6.11.P

29/03/07

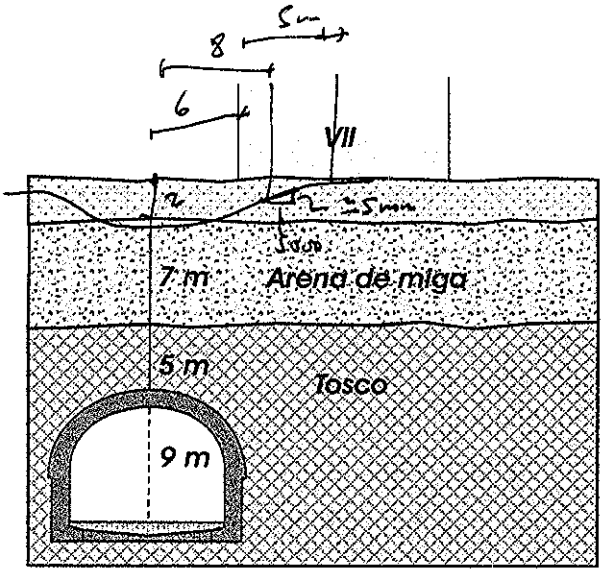
17'15-19'15

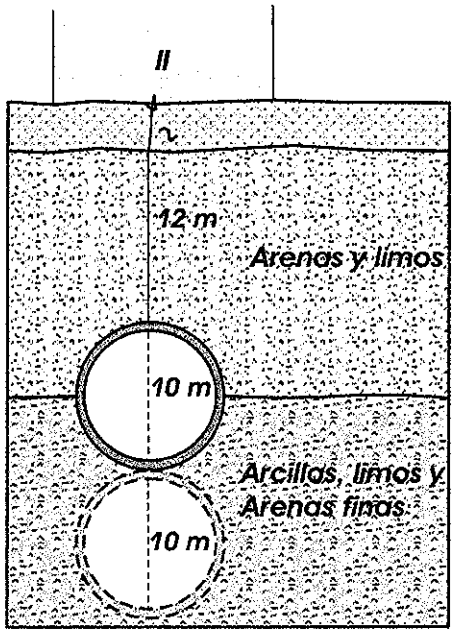
Práctica de asientos en túneles

MASTER EN TUNELES
Y OBRAS SUBTERRANEAS
2007

Práctica nº

1º Se quiere estimar los asientos de los túneles siguientes, en las condiciones que se indican.





2º Analizar si los movimientos estimados son admisibles para los edificios.

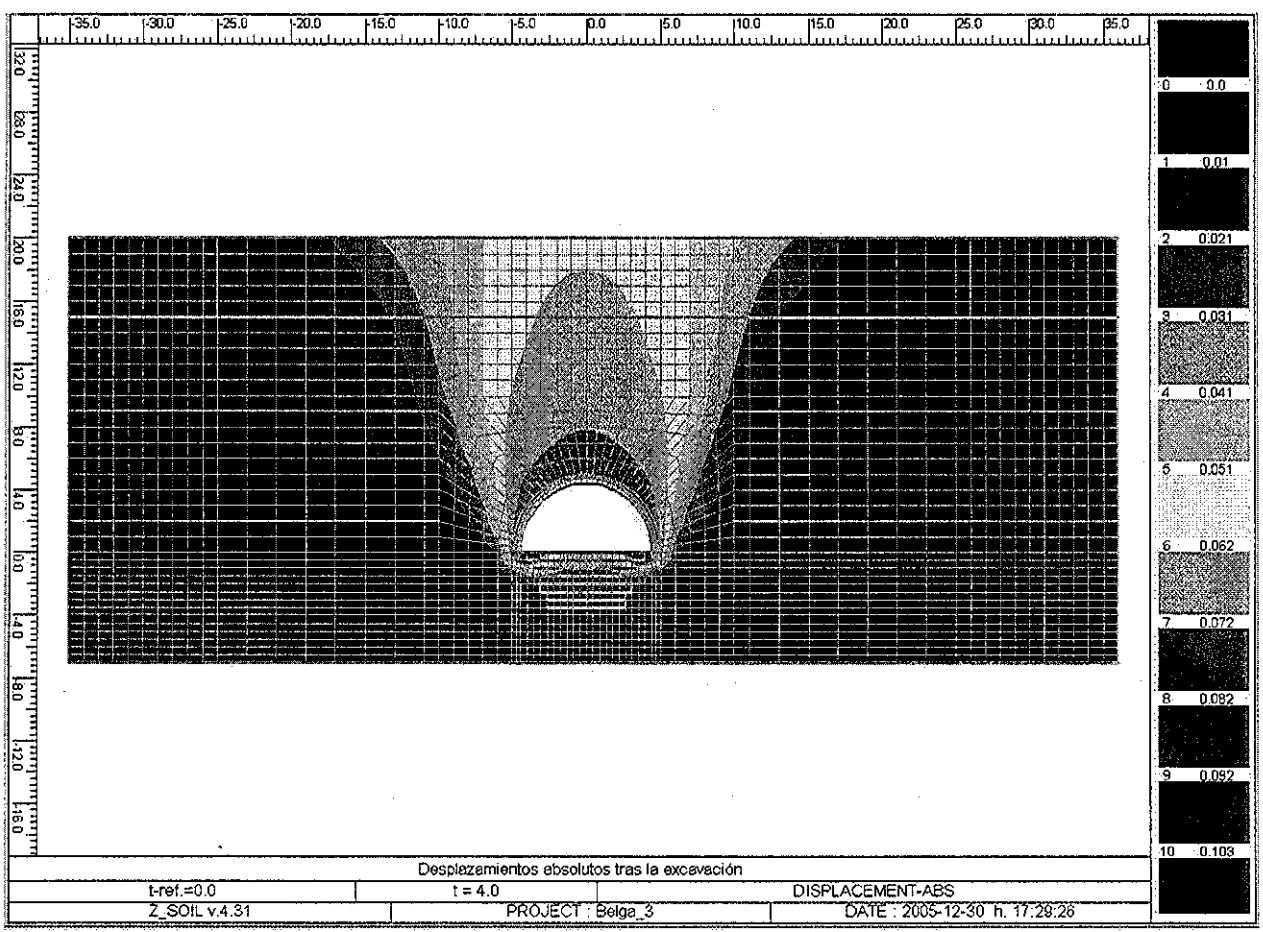
3º Proponer medidas preventivas

MASTER DE TUNELES Y
OBRAS SUBTERRANEAS
2007

DOCUMENTACION PARA LA PRACTICA DE SUBSIDENCIAS

José Mª Rodríguez Ortiz

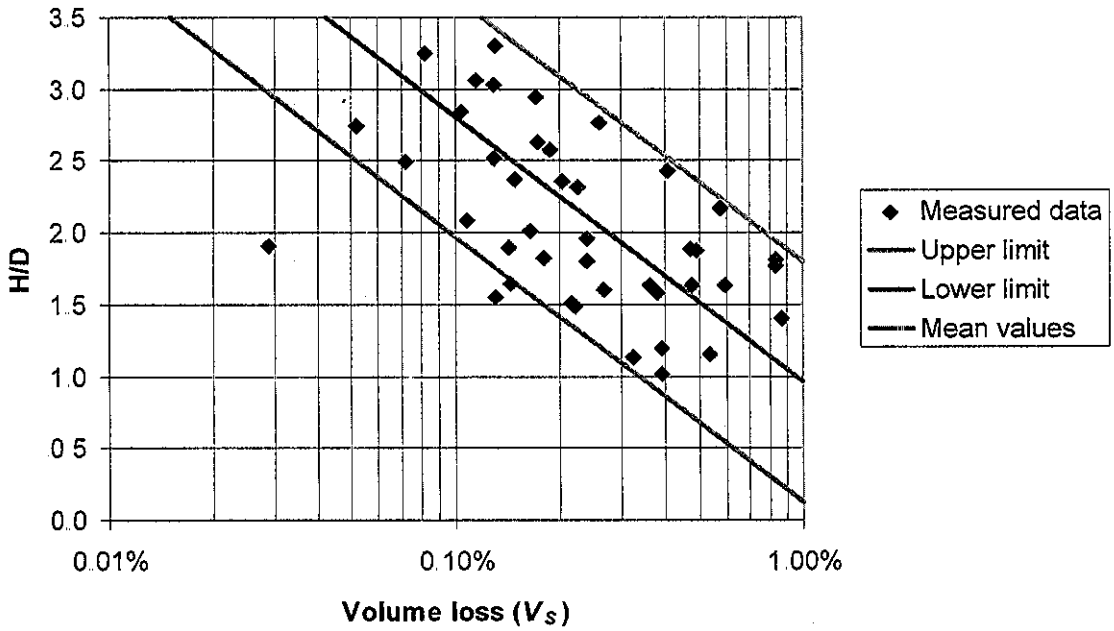
Dr. Ingeniero de Caminos



SUBSIDENCIA

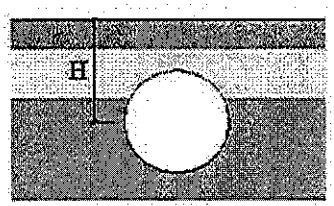
Pérdida de suelo (Metro de Madrid)

Comparación entre valores medidos y calculados

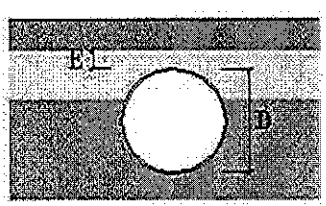


FACTORES DE SUBSIDENCIA

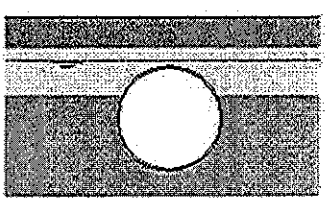
1) Forma de trabajo de la tuneladora y profundidad (H/D) del túnel



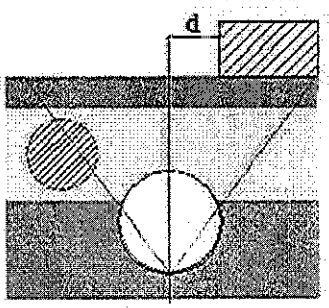
2) Tipo del terreno y espesor del recubrimiento terciario (E/D) sobre la clave

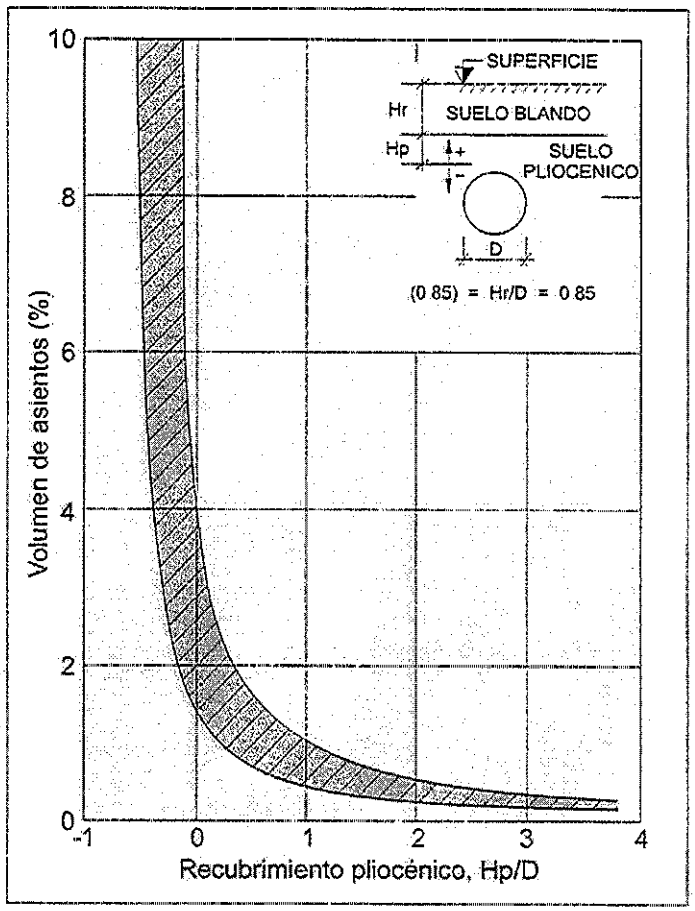


3) Presencia de agua



4) Posición relativa respecto a las estructuras próximas y estado de las mismas

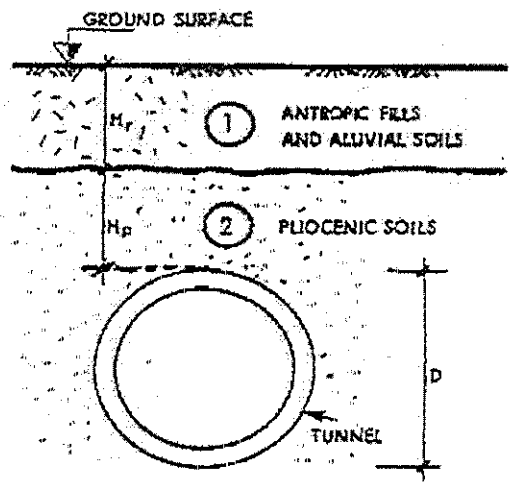




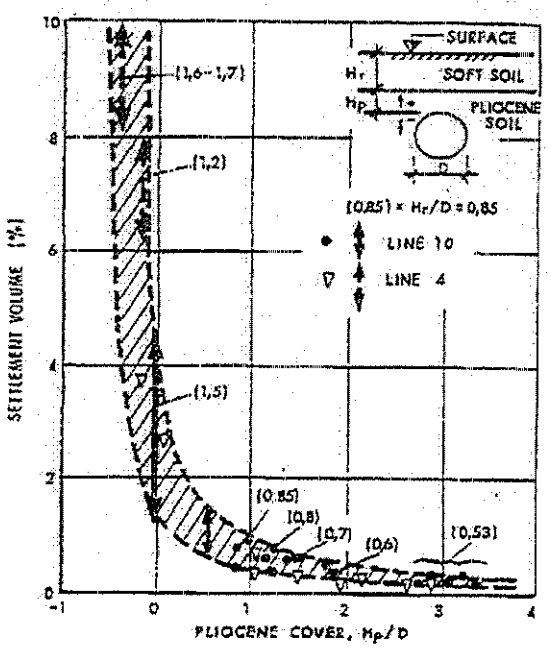
Datos de asientos del Metro de Madrid (Oteo, 2000)

SUBSIDENCE

The Madrid Method



SCHEMATIC STRATIGRAPHICAL PROFILE FOR SUBSIDENCE ANALYSIS IN MADRID



SOME SETTLEMENT VOLUMEN MEASURED IN MADRID METRO EXTENSION

Metro de Barcelona – Línea 9

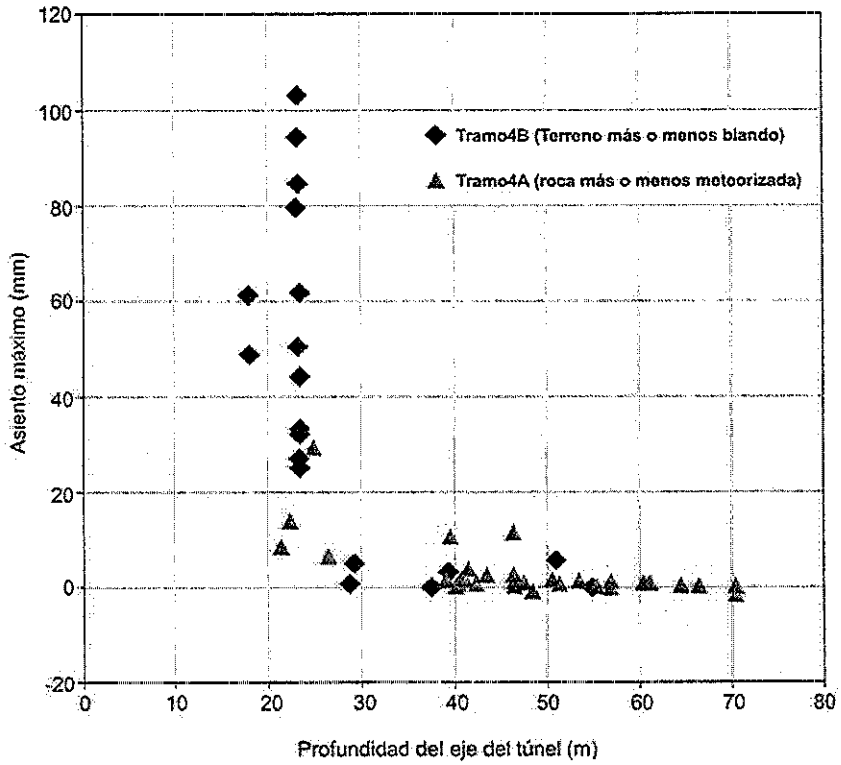
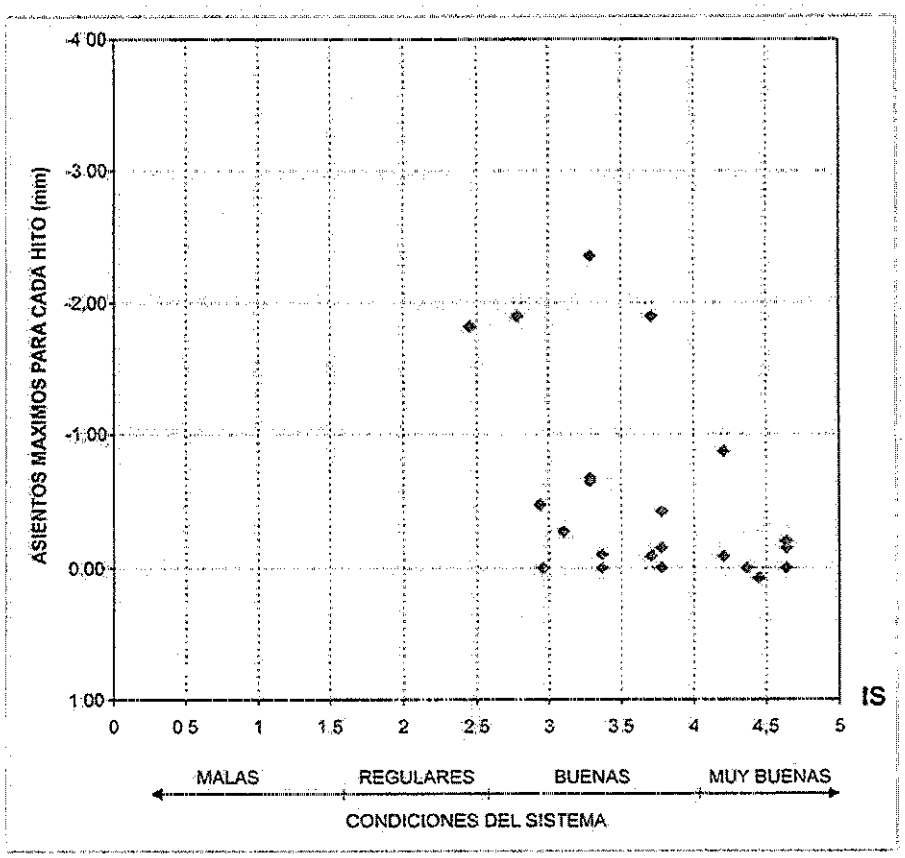


Gráfico que relaciona la profundidad del eje del túnel con los asientos máximos registrados durante la construcción (E. Alonso y F. Sánchez Reyes, 2005)

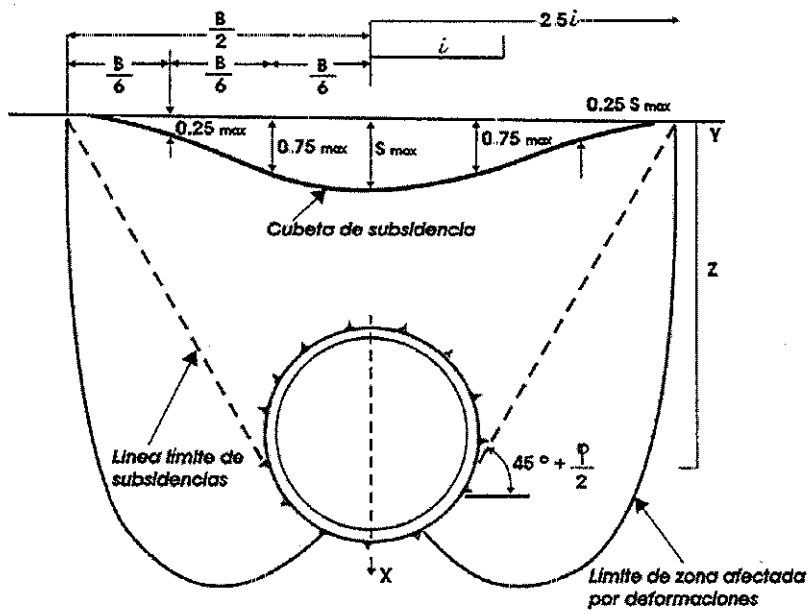


Indice del sistema

$$IS = f\left(\text{Terreno}, \frac{P}{P_o}, \sqrt{C/D}\right)$$

Prolongación de las Líneas 1 y 4 (Chamartín – Parque de Sta. María)

CUBETA DE SUBSIDENCIA



Ecuación de la cubeta $$S_y = S_{max}\, e^{-\frac{y^2}{2i^2}}$$

$$S_{max} = \frac{V_s}{2{,}5\, i}$$

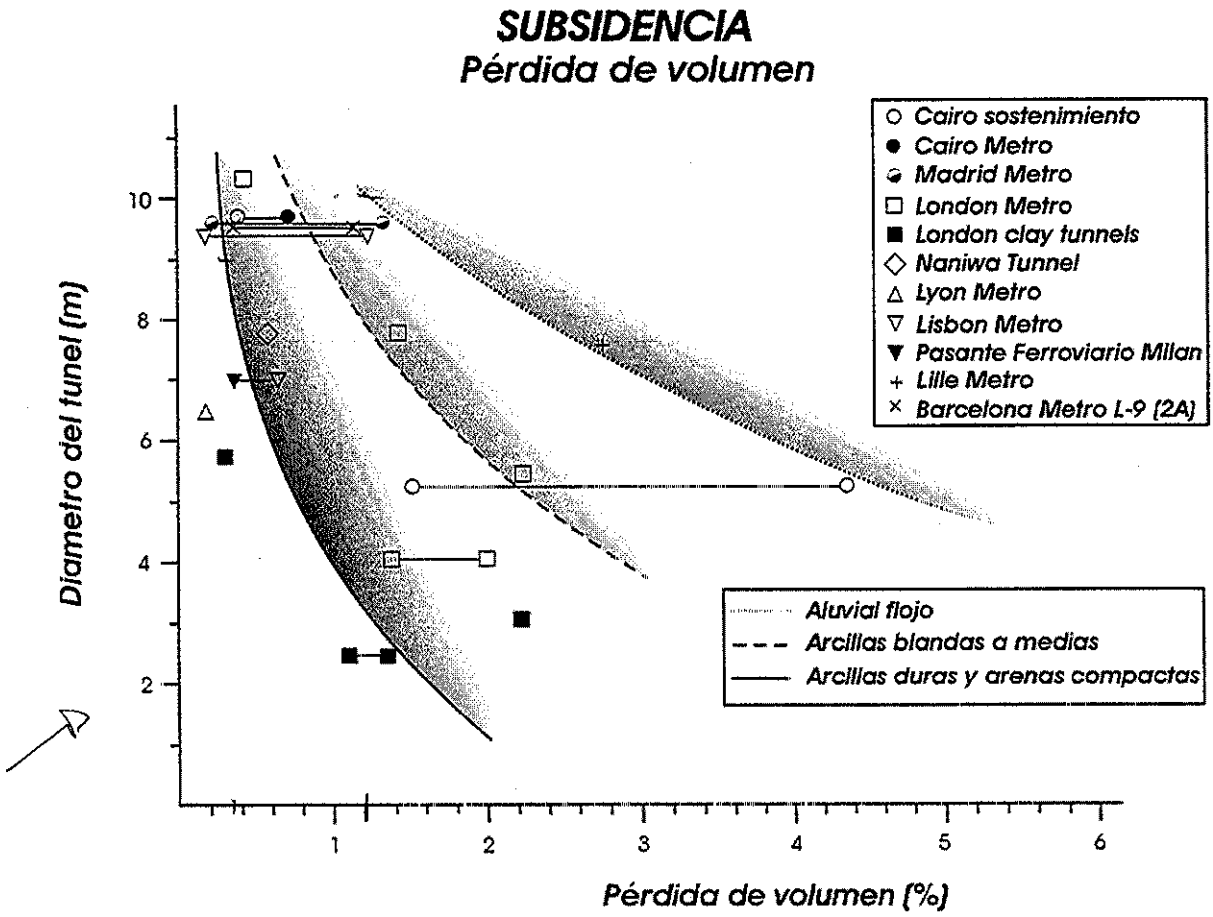
Pérdida de suelo $$V_L = \frac{V_s}{A} = \frac{4\, V_S}{\pi D^2}$$

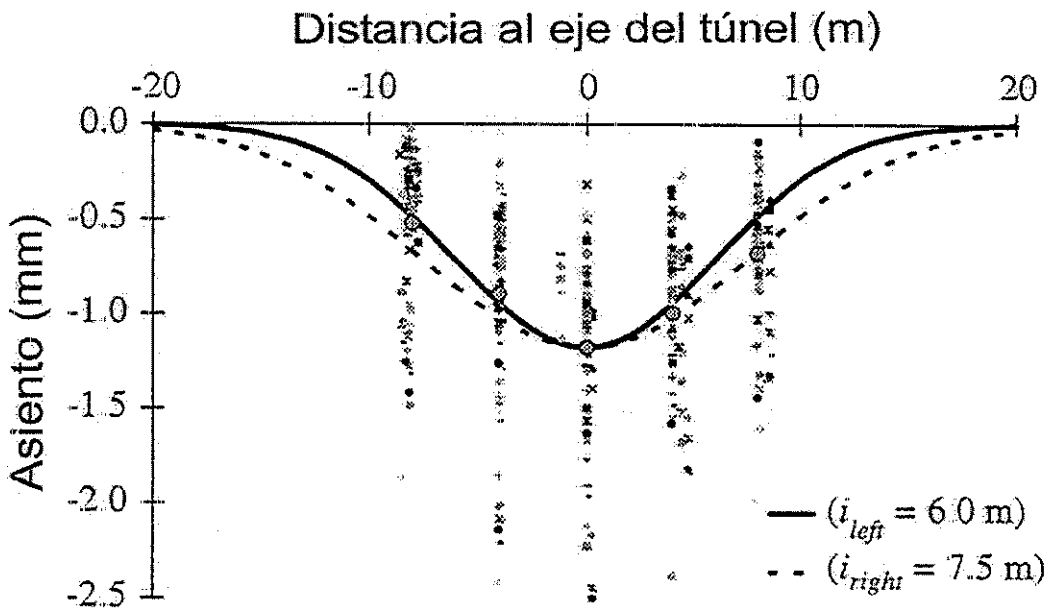
V_s = Volumen de asientos (area de la cubeta por m)

$i = K\, z_0$

$i = K\, (z_0 - z)$

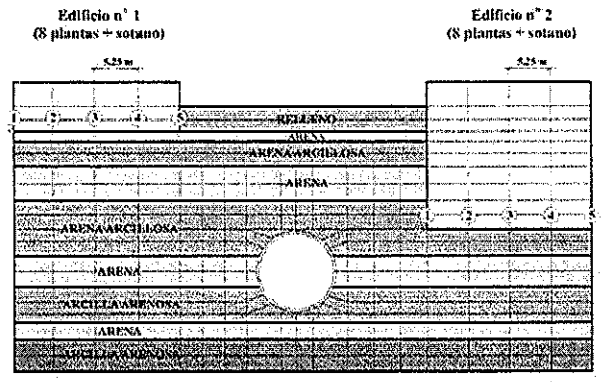
$$K = \frac{0{,}175 + 0{,}325\left(1 - \frac{z}{z_0}\right)}{1 - \frac{z}{z_0}}$$



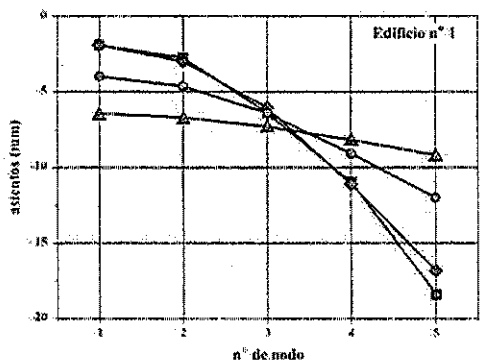


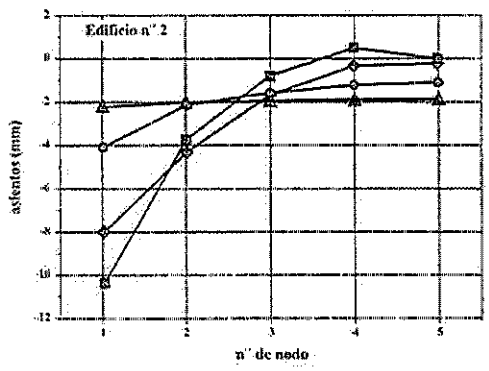
Asientos medidos en el Metro de Turín.

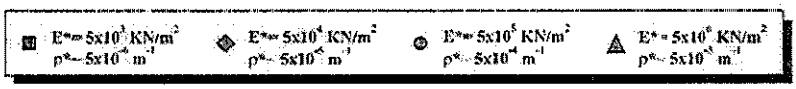
Arenas y gravas bastante cementadas (Barla et al., 2005)

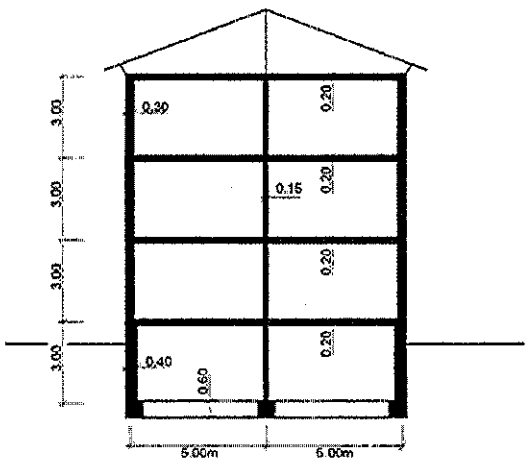


$$\rho^* = \frac{EI}{E_S \left(\frac{B}{2}\right)^4 L}$$









Tipo de fábrica	Módulo E (kN/m²)
Fábrica de ladrillo con morteros de mala calidad	3.0×10^6
Muros de carga con mortero de cemento	5.5×10^6
Cerramientos con cámara de aire	4.0×10^6
Hormigón armado	270.0×10^6

a) Tres muros de carga en fábrica de ladrillo:

$EI = 0.1 \times 5.5 \times 10^6 \times 3 \times (1/12 \times 0.3 \times 12^3 + 1/12 \times 0.1 \times 3^3 + 0.1 \times 3 \times 4.5^2) = 81{,}7 \times 10^6$ kN.m²/m

a)

b) Cuatro forjados de hormigón:

$EI = 0.1 \times 270 \times 10^6 \times 4 \times [1/12 \times 0.2^3 \times 10 + 0{,}2 \times 10\ (6^2 + 2 \times 3^2)] = 292.3 \times 10^6$ kN.m²/m

Si el forjado está compuesto por viguetas y bovedillas ($E = 1.5 \times 10^6$ kN/m²):

$EI = 16.2 \times 10^6$ kN.m²/m

c) Una losa de cimentación:

Conectada rígidamente a la estructura:

$EI = 0.1 \times 270 \times 10^6 \times (1/12 \times 0.6^3 \times 10 + 0.6 \times 10 \times 6^2) = 5837 \times 10^6$ kN.m²/m

Articulada con la estructura:

$EI = 0.1 \times 270 \times 10^6 \times (1/12 \times 0.6^3 \times 10 + 0.6 \times 10 \times 1.5^2) = 369.4 \times 10^6$ kN.m²/m

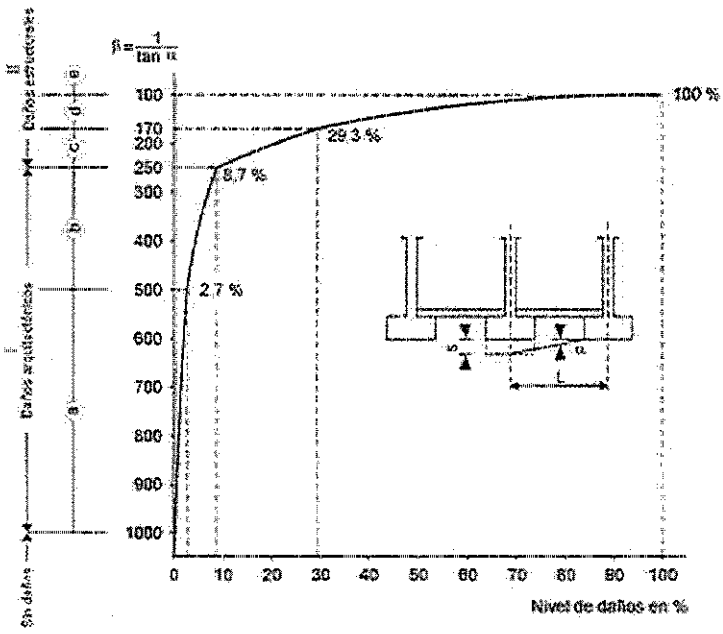
a) Tres zapatas corridas de 1 x 0.8 m²:

$EI = 777 \times 10^6$ kN.m²/m (unión rígida) **$EI = 50 \times 10^6$ kN.m²/m (unión articulada)**

MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES									
UMBRAL DE CONTROL	ASIENTO ADMISIBLE (mm)			DISTORSION ANGULAR			DEFORMACION HORIZONTAL UNITARIA (%)		
	Verde	Ambar	Rojo	Verde	Ambar	Rojo	Verde	Ambar	Rojo
Zonas sin edificaciones.	< 50	50 a 100	> 100	< 1/100	1/100 a 1/50	> 1/50	< 1,5	1,5 a 2,0	> 2,0
Edificios cimentados profundos o con losa en buen estado Conducciones no de gas.	< 20	20 a 30	> 30	< 1/1000	1/1000 a 1/500	> 1/500	< 0 15	0 15 a 0.20	> 0 20
Estructura subterránea o túneles existentes.	< 15	15 a 25	> 25	< 1/2000	1/2000 a 1/1000	> 1/1000	< 0,15	0,15 a 0,20	> 0.20
Edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes	< 10	10 a 15	> 15	< 1/2000	1/2000 a 1/1000	> 1/1000	< 0 15	0 15 a 0 20	> 0 20
Edificios cimentados superficialmente con daños. Edificios monumentales. Edificios con más de 10 alturas Tuberías de gas.	< 5	5 a 10	> 10	< 1/3000	1/3000 a 1/2000	> 1/2000	< 0 05	0 05 a 0 10	> 0 10
Túneles existentes.	Asiento o levantamiento: 10 mm/10 m								

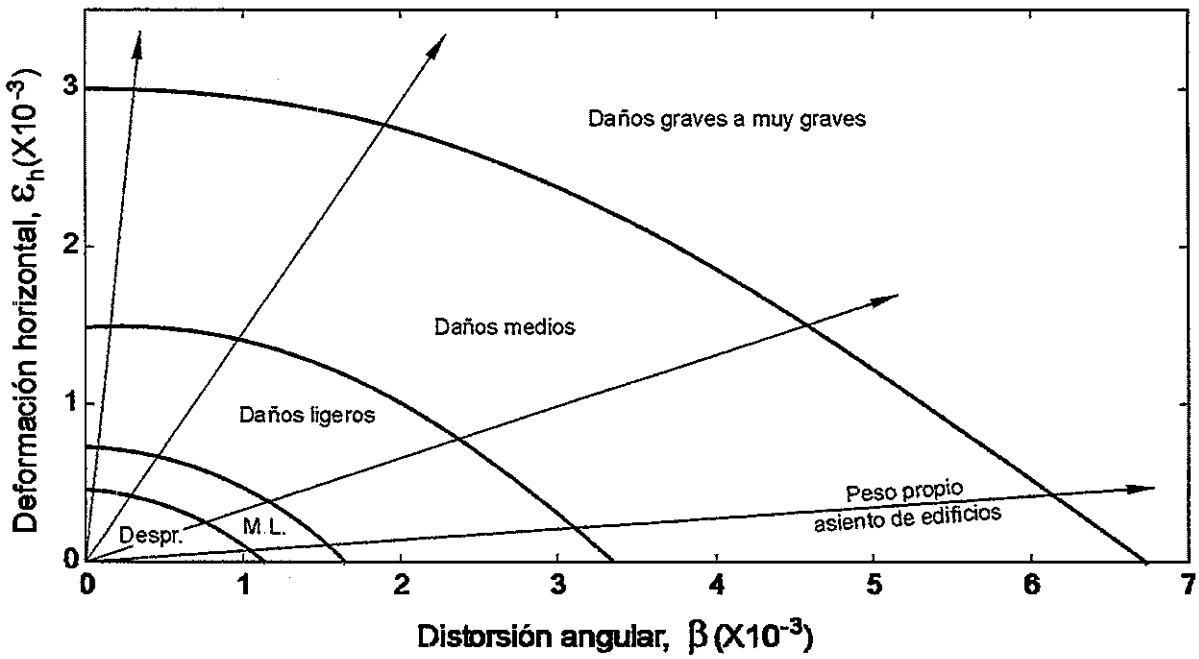
CRITERIO USUAL DE PELIGROSIDAD POR DISTORSION ANGULAR

DAÑOS	DISTORSIÓN ANGULAR
Despreciables	**< 1/1500**
Muy ligeros	**1/1500 a 1/900**
Ligeros	**1/900 a 1/600**
Moderados	**1/600 a 1/300**
Graves	**> 1/300**

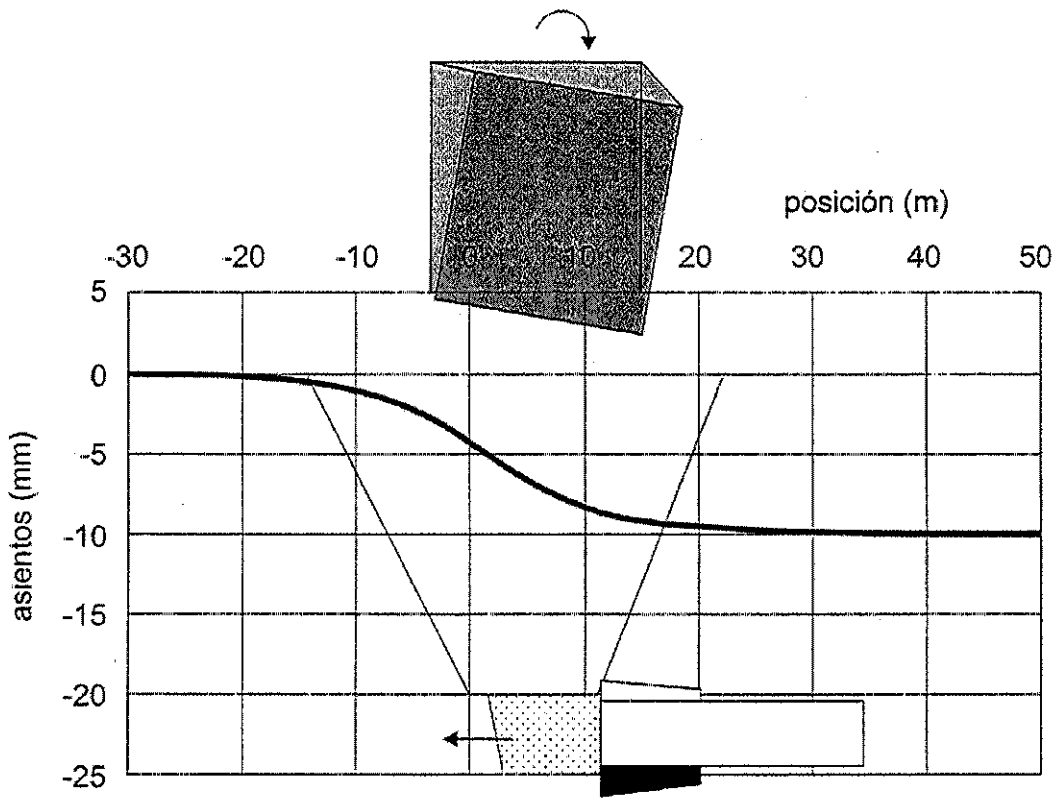


I. Daños arquitectónicos	II. Daños estructurales
a Daños ligeros. Fisuras en tabiques	c Daños ligeros a medios. Fisuras en vigas y pilares. Daños en soleras, forjados y saneamientos. Desconchados en muros.
b Daños medios a fuertes. Grietas. Desajustes en puertas y ventanas. Fisuras en muros de carga y fachadas	d Fuertes daños en vigas y pilares. Posibilidades de reparación.
	e Ruina o hundimiento

CRITERIO DE PELIGROSIDAD POR LA DISTORSION ANGULAR (Tunnelbau, 1989)



Criterio de daños en edificios (Boscardin & Cording, 1989)



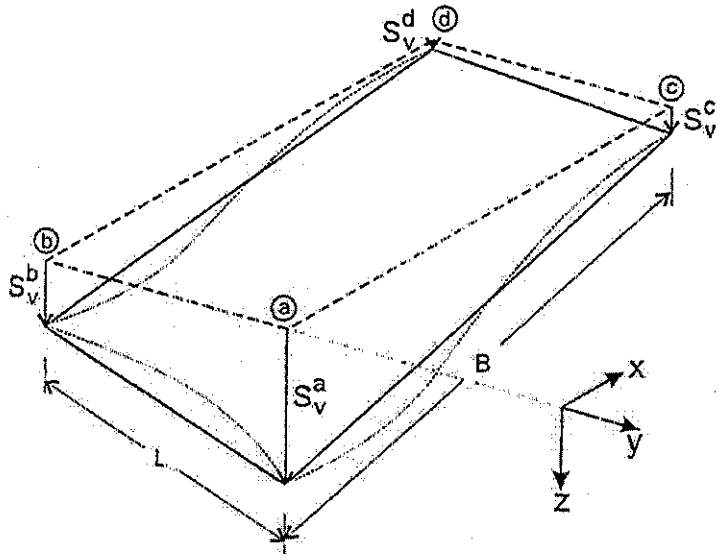
Torsión de edificios por asientos longitudinales

Angulo de torsión (por m.l.).

(Franzius et al., 2005)

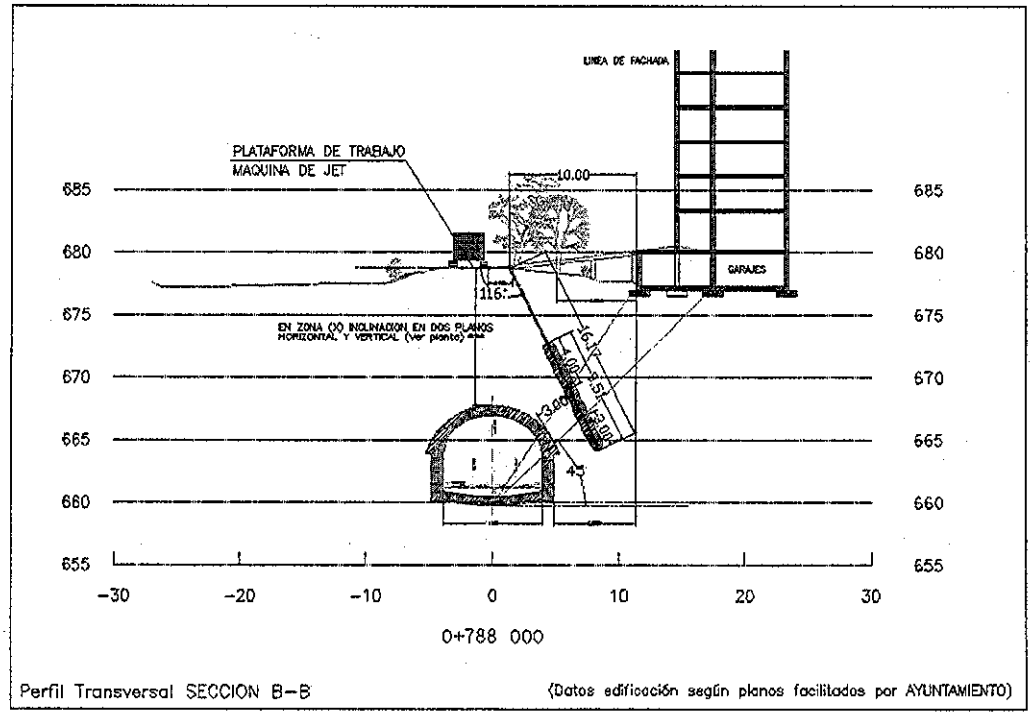
$$\Theta_{BL} = \frac{\dfrac{S_{v,a} - S_{v,b}}{L} - \dfrac{S_{v,c} - S_{v,d}}{L}}{B}$$

CRITERIO (R. ORTIZ, 2005)	
Θ	Efecto
$< 10^{-6}$	Sin daños
$10^{-6} < \Theta < 10^{-5}$	Daños muy ligeros
$10^{-5} < \Theta < 10^{-4}$	Daños ligeros
$10^{-4} > \Theta < 10^{-3}$	Daños medios
$> 10^{-3}$	Daños graves

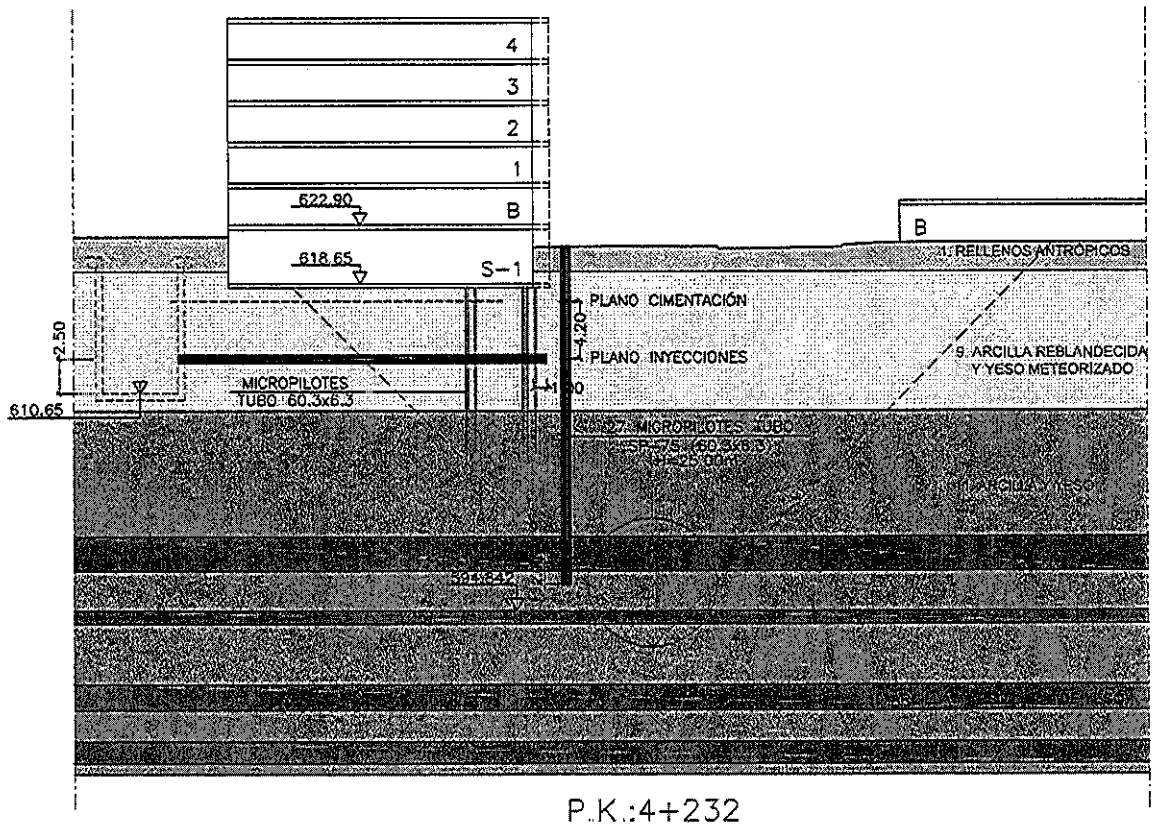


SUBSIDENCIA

Limitación de la subsidencia – Barreras inclinadas

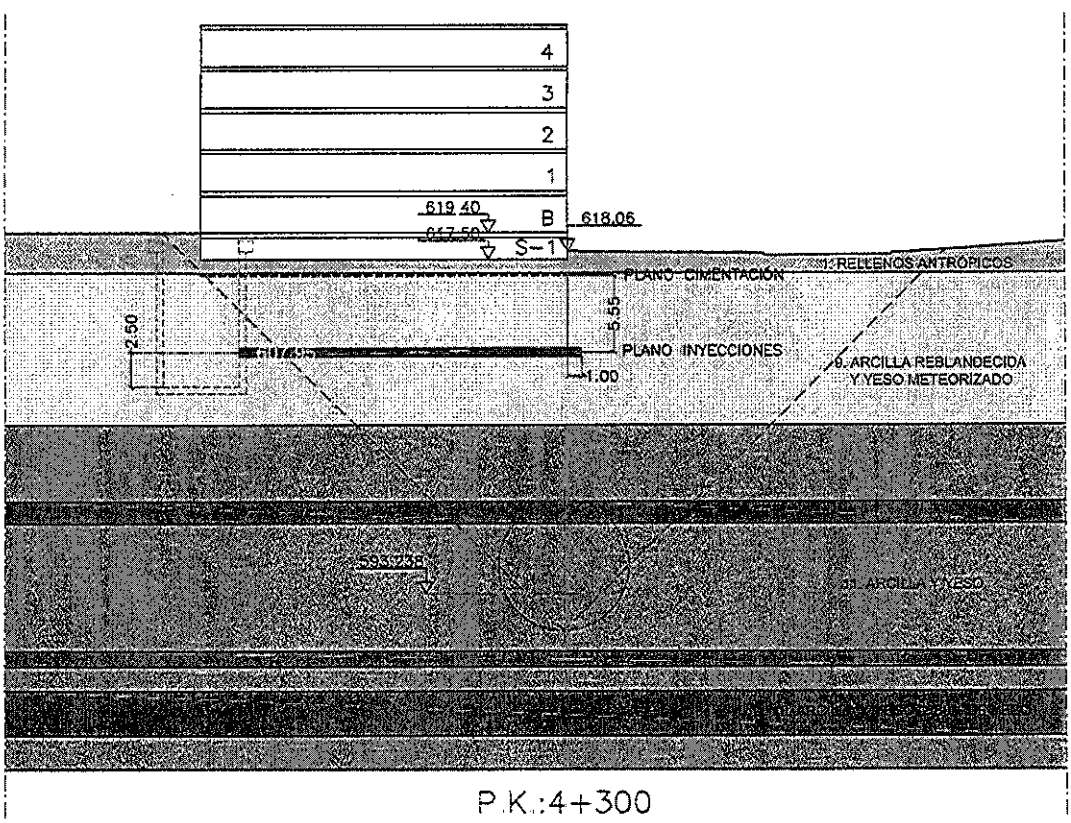


LINEA 7 – METRO A COSLADA Y SAN FERNANDO. TRAMO III

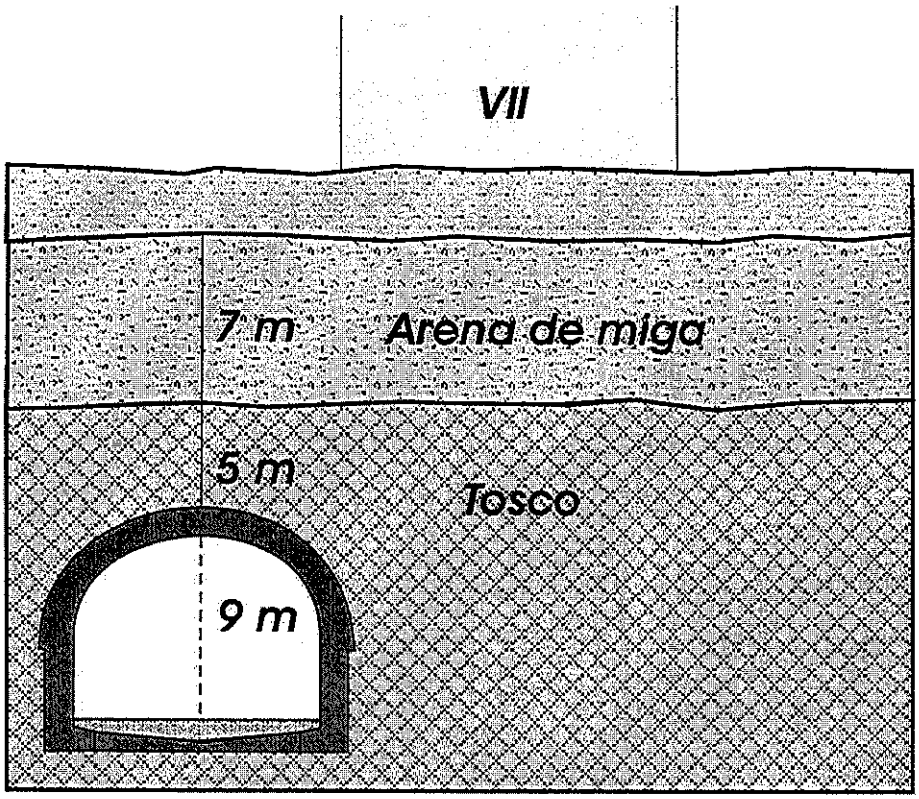


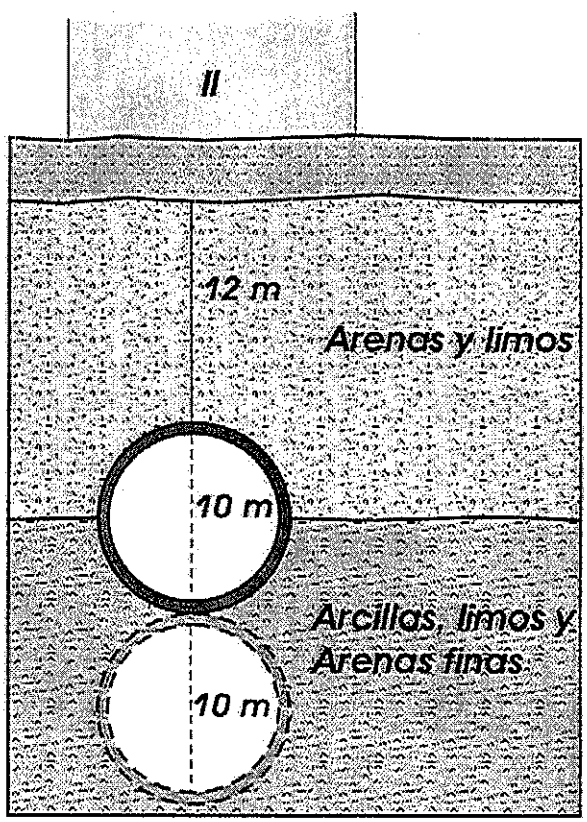
C/ Pío XII, 2-4

LINEA 7 – METRO A COSLADA Y SAN FERNANDO. TRAMO III



C/ Pío XII, 10


VII
7 m
Arena de miga
5 m
Tosco
9 m


II
12 m
Arenas y limos
10 m
Arcillas, limos y
Arenas finas
10 m