la carga del edificio es muy grande para la tensión admisible del terreno.</p>
	<p>FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES</p> <p>Lámina 32</p>



PLATEAS DE FUNDACIÓN

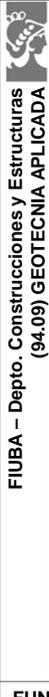
Las plateas se pueden resolver por alguno de los siguientes métodos:

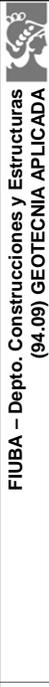
- Distribución uniforme de presiones de contacto.
- Considerando al suelo como un semiespacio elástico, isótropo y homogéneo.
- Método del coeficiente de balasto.



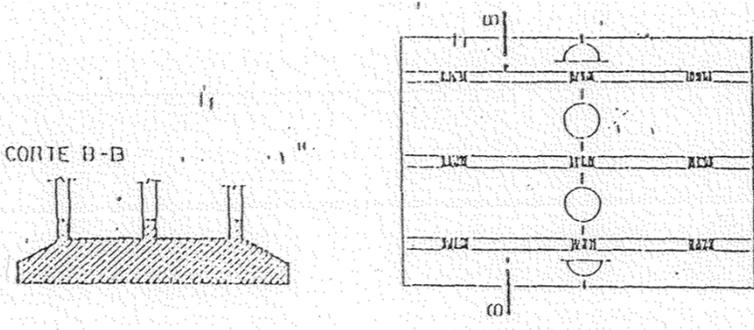
Platea macizas con espesor uniforme

Las plateas de espesor constante son las más sencillas de construir pues no necesitan encofrados, su utilización puede resultar económica cuando las cargas y la separación entre columnas no es importante, ya que el mayor volumen de hormigón utilizado se compensa con el ahorro en encofrados.

	<p>Plateas nervuradas</p> <p>Son losas con una serie de nervios principales bajo las líneas de columnas y otros secundarios.</p> <p>Los nervios se pueden hacer hacia arriba o hacia abajo de la losa.</p> <p>Las losas pueden ser unidireccionales o cruzadas.</p>	
	<p>FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES</p>	<p>Lámina 35</p>

	<p>Plateas nervuradas</p> <p>Cuando los nervios se construyen hacia arriba, tienen alguna ventaja desde el punto de vista estructural pues funcionan como viga placa en las zonas centrales, pero presenta el inconveniente de requerir encofrados para su ejecución.</p> <p>Si además se requiere una superficie plana para circular habrá que rellenar los huecos entre nervios con hormigón liviano u otro material y por encima colocar el piso.</p> <p>La variante con los nervios por debajo tiene la ventaja que en general no requiere encofrados para su ejecución.</p>	
	<p>FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES</p>	<p>Lámina 36</p>

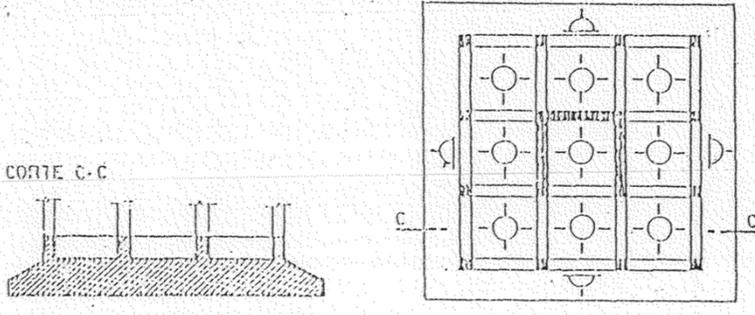
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA



Platea con vigas (con losas unidireccionales)

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 37

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

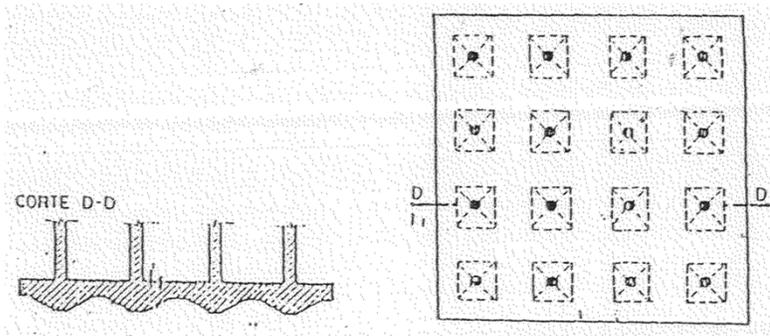


Platea con vigas (y losas cruzadas)

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 38

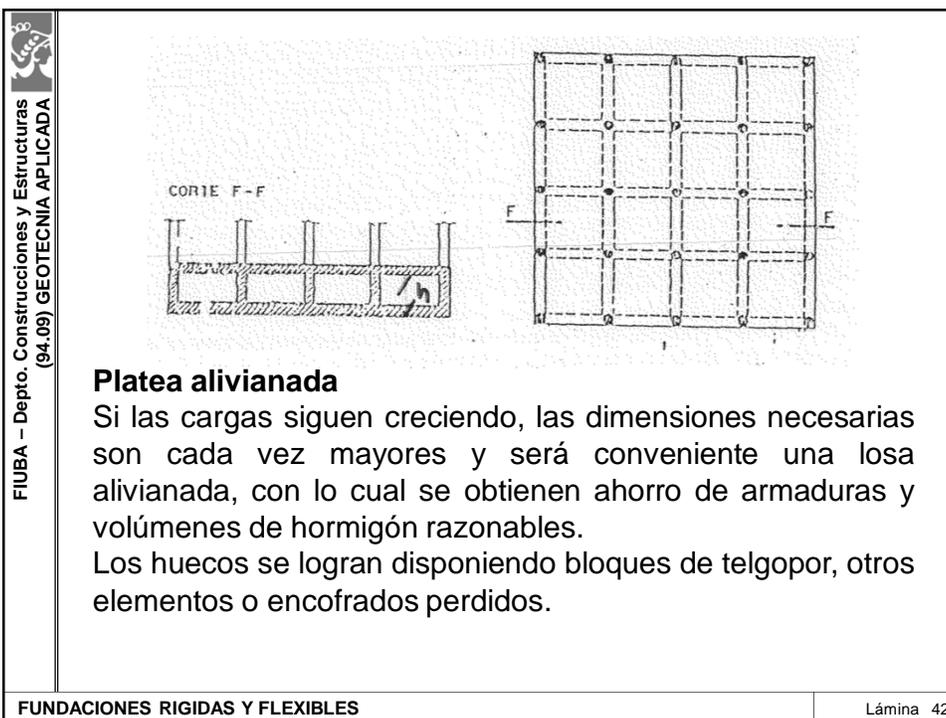
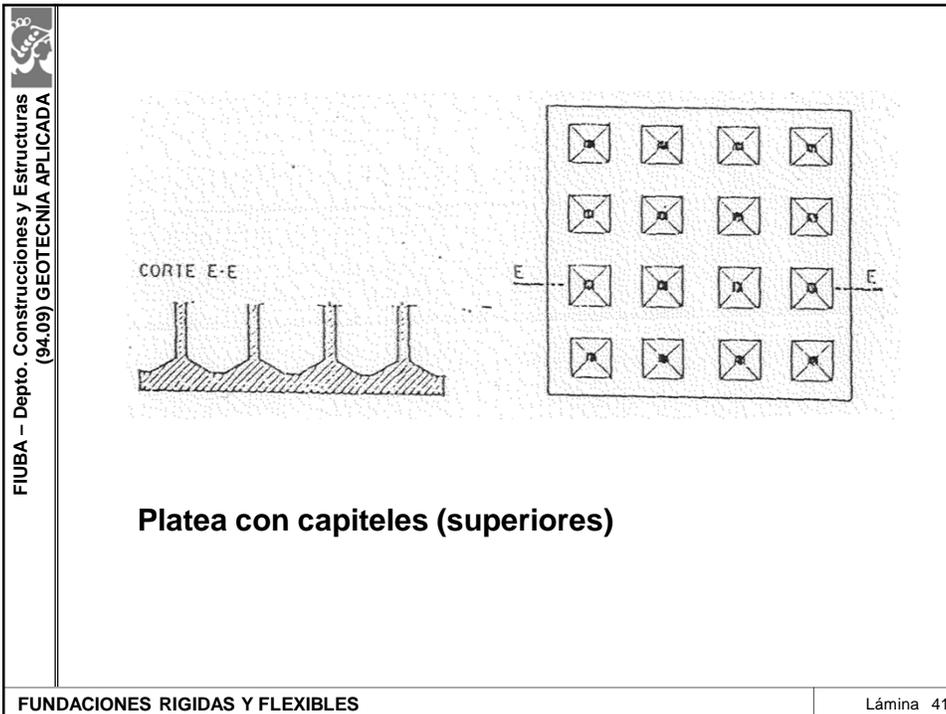


Cuando las cargas o la separación entre las cargas adquieren cierta importancia, los esfuerzos de flexión y corte que aparecen en la losa de fundación sumado a los problemas de punzonado nos llevan a adoptar las zapatas con capiteles que pueden ubicarse en la parte superior o inferior.



Platea con capiteles (inferiores)

Cuando los capiteles se ubican en la parte inferior tienen la ventaja de quedar perdidos en el terreno de fundación, con lo cual dejan una superficie de circulación plana, por otra parte se puede usar como encofrado el mismo suelo con las ventajas que esto implica desde el punto de vista económico y constructivo.



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras (94.09) GEOTECNIA APLICADA	<p>Método de modelación</p> <p>Este método supone un comportamiento elástico del suelo.</p> <p>Los hundimientos son proporcionales a las presiones ejercidas.</p> <p>Se conforma una retícula de intervalos x e y, con apoyos en sus intersecciones. A estos apoyos, se lo idealiza como resortes elásticos bajo la losa.</p> <p>Los resortes tendrán un comportamiento similar al del suelo, para ello se utiliza el coeficiente de balasto.</p> <p>Mediante métodos computacionales, pueden obtenerse los valores de las solicitaciones y deformaciones.</p>
	FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 43

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras (94.09) GEOTECNIA APLICADA	<div data-bbox="435 1150 769 1390" style="text-align: center;">  <p>Importante!</p> </div> <p>El cálculo como entepiso sin vigas ó entramado invertido no es aceptable. No cumple las condiciones de equilibrio entre cargas de columnas y reacciones.</p>
	FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES Lámina 44

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

DEPRESIÓN NAPA

Cuando se construye por debajo del nivel freático, en la etapa constructiva, se debe deprimir la napa freática, para poder trabajar.

The diagram shows two vertical wells labeled 'Pozo de bombeo'. A horizontal line represents the 'Nivel del agua antes del bombeo' (water level before pumping), labeled 'NF'. Below this, a curved line represents the 'Curva de abatimiento del agua por bombeo' (water depression curve). Arrows inside the wells point upwards, indicating the water level being drawn down. The ground is shown as a shaded area below the depression curve.

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

Lámina 45

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
(94.09) GEOTECNIA APLICADA

SUBPRESIÓN

Recinto estanco → Evitar la flotación

The diagram shows a cross-section of a tank with a foundation below the ground level. The water level inside the tank is labeled 'NF'. Arrows point from the water level down to the top of the tank walls. Below the tank, a shaded area represents the water table. An upward-pointing arrow from this area indicates the 'Presión del agua' (water pressure) acting on the bottom of the tank. A legend at the bottom right shows an arrow pointing right with the text 'Presión del agua'.

FUNDACIONES RIGIDAS Y FLEXIBLES

Lámina 46

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
 (94.09) GEOTECNIA APLICADA

SOLUCIONES PARA EVITAR LA FLOTACIÓN

Si la subpresión es importante puede ser necesario anclar la losa.

NO SIRVE: disponer una instalación permanente de drenaje y bombeo.

Lámina 47

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
 (94.09) GEOTECNIA APLICADA

FIN

GRACIAS POR SU ATENCION !!!

Lámina 48