

# **INFORME TÉCNICO**

## **ESTUDIO DE SUELOS PARA LA EJECUCIÓN DEL EMISARIO 7 - 2da ETAPA**

### **UBICACIÓN DE LA OBRA:**

Barrio Nuevo Alberdi – Rosario  
Provincia de Santa Fe – Republica Argentina

### **COMITENTE:**

Municipalidad de Rosario  
Secretaría de Obras Públicas  
Dirección General de Hidráulica  
Provincia de Santa Fe – Republica Argentina

### **SUMARIO DE ESTE INFORME:**

- I. Objetivos del Informe. Simbología
- II. Descripción de la Metodología de Trabajo
- III. Croquis de Ubicación de las Perforaciones
- IV. Clasificación de los Suelos
- V. Perfil Estratigráfico
- VI. Cuadro de Cotas y Tensiones Admisibles
- VII. Análisis de la Capacidad Portante
- VIII. Análisis de Probables Asentamientos
- IX. Análisis de la estabilidad de taludes de excavación
- X. Recomendación para obras en túnel
- XI. Ensayos de Laboratorio
- XII. Conclusiones

## **I.- OBJETIVOS DEL INFORME**

- Analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo que determinan las características de su comportamiento geotécnico.
- Determinar los parámetros de diseño necesarios para el desarrollo de las obras.
- Estudiar distintos sistemas de fundación y recomendar las alternativas más convenientes.
- Establecer un cuadro de cotas y tensiones admisibles.

## **SIMBOLOGÍA UTILIZADA.**

$\theta$	Cota de Referencia
$\oplus$ B.P.	Boca de Pozo.
N	Nº de golpes del Ensayo de Penetración Terzaghi.
$\omega$	Humedad Natural.
$\gamma$	Densidad aparente húmeda.
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
#200	Tamiz de malla nº 200 (74 micrones)
$\phi$	Ángulo de fricción interna.
C	Cohesión.
mv	Módulo edométrico.
$\nabla$	Nivel de napa freática
M.A.	Muestra alterada.
T.N.	Terreno Natural.
S.U.C.S.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
H.R.B.	Highway Research Board
$\mathbf{v}$	Coeficiente de Seguridad
$\sigma_{adm}$	Tensión admisible
Df	Cota de fundación
$E=1/mv$	Módulo de Young.
$\epsilon$	Deformación unitaria.
G	Peso específico del suelo.
e	Relación de vacíos.
n	Porosidad

## **II.- RESEÑA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.**

### **A.- DE CAMPO:**

Los trabajos de campo fueron llevados a cabo entre los días 5 y 9 de septiembre de 2011.

Se realizaron siete perforaciones de entre 5,00 m y 7,00 m de profundidad respecto a boca de pozo. En las mismas se efectuó el Ensayo de Penetración Normalizado de Terzaghi (SPT) según Norma IRAM 10517/70, con toma-muestra de puntas intercambiables, a cada metro de profundidad aproximadamente. Con este procedimiento se toman muestras de cada estrato, y se acondicionan para mantener sus características inalteradas hasta la posterior realización de los ensayos de laboratorio.

Un técnico especializado en mecánica de suelos realizó en campaña un reconocimiento de las características generales del suelo en cada uno de los estratos detectados.

Respecto a hechos existentes en el predio se localizó la ubicación de los sondeos. Así mismo se determinaron las cotas de bocas de pozo mediante nivel óptico en referencia a una cota fija de fácil accesibilidad.

Recopilación de antecedentes técnicos de la zona en la cual se emplazará la obra.

Determinación de la ubicación del agua subterránea, de encontrarse en la profundidad sondeada.

### **B.- DE LABORATORIO**

A partir de las muestras tomadas en campaña, se las extrae con sumo cuidado y se confeccionan probetas para la realización de los siguientes ensayos:

Determinación de humedad según IRAM 10.519.

Determinación de densidad natural, densidad de suelo seco según ASTM D 2937.

Determinación de límite líquido según IRAM 10.513.

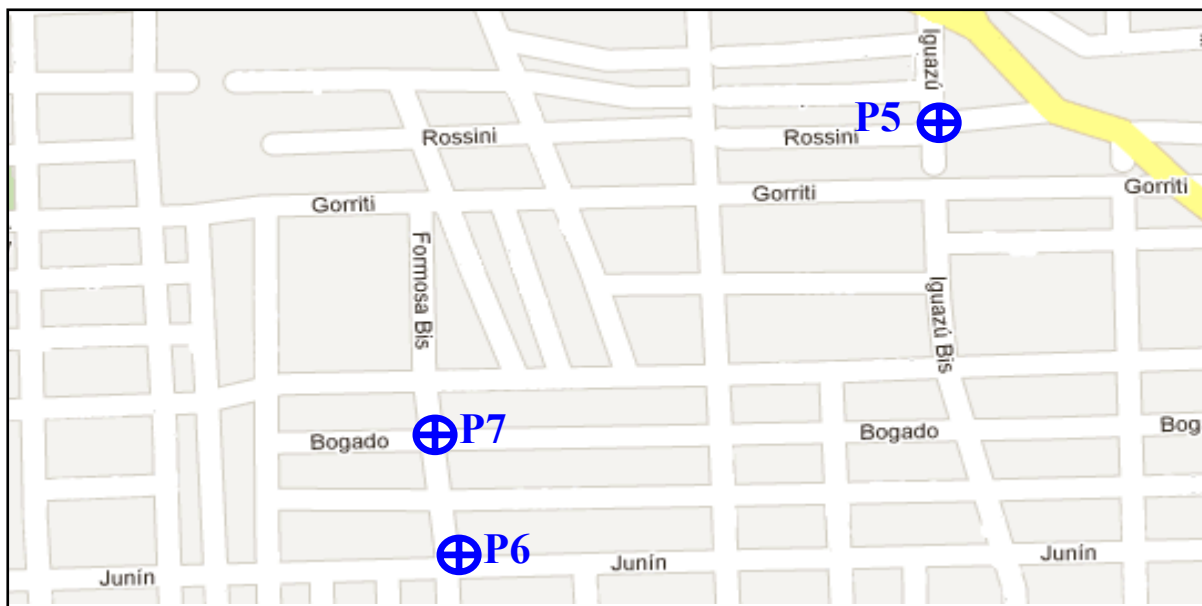
Determinación de límite plástico e índice de plasticidad según IRAM 10.502.

Clasificación de suelos por S.U.C.S. (Casagrande) según AASHTO M145-66 - IRAM 10.509.

Ensayos granulométricos sobre tamices según IRAM 10.507.

Ensayos triaxiales escalonados rápidos según IRAM 10.529/74.

### III.- CROQUIS DE UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES



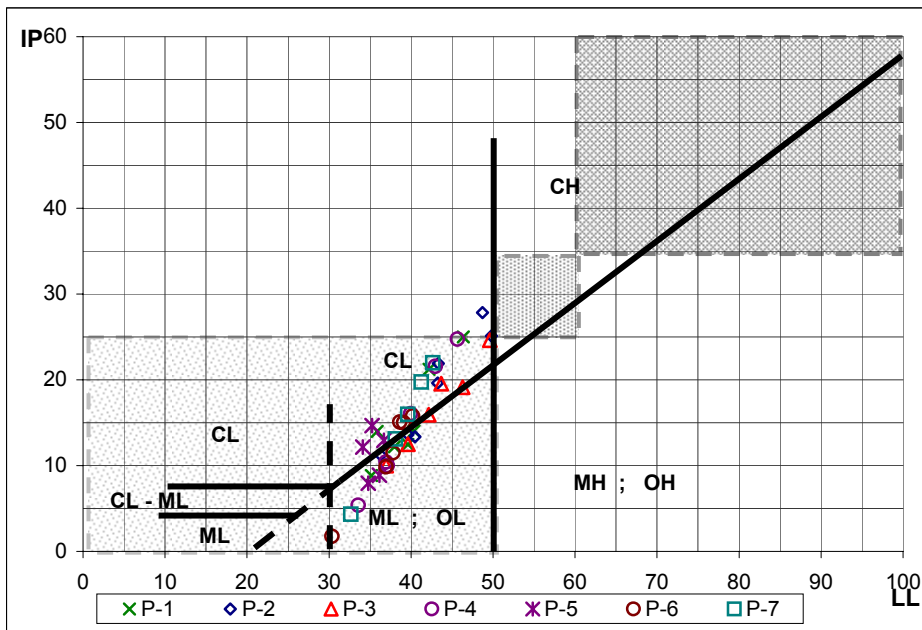
**Nivel de referencia:** IGN

P-1 = +14,61 m	P-2 = +14,84 m	P-3 = +15,08 m	P-4 = +15,11 m
P-5 = +15,56 m	P-6 = +16,08 m	P-7 = +15,87 m	

**IV.- CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (S.U.C.S. - Casagrande)**

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO	NOMBRES TIPICOS		
SUELOS DE GRANO GRUESO 50% o más es retenido por el tamiz n° 200.	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz n° 4	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas bien graduadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos.	Clasificación basada en el porcentaje de finos. Menos del 5% pasa por el tamiz n° 200 GW, GP, SW, SP. Más del 12% pasa por el tamiz n° 200 GM, GC, SM, SC. Entre el 5 y el 12 % se utilizan símbolos dobles (ej SM-SW)
		GRAVAS CON FINOS	GP	Gravas y mezclas de grava y arena mal graduadas con pocos finos o sin finos.	
		GRAVAS LIMPIAS	GM	Gravas limosas, mezclas de grava arena y limo.	
		GRAVAS CON FINOS	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava arena y arcilla.	
	ARENAS más del 50 % de la fracción gruesa pasa el tamiz n° 4.	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas gravosas bien graduadas con pocos finos o sin finos.	
		ARENAS LIMPIAS	SP	Arenas y arenas gravosas mal graduadas con pocos finos o sin finos.	
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo.	
		ARENAS CON FINOS	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena arcilla.	
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa por el tamiz n° 200.	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido de 50 % o inferior.		ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas.	Con límite líquido, límite plástico se clasifica en la Carta de Casagrande.
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla.	
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido superior a 50%.		MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o limos plásticos.	
			CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
			OH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta o media.	
Suelos Altamente orgánicos		PT	Turba, estiércol y otros suelos.		

**CARTA DE CASAGRANDE.**



Calificación del Potencial de Expansión según W.E.S. (Waterways Experimental Station - U.S. Army Corps of Engineers)

- BAJO** LL<50 ; IP<25
- MEDIO** 50>LL<60 y 25>IP>35
- ALTO** LL>60 ; IP>35

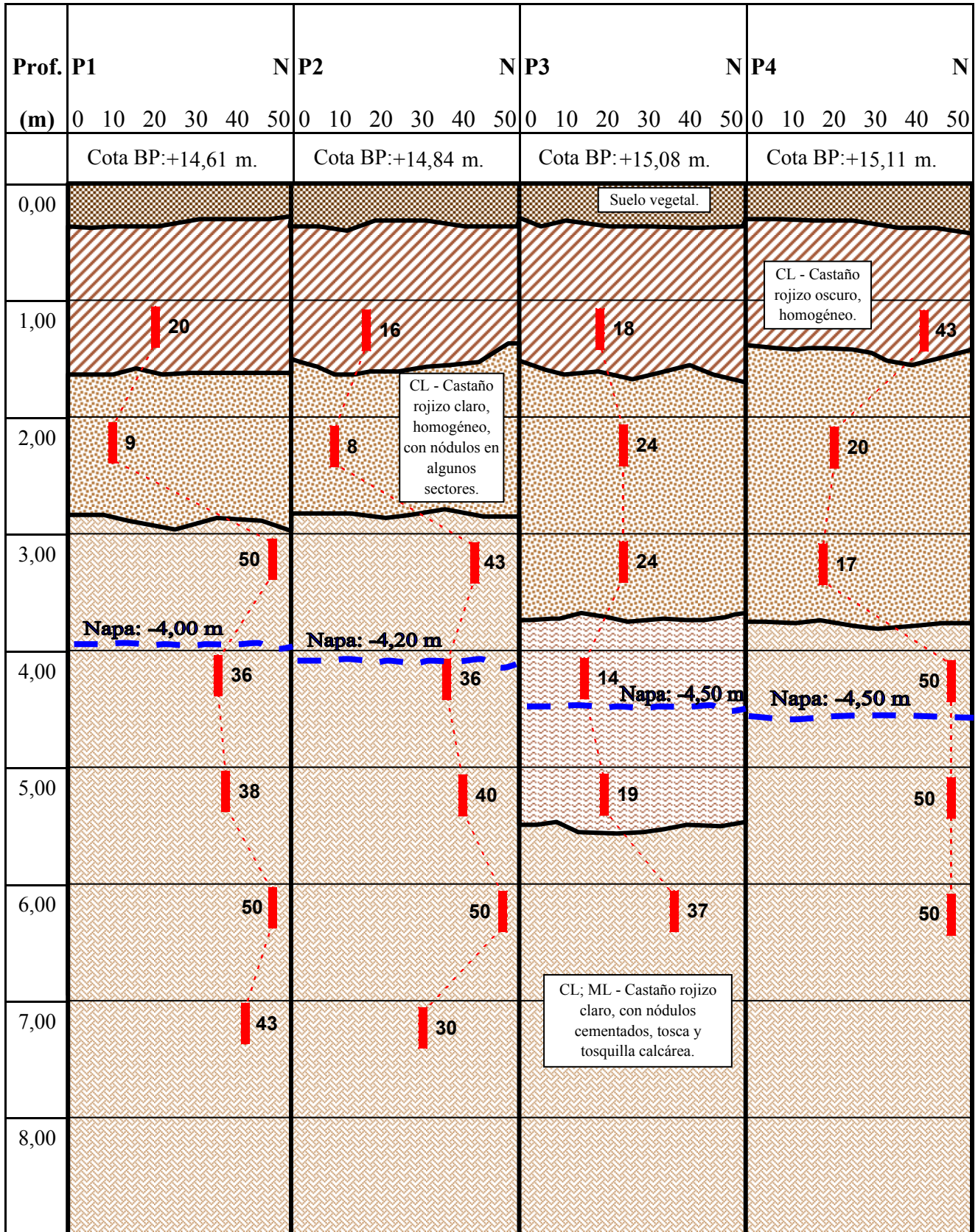
**ENSAYO NORMALIZADO DE PENETRACION DE TERZAGHI (S.P.T.)**

Durante la ejecución de las perforaciones se llevó a cabo el ensayo de penetración, que consiste en la hinca del sacamuestras a través de 45 cm del suelo, mediante una masa de 70 kg de peso y 70 cm de caída libre. El número de golpes necesario para penetrar los últimos 30 cm es el resultado del ensayo, y el mismo permite valorar la consistencia de los suelos en la siguiente forma:

Número de golpes	Consistencia
0 a 2	muy blanda
2 a 4	blanda
4 a 8	Medianamente compacta
8 a 15	compacta
15 a 30	muy compacta
más de 30	dura

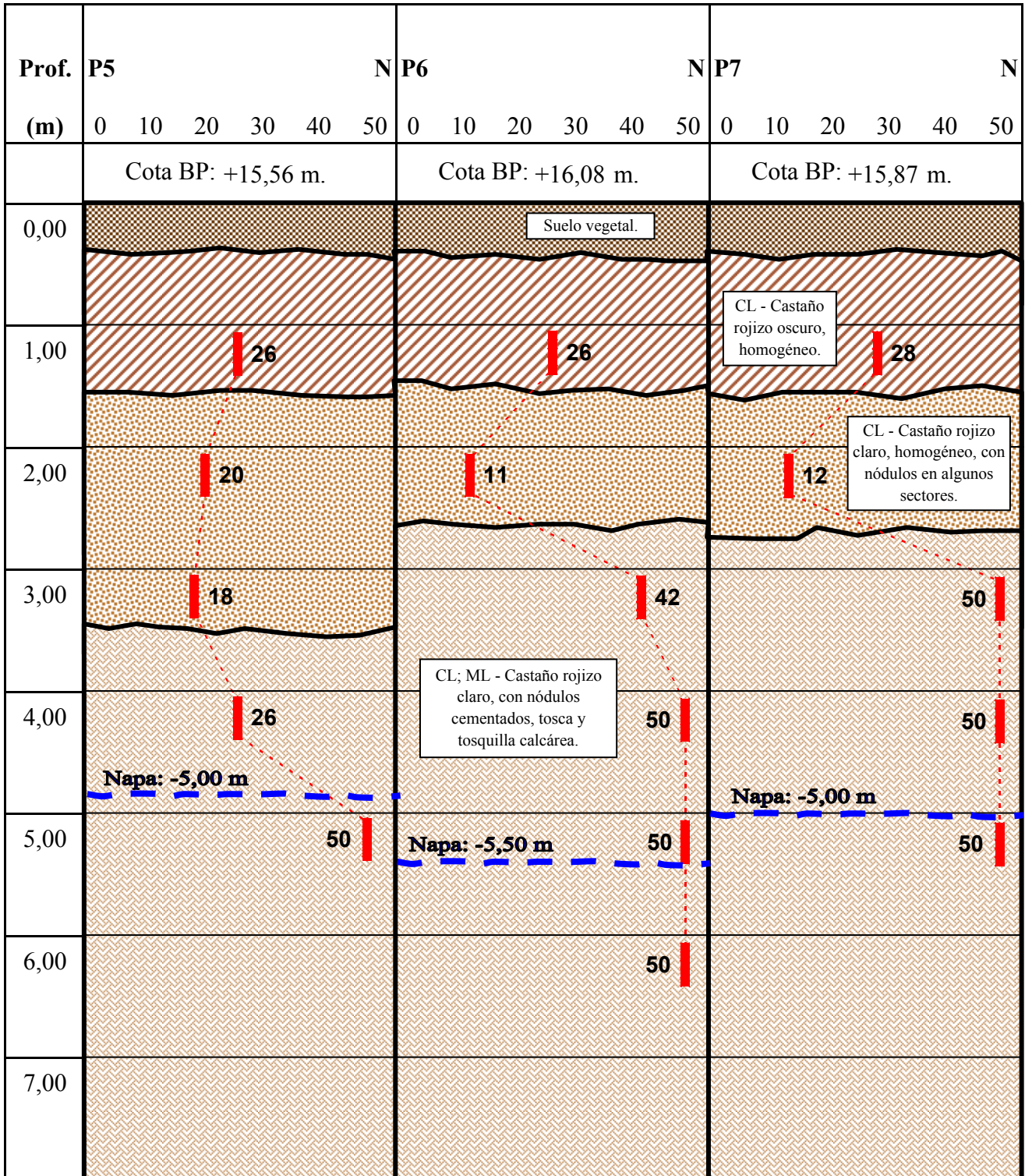
### V.- PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Se representa aquí el perfil tentativo de la estratigrafía del suelo, basado en el reconocimiento y clasificación de las muestras ensayadas en laboratorio. Además, se indican los resultados de las sucesivas realizaciones del Ensayo normalizado de penetración de Terzaghi (SPT).



### V.- PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Se representa aquí el perfil tentativo de la estratigrafía del suelo, basado en el reconocimiento y clasificación de las muestras ensayadas en laboratorio. Además, se indican los resultados de las sucesivas realizaciones del Ensayo normalizado de penetración de Terzaghi (SPT).



## VI.- CUADRO DE COTAS Y TENSIONES ADMISIBLES DEL SUELO

Con los valores obtenidos del ensayo de Terzaghi (S.P.T.), los datos recopilados en las tareas de campaña y las determinaciones de laboratorio, se ha calculado la capacidad portante del suelo en los distintos niveles y se ha confeccionado el siguiente cuadro de cotas y tensiones admisibles, para cargas estáticas.

En la determinación de estos valores se consideró:

- un coeficiente de seguridad a la rotura del suelo igual a: 3
- un asentamiento máximo de: 2,5 cm.

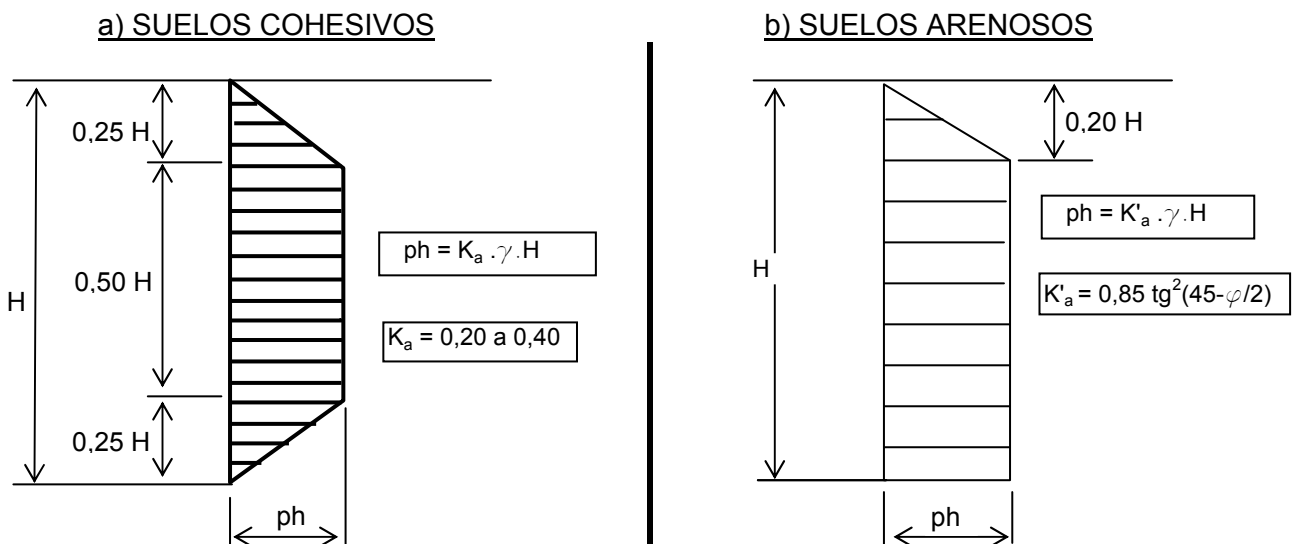
Profundidades referidas a Boca de Pozo	Cotas referidas a Nivel 0,00 de referencia	Tensiones admisibles para bases aisladas Kg/cm <sup>2</sup>	Coeficiente de Balasto Kg/cm <sup>3</sup>	Tensiones admisibles para zapatas continuas Kg/cm <sup>2</sup>
0,60 a 1,00	+14,90 a +14,50	-----	3,20	1,30
1,50 a 2,00	+14,00 a +13,50	1,70	4,20	-----
2,00 a 2,50	+13,50 a +13,00	1,50	3,70	-----
3,00 a 3,50	+12,50 a +12,00	2,70	7,40	-----
4,00 a 4,50	+11,50 a +11,00	3,90 - 2,20*	9,80 - 5,80*	-----
5,00 a 5,50	+10,50 a +10,00	4,50 - 3,00*	10,00 - 8,00*	-----
6,00 a 6,50	+9,50 a +9,00	4,90	10,00	-----
7,00 a 7,50	+8,50 a +8,00	4,90	10,00	-----

### Observaciones:

- La napa freática fue detectada a una profundidad variable entre los 4,00 m y los 5,50 m (en cota +10,60 m), durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados durante el mes de septiembre de 2011.
- Los valores con (\*) son aplicables a la zona de influencia del pozo de sondeo P3, donde el suelo a esa profundidad posee una menor consistencia.

## DIAGRAMAS DE EMPUJES EN PARAMENTOS VERTICALES

- Estos diagramas corresponden a las hipótesis de: una rotura plana, para un macizo homogéneo, con superficie libre horizontal, limitado por una pantalla vertical lisa.



## VII.- DETERMINACIÓN DE LAS TENSIONES ADMISIBLES DEL SUELO

A partir de los resultados de los ensayos triaxiales y teniendo presente que la napa de agua subterránea no afecta las cotas de fundación, podemos aplicar a estos valores la fórmula general de capacidad de carga para suelos cohesivos, donde los coeficientes Nc, Nq y Ng son los indicados por Terzaghi.

$$\sigma_{adm} = q / A = \{ C N_c + (\gamma - 1) D N_q + (\gamma - 1) R_m N_\gamma \} / v, \quad v = 3$$

Para bases aisladas      Lado = 2,00 m.      Rm = A/4 = 0,500 m.

Profund. Respecto B. P.	Profund. Confin.	Pi Mi	C [kg/cm2]	$\varphi$ °	$\gamma$ [t/m3]	Nc	Nq	Ng	q [t/m2]
-1,50	1,00	P2 M1	0,70	10	1,93	8,4	2,4	1,0	21,44
-1,50	1,00	P7 M1	0,85	23	1,85	18,4	8,5	5,2	58,79
-2,50	2,00	P1 M2	0,65	11	1,93	8,8	2,6	1,0	22,88
-2,50	2,00	P2 M2	0,48	10	1,91	7,9	2,2	1,0	15,65
-2,50	2,00	P3 M2	0,48	16	1,96	11,8	4,2	1,6	24,84
-2,50	2,00	P4 M2	0,51	15	1,95	10,5	3,6	1,2	23,03
-2,50	2,00	P5 M2	0,63	17	1,94	11,8	4,2	1,6	30,66
-2,50	2,00	P6 M2	0,73	15	1,90	11,0	3,9	1,4	32,18
-2,50	2,00	P7 M2	0,59	13	1,94	10,0	3,2	1,0	24,11
-3,50	3,00	P3 M3	0,85	23	1,98	17,0	7,5	4,5	64,42
-3,50	3,00	P4 M3	0,52	17	1,99	11,8	4,2	1,6	29,48
-3,50	3,00	P5 M3	0,59	17	2,05	12,5	4,6	1,9	34,55
-3,50	3,00	P6 M3	0,55	25	1,91	19,5	9,6	6,2	55,91
-3,50	3,00	P7 M3	0,51	24	1,92	19,5	9,6	6,2	53,70
-4,50	4,00	P3 M4	0,50	14	1,97	10,0	3,2	1,0	21,06 (*)
-5,50	5,00	P2 M5	0,74	25	1,91	19,5	9,6	6,2	63,50
-5,50	5,00	P6 M5	0,70	26	1,93	21,0	10,7	7,0	66,37

Para zapatas continuas      Ancho = 0,60 m.      Rm = A/2 = 0,30 m.

Profund. Respecto B. P.	Profund. Confin.	Pi Mi	C [kg/cm2]	$\varphi$ °	$\gamma$ [t/m3]	Nc	Nq	Ng	q [t/m2]
-5,00	5,00	Valor Ponderado	0,70	26	1,93	23,0	11,7	8,8	93,00

## VIII.- ANÁLISIS DE LOS POSIBLES ASENTAMIENTOS INICIALES

Formula general:  $S = DH \cdot (st - sc) \cdot k \cdot mv$

Nomenclatura:

S: Asentamiento, en centímetros.

g: Densidad del suelo, en kg/cm3.

DH: Espesor del manto considerado, en centímetros.

Df: Cota de fundación.

sc: Tensión de confinamiento, en Kg/cm2.

k: Factor de fundación de la profundidad.

st: Tensión aconsejada, en Kg/cm2.

mv: Módulo edométrico, en cm2/kg.

Estimación de asentamientos para una zapata de ancho: 2,00 m

Para cota de fundación: -4,00 m. De T.N.

Tensión de trabajo estimada: 3,90 Kg/cm2

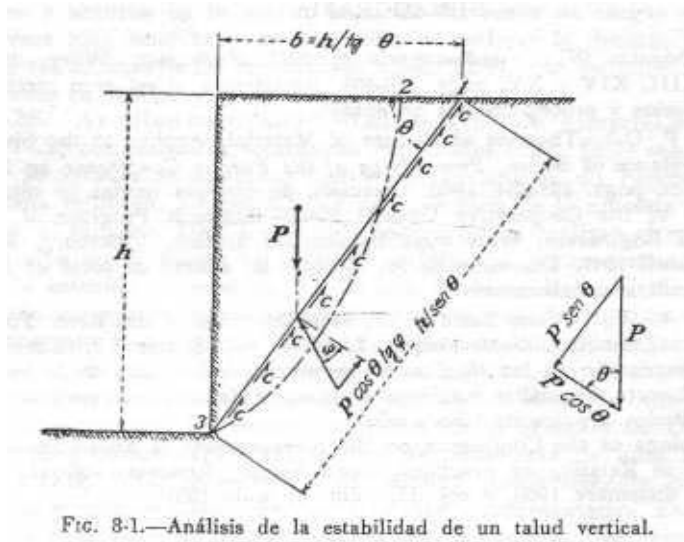
N°	Df cm	$\gamma$ kg/cm3	sc Kg/cm2	(st-sc) kg/cm2	$\Delta H$ cm	k	mv cm2/kg	S cm
1	400	0,0019	0,740	3,160	40	1,0	0,008	0,961
2	440	0,0019	0,814	3,086	40	0,8	0,008	0,741
3	480	0,0019	0,888	3,012	40	0,4	0,008	0,337
4	520	0,0019	0,962	2,938	40	0,2	0,008	0,141
5	560	0,0019	1,036	2,864	40	0,1	0,008	0,092
<b>ASENTAMIENTO en cm.</b>								<b>2,271</b>

## IX - ESTABILIDAD TALUDES DE EXCAVACIÓN.

El análisis de la estabilidad de un talud vertical libre, desprovisto de entibación, puede comenzarse suponiendo un tipo de rotura plana, según la superficie marcada como 1-3 en la figura. Nos interesa determinar la altura crítica ( $h_{cr}$ ), es decir, la altura que podrá excavarse con seguridad, sin necesidad de apuntalamientos. Del equilibrio de fuerzas y momentos surge la expresión siguiente:

$$h_{cr} = \frac{4 \cdot c \cdot \text{tg}(45^\circ + \phi/2)}{\gamma}$$

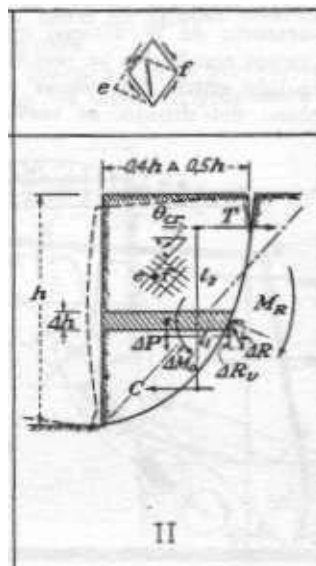
donde  $c$ : cohesión interna del suelo  
 $\gamma$ : densidad del suelo  
 $\phi$ : ángulo de fricción interna



Sin embargo, tanto este estudio como el realizado por Fellenius sobre superficies de rotura circulares (2-3 en la figura), arrojan valores de altura crítica demasiado altos respecto de los que demuestra la experiencia.

A partir de esta observación, comenzaron a estudiarse los efectos de las tracciones que se producen en el suelo en la proximidad de la superficie, según se ve en la figura de más abajo.

Terzaghi tiene en cuenta este efecto, reduciendo la altura crítica calculada según la



expresión anterior con un factor  $2/3$ , y recomienda tomar los valores característicos del suelo en forma conservadora, adoptando además un coeficiente de seguridad no menor a dos.

Si se arrimara un equipo pesado (rodados) al borde de la excavación, o si se acopian materiales, produciéndose una solicitación adicional valorada como  $p$  (fuerza repartida en unidad de área, por ejemplo  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), debe tenerse en cuenta una disminución de  $h_{cr}$ , dada por la siguiente relación:

$$R_h = p / \gamma.$$

Resumiendo todas las consideraciones y efectos antes citados, la expresión de la altura crítica queda:

$$h_{cr} = \frac{2 \cdot 4 \cdot c}{3 \cdot \gamma \cdot v} \cdot \text{tg} (45^\circ + \phi/2) - R_h$$

A partir de la información disponible de los Estudios de Suelos realizados en la zona, se adoptaron como parámetros promedio del suelo los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \text{De } 0,00 \text{ a } 2,50 \text{ m} \quad c &= 0,48 \text{ kg}/\text{cm}^2 \\ \phi &= 10^\circ \\ \gamma &= 1,91 \text{ kg}/\text{dm}^3 \\ h_{cr \text{ max.1}} &= 3,99 \text{ m, con } v = 2 \end{aligned}$$

A partir de los 2,50 m de profundidad se detecta un cambio en la resistencia del suelo. Para el suelo que se encuentra por debajo de la cota mencionada se calcula  $h_{cr}$  de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{De } 2,50 \text{ a } 4,50 \text{ m} \quad c &= 0,50 \text{ kg}/\text{cm}^2 \\ \phi &= 14^\circ \\ \gamma &= 1,97 \text{ kg}/\text{dm}^3 \\ h_{cr \text{ max.2}} &= 4,33 \text{ m, con } v = 2 \end{aligned}$$

A partir de los 4,50 m de profundidad se detecta un cambio en la resistencia del suelo. Para el suelo que se encuentra por debajo de la cota mencionada se calcula  $h_{cr}$  de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{A partir de } 4,50 \text{ m} \quad c &= 0,70 \text{ kg}/\text{cm}^2 \\ \phi &= 26^\circ \\ \gamma &= 1,93 \text{ kg}/\text{dm}^3 \\ h_{cr \text{ max.3}} &= 7,73 \text{ m, con } v = 2 \end{aligned}$$

Conclusión: El suelo será estable sin entibación hasta los 7,73 m con coeficiente de seguridad próximo a 2, dado que en el sondeo 3 entre 4,00 y 4,50 m se detecta un suelo de menor consistencia que reduce el coeficiente de seguridad a 1,92.

Este valor estará condicionado por los siguientes factores:

- 1- Se han empleado valores del Estudio, pudiendo variar los parámetros del suelo, por

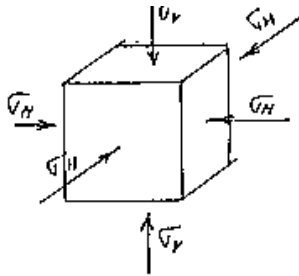
- tratarse de un material heterogéneo.
- 2- Al mismo tiempo, sobre los parámetros de corte disponibles, se adoptó el valor más reducido.
  - 3- Este análisis tiene en cuenta que no se colocarán cargas en la proximidades de la excavación.

**Ing. Juan Carlos Rosado y Asoc.**  
**Ingenieros Civiles**

## X.- ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD EN TÚNELES

### Planteo general del problema, análisis de la estabilidad de un túnel de sección circular:

Tensiones en el contorno de excavación de túneles de sección circular en un suelo elástico, homogéneo e isótropo.



$$\sigma_v = \sigma_\theta = \gamma_s H$$

$$\sigma_h = K \gamma_s H.$$

$$\text{donde } K = \frac{\nu}{1-\nu}$$

$\nu$  = coeficiente de Poisson.

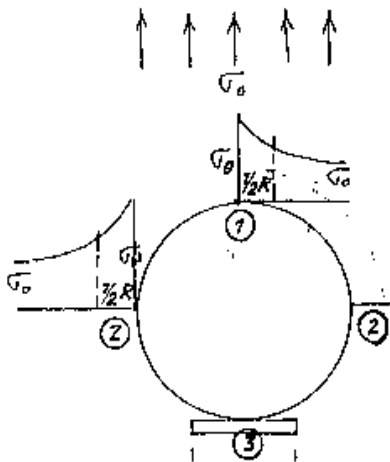
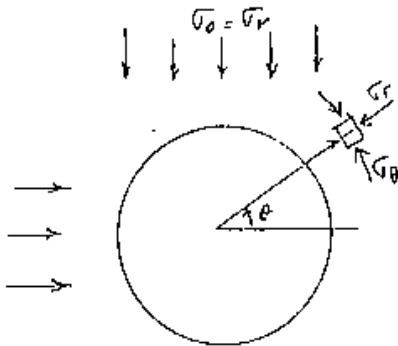
$$\nu = \frac{\epsilon_h}{\epsilon_v} = 0,4 \text{ a } 0,5 \text{ para arcillas compactas}$$

Para la sección circ.  
 se resulta:

$$\sigma_r = 0$$

$$\sigma_\theta = \sigma_0 \left[ (1+K) + 2(1-K) \cos 2\theta \right]$$

$$z_{r\theta} = 0$$



TENSIONES EN LOS ESTRIBOS (2) y EN LA CLAVE (1)

$\sigma_\theta$  para  $\theta = 90^\circ$  (en la clave)

$$\sigma_\theta = (3K-1) \sigma_0$$

$\sigma_\theta$  para  $\theta = 0^\circ$  (en las secciones diam.  
 metros horizontales)

$$\sigma_\theta = (3-K) \sigma_0$$

$$\sigma_{\theta \max} = 2\sigma_0 \quad (\theta=0^\circ \text{ y } \nu=0,5 \text{ K}=1)$$

$$\sigma_{\theta \max} = 2,18\sigma_0 \quad (\theta=0^\circ \text{ } \nu=0,45 \text{ K}=0,82)$$

$$\sigma_{\theta \max} = 2,52\sigma_0 \quad (\theta=0^\circ \text{ } \nu=0,4 \text{ K}=0,68)$$

Datos del Suelo	$C=0,70 \text{ Kg/cm}^2$ , $\phi=26^\circ$ , $\gamma=1,93\text{t/m}^3$
TAPADA APROX.	4,00
DIAMETRO EXCAV.	2,00
$\sigma_\theta$ max.	19,30
$\sigma_s \text{ adm.} = \sigma_{\text{adm}}/2$	46,50
Valor e	1,50

El valor e corresponde al espesor del estrato resistente por encima de la clave, donde debe se recomienda un  $N > 15$  con un espesor de estrato  $e > 1,5 D$ .

### Conclusiones:

Debido a que el nivel de agua subterránea se ubica a partir de la cota 10,50 m ( a 4,00 m del terreno natural) de profundidad, , será necesario realizar un abatimiento del nivel de agua subterránea para materializar la obra.

El análisis efectuado, para una sección circular, indica que es posible la ejecución de túneles, para cumplir con un manto de suelo compacto con  $N > 15$  golpes la tapada del conducto debería ser de 5,50 m para garantizar la formación del arco, si se trabaja con tapadas menores e recomienda el empleo de un escudo de avance, o la ejecución por secciones parciales.

A pesar de que la excavación en túnel tendrá un coeficiente de seguridad razonable, el hecho de que la obra se desarrolle en zona urbana merece una especial atención, por la presencia de: pozos absorbentes, instalaciones y servicios subterráneos , que han alterado el suelo previamente y no fueron detectados en los sondeos que integran este informe

En el caso del encuentro de túneles con paramentos verticales, debe tenerse presente que se superpone el estado tensiones generado por la excavación del túnel con las generadas por los empujes sobre paramentos verticales, resultando estos encuentros secciones críticas que requieren una especial atención. Se recomienda redondear las esquinas para el caso de secciones rectangulares, debido a una concentración de tensiones que es cuatro veces superior a las producidas en los paramentos verticales.

Por tratarse el suelo de un material heterogéneo, se recomienda trabajar con todas las medidas de seguridad que las reglas del arte imponen.

Si bien la excavación se puede realizar sin apuntalamientos, el recubrimiento del túnel se debe calcular con los empujes correspondientes , debido a que los mismos se desarrollarán con el tiempo (por plastificación de las secciones adyacentes al túnel) . Las distribuciones de tensiones y deformaciones van entonces evolucionando con el tiempo, tanto en el interior del macizo como en los empujes que se producirán sobre un revestimiento.

**Ing. Juan Carlos Rosado y Asoc.  
Ingenieros Civiles**

## XI.- ENSAYOS DE LABORATORIO

DENSIDAD NATURAL

HUMEDAD NATURAL

LIMITES DE ATTERBERG

GRANULOMETRIA SOBRE #200

COHESIÓN

ÁNGULO DE FRICCIÓN

MÓDULO EDMÉTRICO

# SONDEO 1

FECHA: Septiembre de 2011.

COTA DE LA NAPA FREÁTICA: +10,60 m

COTA DE BOCA DE POZO: +14,61 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.					Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	$\omega$ %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías					C [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\phi^o$	mv [cm <sup>2</sup> /kg]				
				0	10	20	30	40							50	0	10	20	30				40	50	60	70
B.P.	0.00	+14,61																								
1	1,50	13,11	20					CL	Castaño rojizo oscuro, homogéneo.	1,99	28,90	46,36	21,35	99,10												
2	2,50	12,11	9					CL	Castaño rojizo claro, homogéneo.	1,93	29,00	42,18	20,94	96,33								0,65	11	0,011		
3	3,50	11,11	50					CL		1,83	24,65	35,87	21,90	92,51												
4	4,50	10,11	36					ML		1,84	25,72	40,36	26,33	97,24												
5	5,50	9,11	38					ML	Castaño rojizo claro, con nódulos cementados, tosca y tosquilla calcárea.	1,68	30,81	39,62	27,15	95,87												
6	6,50	8,11	50					ML		1,92	32,90	35,18	26,34	94,08								0,51	23	0,010		
7	7,50	7,11	43					ML		1,88	31,53	37,99	25,78	91,85												

Tel / Fax (0341) 4350009 - estudiodesuelos@rosadoing.com.ar

E.S. Nº: 4709 - Página ..... de .....

Ing. Juan Carlos Rosado & Asociados

OBRA: Emisario 7 - 2da Etapa.

# SONDEO 2

FECHA: Septiembre de 2011.

COTA DE LA NAPA FREATICA: +10,60 m

COTA DE BOCA DE POZO: +14,84 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.					Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	$\omega$ %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías					C [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\phi^0$	mv [cm <sup>2</sup> /kg]					
				0	10	20	30	40							50	0	10	20	30				40	50	60	70	80
B.P.	0.00	+14,84																									
									Suelo vegetal.																		
1	1,50	13,34	16						CL	1,93	26,51	48,71	20,89	98,93								0,70	10	0,011			
2	2,50	12,34	8						CL	1,91	30,02	43,32	21,41	98,62								0,48	10	0,012			
3	3,50	11,34	43						CL	1,94	24,09	49,80	24,68	90,58													
4	4,50	10,34	36						CL	1,82	31,79	43,25	23,61	92,25													
5	5,50	9,34	40						ML	1,91	27,08	39,62	26,00	89,10								0,74	25	0,008			
6	6,50	8,34	50						ML	1,89	31,50	36,29	25,08	93,62													
7	7,50	7,34	30						ML	1,90	36,37	40,49	27,12	91,11													

Tel / Fax (0341) 4350009 - estudiodesuelos@rosadoing.com.ar

E.S. Nº: 4709 - Página ..... de .....

Ing. Juan Carlos Rosado & Asociados

OBRA: Emisario 7 - 2da Etapa.

# SONDEO 3

FECHA: Septiembre de 2011.

COTA DE LA NAPA FREÁTICA: +10,60 m

COTA DE BOCA DE POZO: +15,08 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.						Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	$\omega$ %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías										C [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\phi^o$	mv [cm <sup>2</sup> /kg]	
				0	10	20	30	40	50							0	10	20	30	40	50	60	70	80	90				100
B.P.	0.00	+15,08																											
1	1,50	13,58	18							CL	1,96	25,98	49,60	24,97	99,04														
2	2,50	12,58	24							CL	1,96	27,73	46,31	27,18	98,36									0,48	16	0,011			
3	3,50	11,58	24							CL	1,98	25,34	42,15	26,22	94,99									0,85	23	0,008			
4	4,50	10,58	14							CL	1,97	34,73	43,69	24,13	95,02									0,50	14	0,010			
5	5,50	9,58	19							ML	1,85	34,92	36,95	26,96	93,62														
6	6,50	8,58	37							ML	1,91	32,77	39,62	27,12	91,07														

Ing. Juan Carlos Rosado & Asociados  
 Tel / Fax (0341) 4350009 - estudiodesuelos@rosadoing.com.ar  
 OBRA: Emisario 7 - 2da Etapa.  
 E.S. Nº: 4709 - Página ..... de .....

# SONDEO 4

FECHA: Septiembre de 2011.

COTA DE LA NAPA FREATICA: +10,60 m

COTA DE BOCA DE POZO: +15,11 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.						Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	$\omega$ %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías										C [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\phi^o$	mv [cm <sup>2</sup> /kg]
				0	10	20	30	40	50							0	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
B.P.	0.00	+15,11																										
1	1,50	13,58	43							CL	1,94	23,20	45,68	20,95	98,42													
2	2,50	12,58	20							CL	1,95	34,63	42,98	21,42	97,28									0,51	15	0,010		
3	3,50	11,58	17							CL	1,99	28,91	39,98	23,95	95,89									0,52	17	0,009		
4	4,50	10,58	50							ML	1,81	31,46	33,57	28,20	94,11													
5	5,50	9,58	50							ML	1,89	29,02	37,12	27,11	93,09													
6	6,50	8,58	50							ML	1,90	28,36	36,95	26,54	89,66													

Tel / Fax (0341) 4350009 - estudiodesuelos@rosadoing.com.ar

Ing. Juan Carlos Rosado & Asociados

OBRA: Emisario 7 - 2da Etapa.  
E. S. N°: 4709 - Página ..... de .....







## **XII.- CONCLUSIONES**

### **A) Características generales del suelo:**

A partir de haber reconocido, ensayado y clasificado en laboratorio las muestras obtenidas en campo, se puede realizar una descripción de las características generales de los suelos:

- Un primer estrato de suelo de suelo arcilloso CL, de coloración castaño rojizo oscuro, homogéneo, de consistencia entre compacta y compacta, que se extiende hasta una profundidad de 1,70 m aproximadamente.
- Le sigue un estrato de suelo arcilloso CL, de coloración castaño rojizo claro, homogéneo, con nódulos en algunos sectores, de consistencia compacta, muy compacta en algunas zonas, que alcanza una profundidad aproximada de entre 3,00 m y 4,00 m. En la zona de P3 se detecta una zona de suelo saturado, con nódulos, de consistencia compacta a muy compacta, que se extiende hasta una profundidad de aproximadamente 5,50 m.
- A continuación, hasta el final de estos sondeos, el suelo detectado clasifica como arcilla CL y como limo ML, es de color castaño rojizo claro, con nódulos cementados, tosca y tosquilla calcárea, de consistencia dura.

El nivel de aguas subterráneas fue detectado a una profundidad variable de entre 4,00 m y 5,50 m (en cota +10,60 m), durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados en el mes de septiembre de 2011.

### **B) Recomendaciones:**

Teniendo presente las características de los suelos encontrados y la tipología de las estructuras a fundar, se consideran aplicables las siguientes recomendaciones:

Para ejecutar construcciones en la zona, utilizar los valores de tensión admisible detallados en el cuadro del punto VI, donde a título de ejemplo una zapata fundada a -4,00 m respecto de boca de pozo, la tensión admisible es de 3,90 kg/cm<sup>2</sup> y en la zona del sondeo P3 es de 2,20 kg/cm<sup>2</sup>.

Según la estimación realizada en el Punto VIII, el asentamiento inicial de una zapata de 2,00 m de ancho será del orden de 2,27 cm si se utiliza la tensión admisible de 3,90 kg/cm<sup>2</sup>. Una zapata más ancha ocasionará un mayor asentamiento.

Para las excavaciones previstas por debajo del nivel freático se deberá contar con un sistema de abatimiento de napas.

La excavaciones verticales en suelos naturales serán estables en excavaciones verticales en la profundidad estable, en la zona del sondeo P3 el coeficiente de seguridad se reduce un 5 a un 10% entre los 4,00 y 6,00 m. La excavaciones verticales en suelos naturales serán estables en excavaciones verticales en la profundidad estable, pero por tratarse de una zona urbana con alteraciones frecuentes producidas por la acción del hombre como pozos adsorbentes, cañerías de servicios públicos, rellenos deficientemente compactados, etc , se recomienda que siempre que se deba trabajar en el interior del zanjeo el empleo de una entibación de seguridad.

En el punto VI se brindan los diagramas de empujes a tener en cuenta en el diseño de entibaciones, que en este caso por tratarse de arcillas con fricción; por la presencia de tosquillas y cementaciones; combinaría ambos diagramas.

También resulta factible la excavación en túnel, si los diámetros del conducto lo permiten y el túnel se desarrolla por debajo de la cota de 10,50 IGN con una tapada del orden de 5,50 m , de forma que el conducto se desarrolle dentro de los mantos de suelo de consistencia compacta que permitan el trabajo del efecto de arco.

Al momento de la apertura de excavaciones y/o perforaciones se recomienda una especial atención por parte del director de obra, a fin de observar cualquier anomalía que eventualmente pudiera presentarse y pudiera afectar las fundaciones, y que no hubiera sido detectada en los sondeos puntuales del presente informe.

Ante las solicitudes originadas por el efecto viento, calculadas de acuerdo al CIRSOC 102, las tensiones admisibles pueden incrementarse en un 20 % . –

Rosario, 22 de Septiembre de 2011.

**Juan Carlos Rosado & Asociados**  
**Ingenieros Civiles**