



INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA FUNDACIÓN DE UN COMPLEJO DE VIVIENDAS

UBICACIÓN DE LA OBRA:

Calle Salvat y Calle 1368 – Rosario
Provincia de Santa Fe – República Argentina

COMITENTE:

Dir. Pcial de Vivienda y Urbanismo
Provincia de Santa Fe – Rosario
Provincia de Santa Fe – República 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. Ensayos de Laboratorio
- X. 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 cálculo de las fundaciones.
- Estudiar distintos sistemas de fundación y recomendar las alternativas más convenientes.
- Establecer un cuadro de cotas y tensiones admisibles.

SIMBOLOGÍA UTILIZADA.

θ	Cota de Referencia
\oplus B.P.	Boca de Pozo.
N	Nº de golpes del Ensayo de Penetración Terzaghi.
ω	Humedad Natural.
γ	Densidad aparente húmeda.
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
#200	Tamiz de malla nº 200 (74 micrones)
ϕ	Ángulo de fricción interna.
C	Cohesión.
mv	Módulo edométrico.
∇	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
V	Coeficiente de Seguridad
σ_{adm}	Tensión admisible
Df	Cota de fundación
$E=1/mv$	Módulo de Young.
ϵ	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 realizados el día 21 de Marzo de 2018.

Se realizaron cuatro perforaciones de 6,00 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.

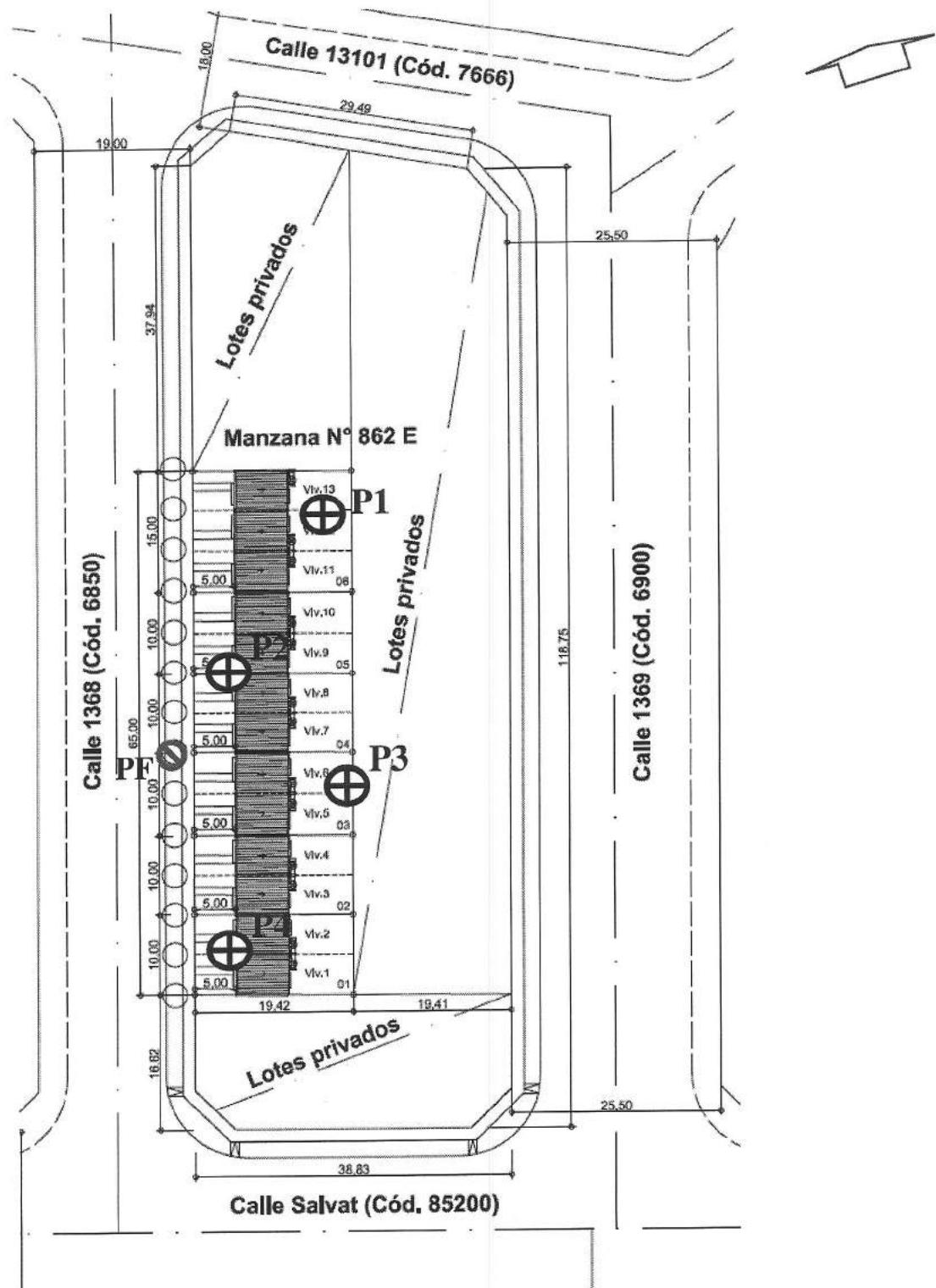
Determinación de límite plástico e índice de plasticidad según IRAM 10.502.

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

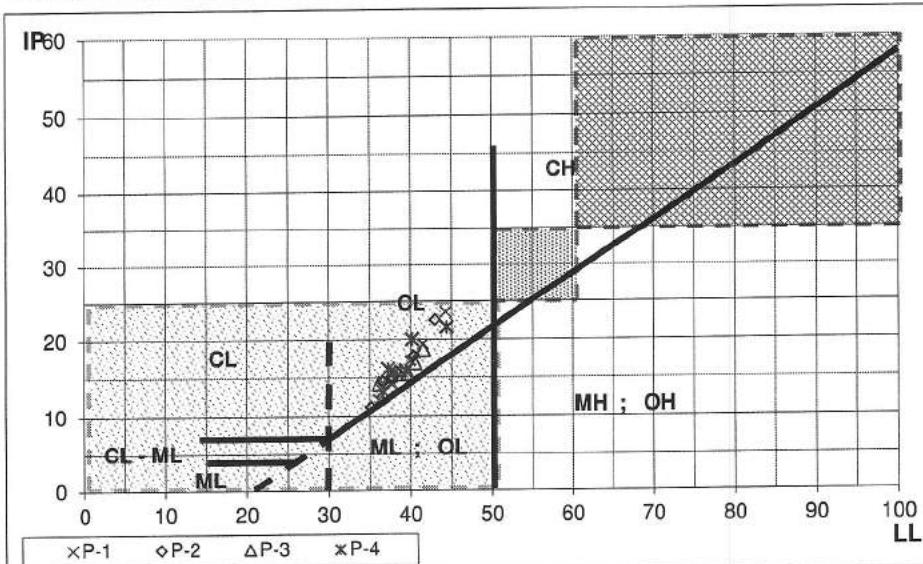


Cota de referencia: Punto Fijo: Cordón de vereda s/ calle 1368= 0,00 m

P-1 = +0,17 m P-2 = +0,19 m P-3 = +0,20 m P-4 = +0,23 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.	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)
		GP	Gravas y mezclas de grava y arena mal graduadas con pocos finos o sin finos.	
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava arena y limo.	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava arena y arcilla.	
	ARENAS más del 50 % de la fracción gruesa pasa el tamiz n° 4.	SW	Arenas y arenas gravosas bien graduadas con pocos finos o sin finos.	
		SP	Arenas y arenas gravosas mal graduadas con pocos finos o sin finos.	
		SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo.	
		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.	
		MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o limos plásticos.	
	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido superior a 50%.	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
		OH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta o media.	
		PT	Turba, estiercol 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<35
MEDIO	50>LL<60 y 25>IP>35
ALTO	LL>60 ; IP>35

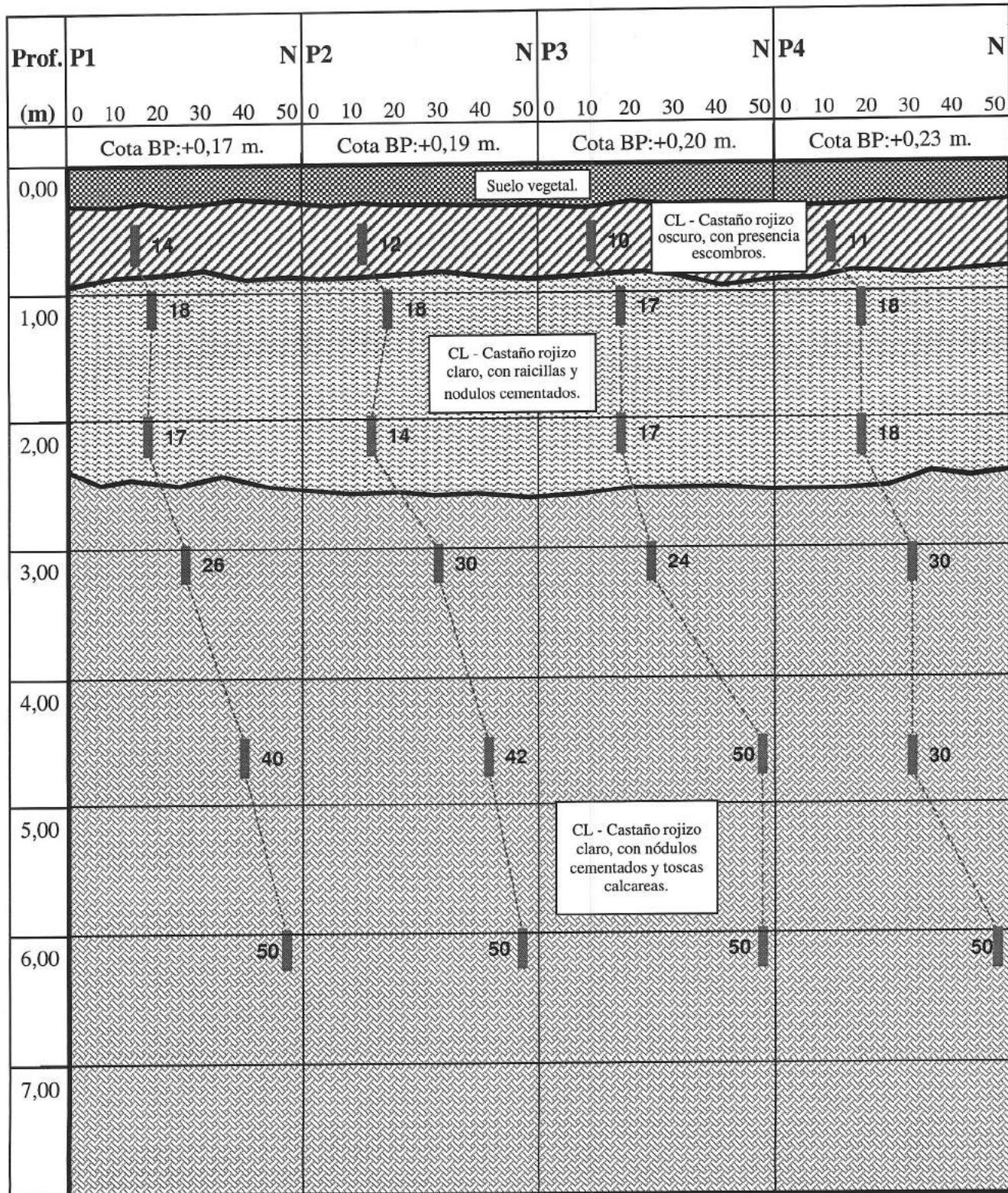
ENSAYO NORMALIZADO DE PENETRACION DE TERZAGHI (S.P.T.)

Durante la ejecución de las perforaciones se llevó a cabo el ensayo de penetración, que consiste en la hincada 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).



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 ²	Coeficiente de Balasto (K ₃₀) Kg/cm ³	Tensiones admisibles para zapatas continuas Kg/cm ²	Tensiones admisibles para plateas rígidas Kg/cm ²
0,60	-0,60	-----	2,50	1,10	1,20 (*)
1,00	-0,80	1,50	3,70	1,30	-----
2,00	-1,80	2,00	5,00	-----	-----
3,00	-2,80	2,20	5,80	-----	-----
4,50	-4,30	3,00	8,00	-----	-----

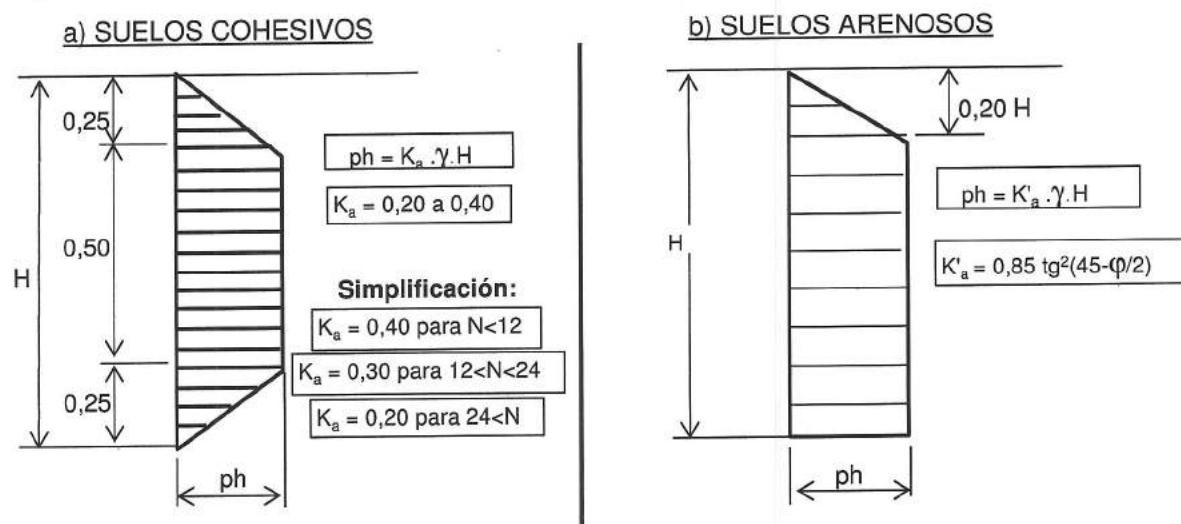
Observaciones:

- La napa freática no fue detectada en la profundidad sondeada, durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados el día 21/03/18.

- Los valores con (*), se obtuvieron considerando un reemplazo y mejorado del suelo de los primeros 0,30 a 0,40 m (primer horizonte de suelo). Ver X.- RECOMENDACIONES.

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 N_c , N_q y N_g son los indicados por Terzaghi.

$$g_{adm} = q / A = \{ C Nc + (\gamma - 1) D Nq + (\gamma - 1) Rm N\gamma \} / v, \quad v = 3$$

$$\text{Para bases aisladas} \quad \text{Lado} = 2,00 \text{ m.} \quad \text{Rm} = A/4 = 0,500 \text{ m.}$$

Profund. Respecto B. P.	Profund. Confin.	Pi Mi	C [kg/cm ²]	φ º	γ [t/m ³]	Nc	Nq	Ng	q [t/m ²]
-0,50	0,00	P3 M1	0,37	11	1,89	8,4	2,4	1,0	10,72
-1,00	0,50	P1 M2	0,39	17	1,61	12,5	4,6	1,9	17,83
-1,00	0,50	P3 M2	0,39	16	1,77	11,8	4,2	1,6	17,06

$$\text{Para plateas rígidas} \quad \text{Lado} = 3,50 \text{ m.} \quad \text{Rm} = A/4 = 0,875 \text{ m.}$$

Profund. Respecto B. P.	Profund. Confin.	Pi MI	C [kg/cm ²]	φ °	γ [t/m ³]	Nc	Nq	Ng	q [t/m ²]
0,00	0,00	P3 M1	0,37	10,53	1,89	8,4	2,4	1,0	10,96

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

Profund. Respecto B. P.	Profund. Confin.	Pi Mi	C [kg/cm ²]	φ °	γ [t/m ³]	Nc	Nq	Ng	q [t/m ²]
-1,00	0,70	Valor Ponde- rado	0,37	10,53	1,89	8,4	2,4	1,0	11,65

VIII.- ANÁLISIS DE LOS POSIBLES ASENTAMIENTOS INICIALES

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

Nomenclatura:

S: Asentamiento, en centímetros.

g: Densidad del suelo, en kg/cm³.

DH: Espesor del manto considerado, en centímetros. Df: Cota de fundación.

BR: Espesor del manto considerado, en cm.

Df: Cota

st: Tensión de comienzo, en Kg/cm².

k: Factor de fundación de la profundidad.

mv: Módulo edemétrico, en cm^2/kg .

Estimación de esfuerzos para una placa rígida de lado:

350 m

Estimación de asentamientos para una placa:

Tensión de trabajo estimada: 1.20 Kg/cm²

IX.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES

Cálculo de la capacidad portante de pilotes ejecutados in situ, según el método del ingeniero Zaven Davidian publicado en su obra "Pilotes y cimentaciones sobre pilotes".

CARACTERÍSTICAS DEL PILOTE Y DEL SUELO:

Diámetro (ϕ): 0,30 m napa de agua (CN): -10,00 m Sin Bulbo (ϕ): 0,00 m
 Longitud (L): 2,40 m γ_s : 1,85 kg/dm³
 Cota Punta (Df): 3,00 m cabezal: 0,60 m

ESTRATO 1: de 0,60 m a 1,00 m
 $\phi_1: 11$ C1: 0,37 kg/cm²

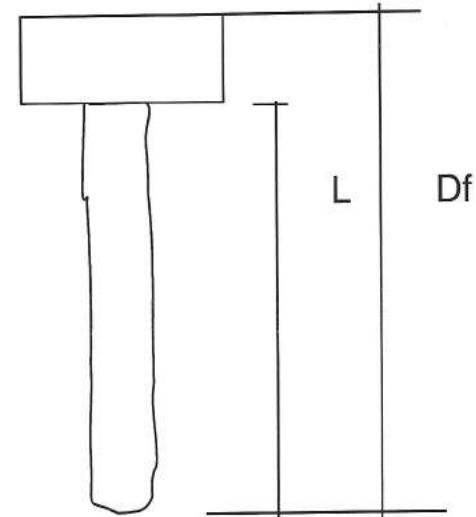
Longitud 1: 0,40 m

ESTRATO 2: de 1,00 m a 2,40 m
 $\phi_2: 14$ C2: 0,38 kg/cm²

Longitud 2: 1,40 m

ESTRATO 3: de 2,40 m a 3,00 m
 $\phi_3: 17$ C3: 0,48 kg/cm²

Longitud 3: 0,60 m



COEFICIENTES:

Factores de fricción:

$\phi_1: 11$

S32: 0,21

S5: 1,68

$\phi_2: 14$

S32: 0,32

S5: 1,95

$\phi_3: 17$

S32: 0,46

S5: 2,28

Factores de capacidad carga:

$\phi_3: 17$

Nc: 12,5

Nq: 4,6

Factor de forma y profundidad:

Df / ϕ : 10

ϕ / L : 0,13

sc . dc : 1,58

RESISTENCIA DE PUNTA:

$$q = \gamma_s \cdot Df - 1,00 \cdot (Df - CN) : 5,55 \text{ t/m}^2$$

$$qp = (c' \cdot Nc + q \cdot Nq) \cdot sc \cdot dc / V = 45,03 \text{ t/m}^2$$

$$Vp = 3$$

RESISTENCIA POR FRICTION LATERAL:

$$qf = (1/2 \cdot \gamma_s \cdot Df \cdot S32 + c' \cdot S5) / V$$

$$qf 1 = 2,14 \text{ t/m}^2$$

$$qf 2 = 2,71 \text{ t/m}^2 \quad Vf = 3$$

$$qf 3 = 4,07 \text{ t/m}^2$$

EJEMPLO DE APLICACIÓN:

Diám. de pta. (ϕ): 0,30 m Bulbo Punta ϕ = 0,00 m Reducción L3 a = 0,60 m

Longitud (L): 2,40 m Area apoyo = 0,0707 m² Perímetro fuste = 0,942 m²

Cota Punta (Df): 3,00 m Volumen pilote= 0,1696 m³ Vol adic bulbo= 0,0000 m³

Capacidad por punta: qp * Area = 3,18 ton

Capacidad por fricción E1: qf1 * Perímetro * L1 = 0,81 ton

Capacidad por fricción E2: qf2 * Perímetro * L2 = 3,57 ton

Capacidad por fricción E3: qf3 * Perímetro * L3 = 2,30 ton

Descuento Peso Propio pilote: Vol * Pe(H°) = -0,41 ton

CAPACIDAD PORTANTE TOTAL = 9,46 toneladas

IX.- ENSAYOS DE LABORATORIO

DENSIDAD NATURAL

HUMEDAD NATURAL

LIMITES DE ATTERBERG

GRANULOMETRIA SOBRE #200

COHESIÓN

ÁNGULO DE FRICCIÓN

MÓDULO EDOMÉTRICO

SONDEO 1

FECHA: Marzo de 2018.

COTA DE LA NAP/ COTA DE BOCA D]

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	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y					
				0	10	20	30	40							10	20	30	40		
B.P.	0,00	+0,17	—						Suelo vegetal.											
1	0,50	-0,33	14							CL	Castaño rojizo oscuro, con escombro.	1,80	20,26	44,28	20,66	99,5				
2	1,00	-0,83	18							CL	Castaño rojizo claro, con raicillas y nodulos cementados.	1,61	12,09	41,46	22,12	98,8				
3	2,00	-1,83	17							CL		1,74	15,82	40,55	22,45	97,1				
4	3,00	-2,83	26							CL		1,82	23,07	39,95	22,78	97,6				
5	4,50	-4,33	40							CL	Castaño rojizo claro, con nódulos cementados y toscas calcáreas.	1,81	21,07	37,74	23,59	96,1				
6	6,00	-5,83	50							CL		1,89	23,50	36,12	23,98	95,8				

SONDEO 2

FECHA: Marzo de 2018.

COTA DE LA NAP/

COTA DE BOCA D]

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	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y			
				0	10	20	30	40							10	20	30	40
B.P.	0,00	+0,19							Suelo vegetal.									
1	0,50	-0,31	12						CL	1,82	18,64	42,94	20,37	99,25				
2	1,00	-0,81	18						CL	1,62	12,39	40,37	22,59	99,62				
3	2,00	-1,81	14						CL	1,70	13,00	38,17	22,40	99,07				
4	3,00	-2,81	30						CL	1,70	22,37	37,79	22,80	98,11				
5	4,50	-4,31	42						CL	1,73	20,03	36,59	22,15	96,46				
6	6,00	-5,81	50						CL	1,75	22,53	35,16	23,95	90,21				

SONDEO 3

FECHA: Marzo de 2018.

COTA DE LA NAP/

COTA DE BOCA D]

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	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y			
				0	10	20	30	40							10	20	30	40
B.P.	0,00	+0,20							Suelo vegetal.									
1	0,50	-0,30	10															
2	1,00	-0,80	17						CL	1,89	25,86	41,59	22,90	99,12				
3	2,00	-1,80	17						CL	1,77	15,38	40,52	23,65	98,46				
4	3,00	-2,80	24						CL	1,75	20,43	39,65	24,15	97,17				
5	4,50	-4,30	50						CL	1,85	21,17	38,62	23,17	97,12				
6	6,00	-5,80	50						CL	1,86	18,20	37,49	22,22	95,88				
										1,88	23,21	36,17	21,98	95,45				

SONDEO 4

FECHA: Marzo de 2018.

COTA DE LA NAP/

COTA DE BOCA D]

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	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y			
											0	10	20	30
B.P.	0,00	+0,23	—●—		Suelo vegetal.									
1	0,50	-0,27	11	11	CL	1,89	27,32	44,39	22,81	99,59				
2	1,00	-0,77	18	18	CL	1,76	16,90	40,16	20,17	98,19				
3	2,00	-1,77	18	18	CL	1,74	20,08	38,11	22,45	97,10				
4	3,00	-2,77	30	30	CL	1,82	18,21	39,39	23,55	97,32				
5	4,50	-4,27	30	30	CL	1,98	25,35	37,21	21,15	96,52				
6	6,00	-5,77	50	50	CL	1,90	20,06	36,62	23,37	96,77				

XI.- 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.

Se detecta la siguiente configuración estratigráfica:

- Un primer estrato de suelo arcilloso CL, color castaño rojizo oscuro, con presencia de escombro, de consistencia compacta, que se extiende hasta una profundidad aproximada de 1,00 m.
- Le sigue un estrato de suelo arcilloso CL, de coloración castaño rojizo claro, con presencia de raicillas y nódulos cementados, de consistencia entre compacta y muy compacta, que alcanza una profundidad cercana a los 2,40 m.
- A continuación, y hasta el final de los sondeos realizados, el suelo detectado clasifica como arcilla CL, es de coloración castaño rojizo claro, con nódulos cementados y presencia de tosca calcárea de diferentes tamaños, de consistencia entre muy compacta y dura.

El nivel de aguas subterráneas no fue detectado en la profundidad sondeada, durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados a fines del mes de Marzo de 2018.

B) Recomendaciones:

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

En el caso de fundaciones de muros se podrá emplear una zapata corrida tradicional de hormigón de cascote, dimensionando su ancho en función de las cargas actuantes con una tensión admisible de $1,30 \text{ kg/cm}^2$ a una profundidad de 0,60 m respecto a boca de pozo (-0,60 m respecto del nivel de referencia).

Otra solución podría consistir en el empleo de una platea rígida. Para su ejecución se recomienda desmontar los primeros 30 a 40 cm de suelo superficial (suelo de primer horizonte), para luego ejecutar un terraplén con suelo seleccionado (L.L.<40 e I.P.<12), compactando por capas de no más de 20 cm de suelo suelto (15cm compactado) hasta alcanzar una densidad seca superior al 98% del valor máximo determinado en el ensayo Proctor de referencia, y con un espesor total superior a los 30 cm de terraplén terminado. En caso que el suelo para terraplenar no reúna las condiciones de seleccionado, se lo puede mejorar con el agregado de cal hidratada (3% a 4%) y arena (10% a 15%). Para el

dimensionamiento de la platea rígida se podrá emplear una tensión admisible de 1,20 Kg/cm² y un coeficiente de balasto (ó módulo de deformación) de 2,50 Kg/cm³.

Según la estimación realizada en el Punto VIII, el asentamiento de una platea rígida de 3,50 m de largo cargada en toda su superficie trasladando al terreno una carga de 1,20 Kg/cm² , será del orden de 2,29 cm si se utiliza la tensión admisible recomendada, una platea más ancha ocasionará un mayor asentamiento.

También puede considerarse el empleo de pilotines, en el punto IX de este informe se detalla la memoria de cálculo de un pilotín que con diámetro 0,30 m y punta apoyada en 3,00 m, desarrolla una capacidad de carga de 9,40 toneladas.

Los suelos encontrados presentan sensibilidad al agua desde el punto de vista de su comportamiento mecánico. Es decir, son susceptibles de reducir sus parámetros resistentes y variar su volumen ante variaciones de su contenido de humedad. Por lo tanto, se recomienda diseñar y ejecutar las obras de desagües cuidando que el agua no afecte el suelo de fundación, en especial para el caso de zapatas continuas realizar una vereda perimetral en los muros exteriores para evitar la infiltración concentrada del agua de lluvia.

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, 20 de Abril de 2018.

Ing. Juan Carlos Rosado
ICET