



# Ejercicios

## Capacidad de carga

(84.07) Mecánica de Suelos y Geología

M. Codevilla: [mcodevilla@fi.uba.ar](mailto:mcodevilla@fi.uba.ar)

# Ejercicio 1: enunciado



- Para el perfil geotécnico indicado, recomiende una fundación superficial para bases aisladas y calcule el valor de capacidad de carga última.

Nivel freático: 7.5 metros		Ø <sub>ext.</sub> - sacamuestras: 64 mm		<b>Sondeo 4</b>		Responsable: KVT		FI-UBA									
Perforación: Semimanual con disparador y reenvío de agua/lodo						Operador de campo: RBP		Fecha: 25/5/08									
Resultado corregido por diámetro de sacatestigos				x=0.0 m - y=0.0 m		Laboratorio: AC		Estudio: 01/IIG									
COTA m	DESCRIPCION	SUCS	Ensayo penetración					ω nat %	LL %	LP %	IP %	L. Atterberg		Tamices		γ KN/m <sup>3</sup>	
			0 15	15 30	30 45	Carr. cm	Rec. %					#40 %	#200 %				
0,0	N.T.N.																
0,5	castaño oscuro	CH	5	6	7	45	78		17,9	60	25	35			>90	18,0	
1,0	castaño oscuro con manchitas negras	CH	5	5	7	45	78		25,0	60	25	35			100	98	18,7
2,0	castaño mediano con manchitas negras	CH	7	10	9	45	78		20,0	50	19	31				>90	19,2
3,0		MH	7	11	10	45	78		17,9	50	29	21				>90	19,6
4,0		MH	7	8	8	45	78		29,2	50	29	21			100	97	17,9
5,0	castaño mediano con nódulos calcáreos	ML	15	16	40	45	56		29,4	44	38	6				>90	16,5
6,0		ML	30	33	40	45	67		30,3	44	38	6			100	92	17,6
7,0		ML	50			7	71		26,3	40	30	10				>90	
8,0		CL	14	13	12	45	89		34,8	42	21	21				>90	17,9
9,0	castaño mediano uniforme	CL	24	33	30	45	84		34,4	42	21	21			100	93	17,8
10,0		CL	50			12	83		33,2	45	21	24				>90	17,6
	fin del ensayo.																

# Ejercicio 1: resolución



- Estrategia
  - Entender la información recibida
  - Proponer un nivel de fundación
  - Seleccionar parámetros geotécnicos adecuados
  - Calculamos capacidad de carga mediante fórmula Brinch-Hansen

$$q_f = \min[q_{fL}, q_{fB}]$$

$$q_{fB} = \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma s_{\gamma B} d_{\gamma B} i_{\gamma B} b_{\gamma B} g_{\gamma B} + \sigma'_0 N_q s_{qB} d_{qB} i_{qB} b_{qB} g_{qB} + c N_c s_{cB} d_{cB} i_{cB} b_{cB} g_{cB}$$

$$q_{fL} = \frac{1}{2} \gamma L' N_\gamma s_{\gamma L} d_{\gamma L} i_{\gamma L} b_{\gamma L} g_{\gamma L} + \sigma'_0 N_q s_{qL} d_{qL} i_{qL} b_{qL} g_{qL} + c N_c s_{cL} d_{cL} i_{cL} b_{cL} g_{cL}$$

# Ejercicio 1: resolución



- 1) entender la información:
  - No hay presencia de napa hasta 7.5m prof.
  - Suelos expansivos en los primeros 2m aprox.
  - Todo el perfil geotécnico es competente, suelos compactos a muy duros  $N_{SPT} > 60$
  - Se informan valores  $N_{SPT}$ , no están corregidos por nivel de energía, profundidad, etc...

# Ejercicio 1: resolución



- 2) nivel de fundación
  - Fundar a 1m ? contemplar presión de hinchamiento o fundar más abajo.
  - Fundar a 2m ? También hay suelos expansivos, pero hay más tapada.
  - ...
  - Fundar a 5m? También es una fundación superficial, se intuye una elevada capacidad de carga (suelos muy duros  $N_{SPT} > 60$ )

**En base a la información disponible, adoptamos-recomendamos fundar a 2.5m**

# Ejercicio 1: resolución



- 3) selección de parámetros
  - Peso unitario promedio  $\gamma \sim 19.3 \text{ kN/m}^3$
  - Presión efectiva  $\sigma'_0 = \gamma' \cdot 2.5 \text{ m} \sim 48 \text{ kPa}$
  - Corrección  $N_{SPT} \sim 16 \rightarrow N_{60} = 1.5 \cdot 16 = 24$ ,  
 $C_N \sim 1.4$ ,  $\rightarrow (N_1)_{60} = 24 \cdot 1.4 \sim 33$

Parámetros de corto plazo (ensayo SPT)

- Cohesión no drenada  $s_u \sim 7 \cdot (N_1)_{60} \sim 230 \text{ kPa}$

**CORRELACIÓN  
DÉBIL !!**

Parámetros de largo plazo (ensayos triaxiales  $R'$ , S)

- Cohesión efectiva  $c' \sim 10 \text{ kPa}$
- Ángulo de fricción  $\phi' \sim 32 - 33^\circ$

# Ejercicio 1: resolución



- 4) cálculo de capacidad de carga (**ELU**)
  - Se adopta base cuadrada ( $B=L$ ) a 2.5m prof.
  - Se calcula para el corto y largo plazo (CP , LP)

Geometría (B=L)	1.0 x 1.0		2.0 x 2.0	
Condición (CP , LP)	CP	LP	CP	LP
Capacidad de carga última [kPa]	2133	3401	1967	3304
Factor de seguridad FoS	3,0	3,0	3,0	3,0
Capacidad de carga admisible [kPa]	711	1134	656	1101
Carga admisible [kN]	711	1134	2623	4406

Parámetros del terreno			
$\phi$	$c_u$	$\gamma'$	$c_v'$
°	kPa	kPa/m	kPa
0,0	230,0	19,3	48,3

Factores capacidad de carga		
$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
1,0	0,0	5,1

Factores de corrección								
$s_r$	$d_r$	$i_r$	$s_q$	$d_q$	$i_q$	$s_c$	$d_c$	$i_c$
0,600	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,194	1,358	1,000

Capacidad de carga última [kPa]	1967
Factor de seguridad FoS	3,0
Capacidad de carga admisible [kPa]	656
Carga admisible [kN]	2623

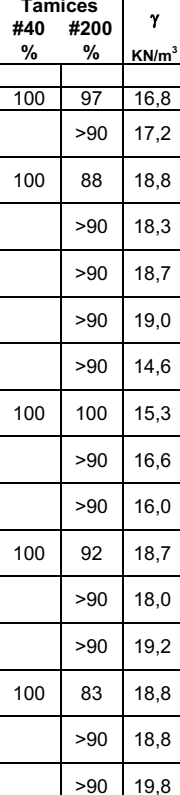
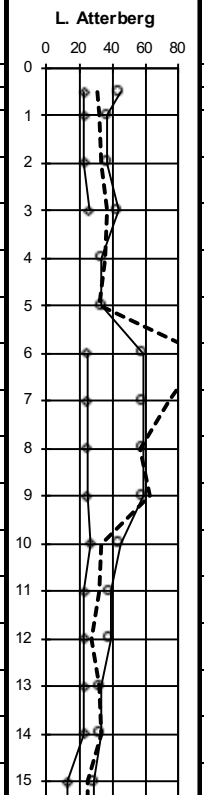
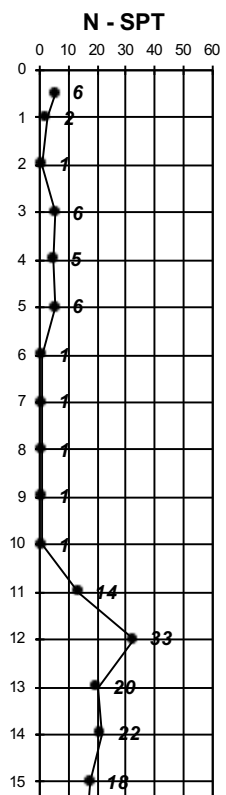
QUEDA POR VERIFICAR LA CONDICIÓN DE SERVICIO (ASENTAMIENTO ELÁSTICO)

# Ejercicio 2: enunciado



- Idem ejercicio 1 para el siguiente perfil geotécnico

Nivel freático: 2.8 metros		Ø <sub>ext.</sub> - sacamuestras: 64 mm		<b>Sondeo 8</b>		Responsable: KVT		FI-UBA									
Perforación: Semimanual con disparador y reenvío de agua/lodo						Operator de campo: RBP		Fecha: 25/5/08									
Resultado corregido por diámetro de sacatestigos				x=0.0 m - y=0.0 m		Laboratorio: AC		Estudio: 01/IIG									
COTA m	DESCRIPCION	SUCS	Ensayo penetración					ω nat %	LL %	LP %	IP %	L. Atterberg		Tamices		γ KN/m <sup>3</sup>	
			0 15	15 30	30 45	Carr. cm	Rec. %					#40 %	#200 %				
0,0	N.T.N.																
0,5	castaño mediano con	CL	3	4	3	45	78	30,6	45	23	22			100	97	16,8	
1,0	gris mediano con raices	CL	2	2	1	45	78	32,8	37	23	14			>90		17,2	
2,0	gris mediano uniforme	CL			1	45	78	33,0	37	23	14			100	88	18,8	
3,0		CL	3	3	4	45	78	36,7	44	26	18			>90		18,3	
4,0	castaño mediano rojizo	ML	3	3	3	45	78	36,2	34					>90		18,7	
5,0		ML	3	3	4	45	78	32,2	34					>90		19,0	
6,0	gris mediano uniforme	CH			1	45	89	94,6	59	25	34			>90		14,6	
7,0		CH			1	45	89	75,2	59	25	34		100	100	15,3		
8,0		CH			1	45	89	57,2	59	25	34			>90		16,6	
9,0		CH			1	45	89	62,4	59	25	34			>90		16,0	
10,0	gris mediano con conchillas	ML	1		1	45	89	33,6	45	27	18			100	92	18,7	
11,0	castaño mediano con manchitas negras	CL	2	4	13	45	67	32,6	39	23	16			>90		18,0	
12,0		CL	15	20	21	45	67	27,1	39	23	16			>90		19,2	
13,0		CL	10	12	13	45	67	31,8	33	23	10		100	83	18,8		
14,0		CL	7	14	13	45	67	33,0	33	23	10			>90		18,8	
15,0		CL	8	10	12	45	67	25,4	29	13	16			>90		19,8	





## Ejercicio 2: resolución



- 1) entender la información:
  - No hay presencia de napa hasta 2.8m prof.
  - Horizonte de suelos medianamente compactos entre 3 y 5m prof.  $N_{SPT} < 5 - 6$
  - Horizonte de arcillas plásticas CH compresibles entre 5m y 10m prof.
  - Se informan valores  $N_{SPT}$ , no están corregidos por nivel de energía, profundidad, etc...

## Ejercicio 2: resolución



- 2) nivel de fundación
  - Fundar a 1m ? No, suelos compresibles entre 1 y 3m prof.  $N_{SPT} \sim 1$
  - Fundar a 3m ? Podría ser, base con muy poca carga pero condicionada por control de asentamiento del horizonte de arcillas CH subyacente.

**En base a la información disponible, calculamos una fundación a 3.0m (a confirmar) o fundación indirecta o profunda**

## Ejercicio 2: resolución



- 3) selección de parámetros
  - Peso unitario adoptado  $\gamma \sim 18.5 \text{ kN/m}^3$
  - Presión efectiva  $\sigma'_0 = \gamma' \cdot 3.0 \text{ m} \sim 55 \text{ kPa}$
  - Corrección  $N_{SPT} \sim 5 \rightarrow N_{60} = 1.5 \cdot 5 = 7$ ,  
 $C_N \sim 1.3$ ,  $\rightarrow (N_1)_{60} = 7 \cdot 1.3 \sim 9$

Parámetros de corto plazo (ensayo de campo, condición más desfavorable)

- Cohesión no drenada  $s_u \sim 7 \cdot (N_1)_{60} \sim 60 \text{ kPa}$

CORRELACIÓN DÉBIL

# Ejercicio 2: resolución



- 4) cálculo de capacidad de carga (**ELU**)
  - Se adopta base cuadrada ( $B=L$ ), limitando su valor máximo a 1.5m x 1.5m
  - Se calcula para el corto y largo plazo (CP)

Parámetros del terreno			
$\phi_u$	$s_u$	$\gamma'$	$\sigma_v'$
°	kPa	kPa/m	kPa
0,0	60,0	18,5	55,5

Factores capacidad de carga		
$N_q$	$N_\gamma$	$N_c$
1,0	0,0	5,1

Factores de corrección								
$s_\gamma$	$d_\gamma$	$i_\gamma$	$s_q$	$d_q$	$i_q$	$s_c$	$d_c$	$i_c$
0,600	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,194	1,443	1,000

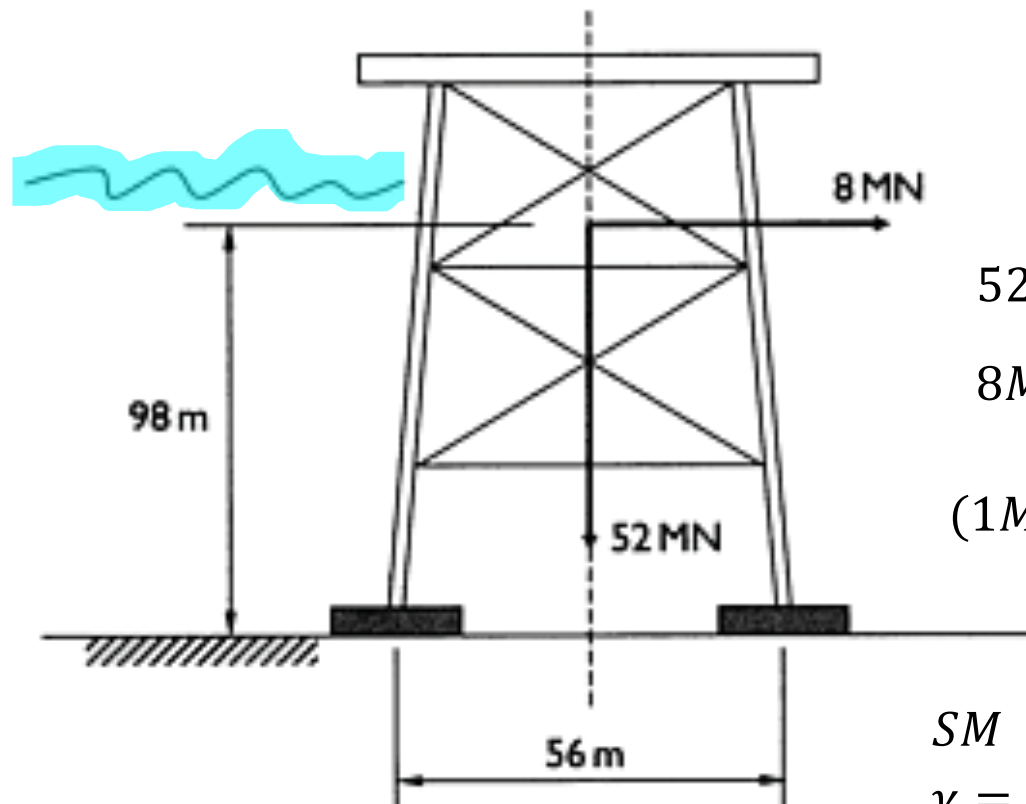
Capacidad de carga última [kPa]	<b>587</b>
Factor de seguridad FoS	<b>3,0</b>
Capacidad de carga admisible [kPa]	<b>196</b>
Carga admisible [kN]	<b>440</b>

**QUEDA POR VERIFICAR LA CONDICIÓN DE SERVICIO (ASENTAMIENTO)**

# Ejercicio 3: enunciado



- Diseñe las fundaciones de una plataforma offshore de 4 apoyos sujeta a carga horizontal debida a viento y oleaje.



$52\text{MN}$ : *p. propio + sobrecarga*

$8\text{MN}$ : *viento + oleaje*

( $1\text{MN} \sim 100\text{ton}$ )

$SM$

$\gamma = 20\text{kN}/\text{m}^3$

$N_\phi = 3.85$

# Ejercicio 3: enunciado



- Estamos hablando de esto..



# Ejercicio 3: resolución



- Estrategia:
  - Determinar reacciones en cada base
  - Parámetros geotécnicos suelo fundación
  - Dimensionar bases, capacidad de carga
  - Asumir la carga lateral como condición extraordinaria de diseño

$$q_f = \min[q_{fL}, q_{fB}]$$

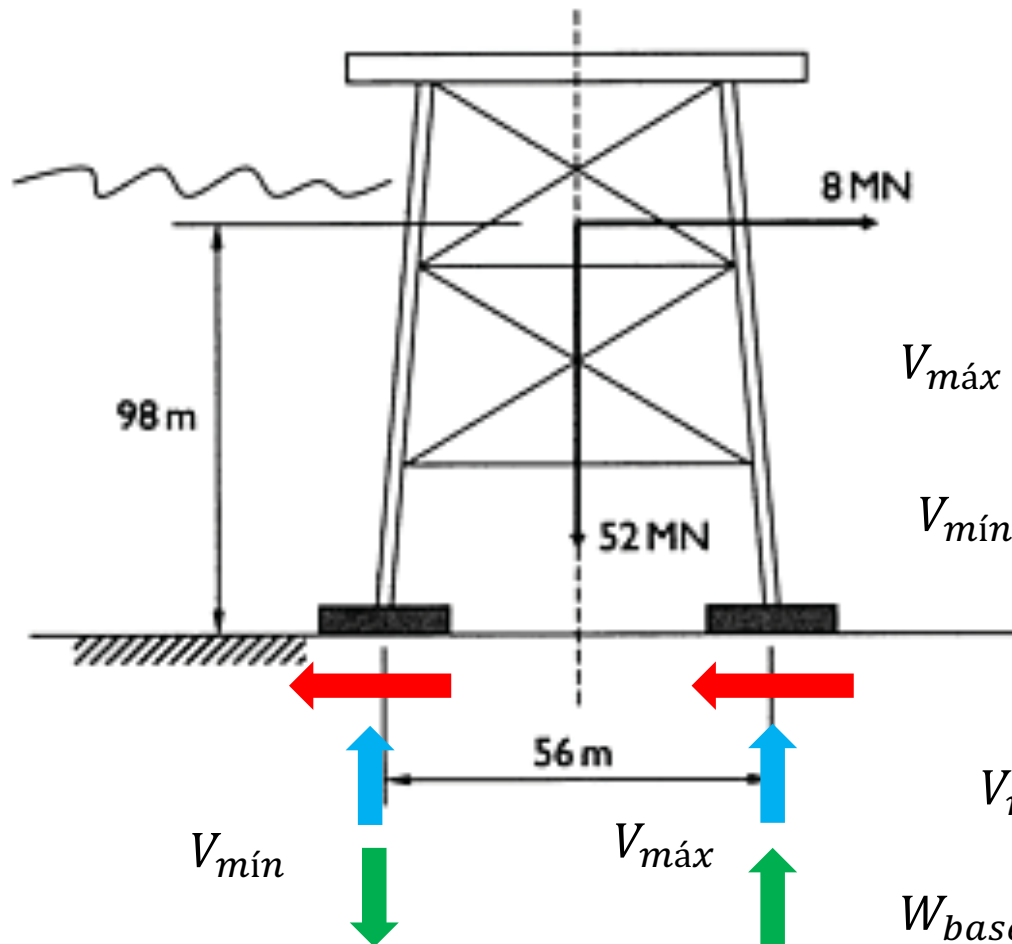
$$q_{fB} = \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma s_{\gamma B} d_{\gamma B} i_{\gamma B} b_{\gamma B} g_{\gamma B} + \sigma'_0 N_q s_{qB} d_{qB} i_{qB} b_{qB} g_{qB} + c N_c s_{cB} d_{cB} i_{cB} b_{cB} g_{cB}$$

$$q_{fL} = \frac{1}{2} \gamma L' N_\gamma s_{\gamma L} d_{\gamma L} i_{\gamma L} b_{\gamma L} g_{\gamma L} + \sigma'_0 N_q s_{qL} d_{qL} i_{qL} b_{qL} g_{qL} + c N_c s_{cL} d_{cL} i_{cL} b_{cL} g_{cL}$$

# Ejercicio 3: resolución



- Reacciones en cada base



$$H = \frac{8MN}{4} = 2MN$$

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{52MN}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{8MN \cdot 98m}{56m} = 20MN$$

$$V_{m\acute{i}n} = \frac{52MN}{4} - \frac{1}{2} \cdot \frac{8MN \cdot 98m}{56m} = 6MN$$

$V_{m\acute{a}x}, V_{m\acute{i}n} \rightarrow$  incorporar  $W_{base}$

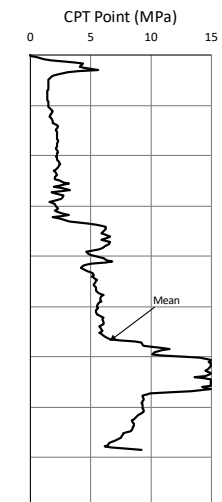
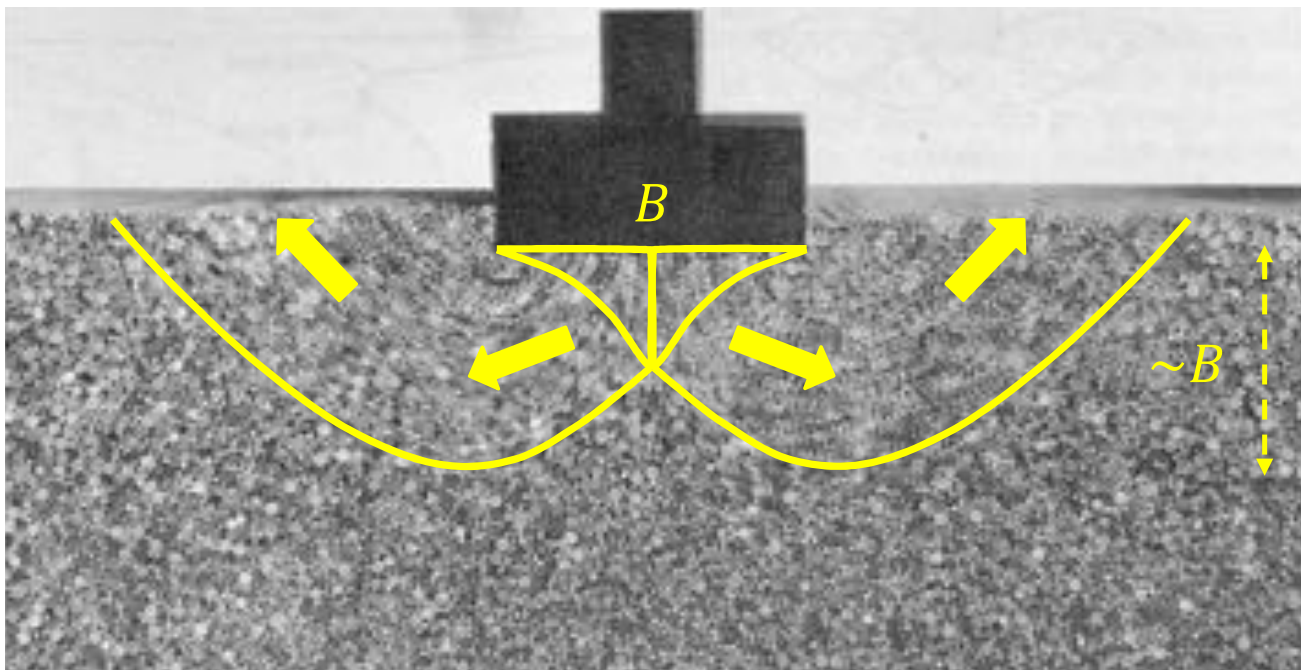
$$W_{base} = V_{base} \cdot \gamma_H^o = V_{base} \cdot 25kN/m^3$$



# Ejercicio 3: resolución



- Parámetros geotécnicos
  - Material puramente friccional  $\rightarrow c' = 0kPa$
  - Se asume  $N_\phi = 3.85 \rightarrow \phi' = 36^\circ$  para toda la masa de suelo involucrada en el mecanismo de falla  $\rightarrow f(B, L)$



# Ejercicio 3: resolución



- 1) Proponer dimensiones  $B$  ,  $L$
- 2) Verificar a hundimiento  $\rightarrow V_{m\acute{a}x} + W_{base} < \frac{\left(\frac{1}{2}\gamma'BN_{\gamma}s_{\gamma}d_{\gamma}\right)BL}{FS_{vertic}}$
- 3) Verificar a deslizamiento  $\rightarrow H < \frac{(W_{base}+V_{m\acute{i}n})\cdot\text{tg}\left(\frac{2}{3}\phi\right)}{FS_{desliz}}$
- Si no verifica 2 y 3, volver a 1)
- Se adopta para resolver:
  - $B = L$
  - $FS_{vertic} > 2.0$  ,  $FS_{desliz} > 1.3$  (a verificar en normas)
  - $V_{base} = B \cdot L \cdot 1.5m$

# Ejercicio 3: resolución



- Resultados
  - Se adoptó  $B = L, h = 1.5m$
  - Manda en el diseño la verificación  $FS_{vertical}$
  - Se adoptó  $N_{\phi} = 3.85$  en todos los casos

<b>B=L</b> <b>(m)</b>	<b>W<sub>base</sub></b> <b>(MN)</b>	<b>qf*B*L</b> <b>(MN)</b>	<b>tg(2/3φ)</b> <b>(-)</b>	<b>FS<sub>ver</sub></b> <b>(-)</b>	<b>FS<sub>des</sub></b> <b>(-)</b>
3x3	0,34	3,2	0,44	0,16	1,39
4x4	0,60	7,7	0,44	0,37	1,45
6x6	1,35	26,0	0,44	1,22	1,62
7x7	1,84	41,2	0,44	1,89	1,73
<b>7.5x7.5</b>	<b>2,40</b>	<b>50,7</b>	<b>0,44</b>	<b>2,26</b>	<b>1,85</b>