

TRANSPORTADORA DE GAS DEL NORTE S.A.

Gerencia de Ingeniería y Proyectos

VISADO

Firma..... Fecha 9/10/07

COPIA CONTROLADA

0	PARA CONSTRUCCION	18.09.07	ARRT	BUZ	JAT
C	PARA APROBACION	16.08.07	ARRT	BUZ	JAT
B	PARA APROBACION	24.07.07	ARRT	BUZ	JAT
A	PARA INFORMACION	10.05.07	ARRT	BUZ	JAT
Rev.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORO	REVISO	APROBÓ

LISTA DE REVISIONES

ODEBRECHT

ARCAN ENGINEERING

81061086-00-000-RTC-1002

REEMPLAZA A:	REV.	REEMPLAZADO POR	REV.
--------------	------	-----------------	------

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE
TRANSPORTADORA DE GAS DEL NORTE S.A., QUIEN
SALVAGUARDARÁ SUS DERECHOS CONFORME A LAS
PREVISIONES DE LA LEY.

TÍTULO: REPORTE TECNICO
ESTUDIO DE SUELOS

TIPO DE
ELABORADO: INFORME

LUGAR: PTA. TIO PUJIO - PCIA CORDOBA

Nº de Obra

OBRA: EXPANSION 2006/8

-

NUMERO DE ELABORADO TGN:

Escala
N/A

REVISIÓN

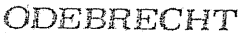
TIO-EC-IF-05P6002

Hoja Nº

1 de 38



TGN
TRANSPORTADORA
DE GAS DEL NORTE S.A.

 	INFORME	Identificación	Pág.
	REPORTE TECNICO ESTUDIO DE SUELOS	TIO-EC-IF-05P6002 Revisión 0	2 De 38

COMENTARIO:

1. El archivo adjunto incluye el Informe del Estudio de Suelos y Memorandum (20.06.07 y 15.08.07) desarrollado por ARRT INGENIEROS CONSULTORES.
2. Documentación de referencia entregada por Arcan para la Investigación Geotécnica en la nueva Planta Compresora TÍO PUJIO, situada en la localidad de Tío Pujio, cercano a la Ciudad de Villa María, Provincia de Córdoba. Es la siguiente:
TIO-EC-PL-05P6001 UBICACIÓN PUNTOS DE ZONDEOS
TIO-EC-SP-05P6001 ESPEC. ESTUDIO DE SUELOS



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural
Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrr@ciudad.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

Córdoba, 7 de Mayo de 2007.

Sres.
ARCAN Ingeniería SA
Av. Rivadavia 875 – 61° Piso
Buenos Aires
Teléfono/Fax: 011-5272-6400

Nos dirigimos a Uds. con el fin de elevarle el Informe Técnico, que acompaña a la presente nota, correspondiente al estudio de suelos oportunamente solicitado, en el terreno de la Planta Compresora Tío Pujio (TGN), ubicada en las cercanías de la ciudad de Tío Pujio de la provincia de Córdoba.

Sin otro particular y poniéndome a su entera disposición para evacuar cualquier duda emergente del mismo lo saludo atentamente.

Ing. Emilio R. Redolfi

Ing. Roberto Terzariol



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural
Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: art@ciudad.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZAROLI, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

Córdoba, 7 de Mayo de 2007.

ESTUDIO DE SUELOS PARA FUNDACIONES

CLIENTE: *ARCAN Ingeniería S.A.*

OBRA: *Planta Compresora Tío Pujio*

UBICACIÓN: *Tío Pujio - Provincia de Córdoba*

Nº: *(3420) 07/170/0*

INFORME TÉCNICO FINAL

A. Consideraciones Generales

A.1. Objeto del Estudio:

El presente estudio tiene por finalidad reconocer las propiedades físicas y mecánicas del terreno en donde se construirán las fundaciones de la ampliación de la estación existente a fin de determinar la probable cota y tipo de fundación para la citada estructura. En los equipos pequeños y cañerías, la carga máxima combinada horizontal y vertical es de 12,0 y 6,0 toneladas respectivamente y de 16,0 t para carga vertical sola. En los edificios la carga máxima estimada es de 60 t por columna.

A.2. Ubicación del terreno estudiado:

El mismo se encuentra ubicado en un lote lindero a la actual planta Compresora de Gas de la ciudad de Tío Pujio de la Provincia de Córdoba. Se adjunta al presente un croquis de ubicación de los trabajos realizados.

B. Desarrollo del estudio

B.1. Trabajos realizados en campaña:

Calicatas: A efectos de reconocer el perfil geológico y extraer muestras alteradas, se realizaron cuatro (4) calicatas, las cuales se indican en el croquis de ubicación como sondeos C1 (+238,15m), C2 (+237,85m), C3 (+238,10m) y C4 (+238,10m).

Sondeos mecánicos: Se realizaron ocho (8) sondeos mediante barreno para tomar muestras de los distintos tipos de suelos atravesados y realizar ensayos de penetración Standard (SPT) cada metro o en las zonas de cambio de



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural
Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@ciudad.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

estrato. En el croquis de ubicación se designan como P1 (+237,75m), P2 (238,05m), P3 (238,05m), P4 (+237,30m), P5 (+237,30m), P6 (+237,95m), P7 (+237,85m) y P8 (+237,15m), con profundidades máximas de 25,00 metros.

Ensayos de resistividad: En las localizaciones indicadas en el croquis de ubicación como ER1, ER2, ER3, ER4, ER5, y ER6, se determinó la resistividad específica de los mantos de suelos siguiendo el método de Wenner.

B.2. Trabajos realizados en laboratorio:

Sobre las muestras extraídas se realizaron los siguientes ensayos y determinaciones:

- Humedad natural
- Peso unitario
- Límites de consistencia
- Granulometría
- Sales solubles totales

Los valores obtenidos se indican en las planillas correspondientes.

B.3. Trabajos de Gabinete

Se han realizado planillas y gráficos de los ensayos de Laboratorio, se han evaluado sus resultados, y se han estudiado posibles sistemas de fundación para la obra mencionada con el objeto de formular las recomendaciones de este Informe.

C. Descripción y propiedades mecánicas de los estratos

Se trata de suelos predominantemente limosos, de origen eólico (loess).

Por debajo de una capa de suelo vegetal de 30 a 40 cm de espesor y hasta una profundidad que varía entre - 22,50 y -24,00 metros (cota +214m a +215,5m) se desarrolla un manto de limos arenosos de color pardo claro poco densos. Dentro de la Clasificación Unificada corresponden a suelos ML y CL-ML. Intercalados en este manto se encuentra lentes de concreciones calcáreas con espesores de 3,00 a 5,00 metros, que no tienen continuidad en planta. El número de golpes promedio del ensayo SPT se ubica entre 7 y 8 para penetrar 30 cm.

Este manto presenta zonas con características colapsables, es decir que ante el incremento en el contenido de humedad, pueden sufrir deformaciones y asentamientos importantes con sólo la acción de su propio peso; y suelos potencialmente colapsables, es decir que en condiciones de saturación, su estructura



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural
Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@ciudad.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

puede colapsar bajo la acción de cargas, aún cuando estas no sean muy elevadas. Todo esto se verifica en los ensayos de Laboratorio realizados sobre muestras representativas de estos estratos.

Dentro de este manto a una profundidad de aproximadamente 7,50 metros se ubica el nivel freático de la zona.

Finalmente a partir de -22,50/24,00 metros y hasta el total de la profundidad investigada (-25,00 metros) se encuentra un horizonte de limos cementados densos. En los ensayos SPT estos suelos dieron rechazo (más de 50 golpes del SPT) y en general valores superiores a 30 golpes para penetrar 10 cm.

D. Conclusiones

D.1. Fundaciones:

Los resultados de los ensayos de Campo y Laboratorio hacen desechar el manto de limos arenosos superiores como manto de fundación, ya que si bien presentan capas algo cementadas, las mismas no son uniformes en todo el predio y por debajo de ellas aparecen suelos potencialmente colapsables que podrían provocar asentamientos importantes con los consiguientes daños en la estructura a fundar.

Por ello debe pensarse en fundaciones que atraviesen los estratos colapsables o potencialmente colapsables apoyando sobre los mantos estables inferiores.

Por debajo de los -4,00 metros de profundidad, son poco probables procesos de fricción negativa en el fuste de los pilotes. Por el contrario puede asignársele una resistencia friccional admisible de 2,00 t/m².

A pesar de haber afirmado que el manto de limos arenosos superiores debe desecharse como manto de fundación de las estructuras, pueden realizarse algunas consideraciones respecto de las estructuras menos comprometidas estructuralmente.

El colapso del suelo, y su consiguiente asentamiento, es debido a que localmente se introduce agua dentro del terreno o bien se produce un ascenso del nivel freático. Si de alguna forma se tuviese la certeza que nunca en el suelo va a ingresar el agua, posiblemente lo aconsejable sería fundar sobre el manto superficial.



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural
Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@ciudad.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

Evidentemente esta certeza no se tiene, pero existen elementos técnicos y de diseño que impiden el ingreso del agua en el terreno, o al menos que minimicen sus efectos perjudiciales.

Por lo anteriormente expuesto deben analizarse dos tipos de fundaciones, una primera mediante fundaciones profundas –solución técnicamente correcta- para estructuras con cargas elevadas y una segunda mediante fundaciones superficiales o semiprofundas, cuando se trate de estructuras de cargas bajas o intermedias.

En cualquiera de las tipologías de fundación que se adopte, el proyecto de las fundaciones y sus instalaciones deben tener como objetivo central, **impedir el ingreso del agua en el terreno**.

Estructuras de cargas muy bajas o cuyo asentamiento no implique daños de envergadura.

Alternativa 1:

- Apoyar las fundaciones (zapatas aisladas, plateas o bloques de fundación) sobre el horizonte de limos arenosos superiores a una profundidad de -1,00. Se estima que puede utilizarse una tensión admisible de $5,0 \text{ t/m}^2$. Se puede asumir un ángulo de rozamiento interno suelo-fundación de 20° y un módulo de balasto para plato de 30 cm de diámetro igual a 1.000 t/m^3 sobre suelo compactado.

Alternativa 2:

- Utilizar como suelo de fundación el manto de limos arenosos parcialmente cementados o potencialmente colapsables ubicados por debajo de los -8,00 metros de profundidad aproximadamente tomando como nivel de referencia la superficie actual del terreno. Podrán utilizarse en este caso pilotes friccionales excavados con lodos bentoníticos y hormigonados in situ. La colaboración de la punta se compensará con el peso propio del pilote. Para el diseño de los mismos se podrán utilizar los siguientes parámetros de cálculo:

Profundidad [metros]	Estrato	Fricción admisible por el fuste [t/m ²]	Tensión admisible por la punta [t/m ²]
0,0 a -4,0	Limos arenosos superiores	0,00	0,00
10,0 > Prof. > -4,0	Limos parcialmente cementados o potencialmente colapsables	2,0	10,00



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural
Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: artt@ciudad.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

Se recomienda el empleo de un único sistema de fundación en cada estructura o línea de cañería, es decir no es conveniente intercalar fundaciones superficiales y profundas.

Estructuras de cargas elevadas o cuyo asentamiento implique daños de envergadura o afectaciones al funcionamiento de la planta.

- Fundar sobre el manto de limos arenosos cementados ubicados por debajo de los -22,50 metros de profundidad (cota +214,0 metros), tomando como nivel de referencia la superficie actual del terreno. Podrán utilizarse en este caso pilotes excavados con lodos bentoníticos y hormigonados in situ o pilotes hincados. Para el diseño de los mismos se podrán utilizar los siguientes parámetros de cálculo:

Profundidad [metros]	Estrato	Fricción admisible por el fuste [t/m ²]		Tensión admisible por la punta [t/m ²]	
		Pilotes Hincados	Pilotes Excavados	Pilotes Hincados	Pilotes Excavados
0,0 a -4,0	Limos arenosos superiores	0,00	0,00	---	---
-4,00 a -22,50	Limos arenosos sueltos	2,00	2,00	---	---
>-22,50	Limos cementados	3,00	3,00	200,00	70,00

D.2. Excavaciones y movimiento de suelos:

Dadas las características cohesivas de los mantos limosos superiores, las excavaciones podrán realizarse a pared vertical sin la necesidad de entibados o precauciones especiales, al menos hasta profundidades no superiores a 3,00 metros.

Para el diseño de eventuales muros de contención puede adoptarse un diagrama de empujes tal como el indicado en el Código de Edificación de la ciudad Buenos Aires para el tipo 3 (arcillas blandas) con un valor de $K'_A = 1 - \frac{3,5}{H}$ para H en metros.

Para ejecutar las excavaciones y las fundaciones no será necesaria realizar ninguna depresión de la napa freática.

D.3. Estructuras y fundaciones sometidas a acción dinámica:



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural
Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@ciudad.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

Desde el punto de vista dinámico, estos materiales no presentan probabilidades de licuefacción ni de comportamiento contractivo ante esfuerzos dinámicos. De todos modos para fundaciones de máquinas resulta adecuado disminuir la capacidad friccional, por debajo del nivel freático en un 50% para tener en cuenta la interacción con el suelo saturado circundante.

El módulo de balasto dinámico puede adoptarse como 3000 t/m^3 y la variación de velocidad de onda de corte en profundidad puede estimarse como:

$$V_s [m/s] \approx 160.5 \sqrt{\sigma_o (KPa)}$$

En lo que respecta al empotramiento lateral para resistir esfuerzos horizontales, puede decirse que si bien es considerablemente superior el empotramiento que pueden brindar los limos cementados frente a los limos superiores, estos no deben necesariamente despreciarse a tal efecto. De acuerdo a la experiencia, en la ciudad de Córdoba - donde existen suelos de similar comportamiento - estos limos han demostrado un adecuado comportamiento ante fuerzas laterales.

Para la verificación de estos esfuerzos en estado último, puede adoptarse las formulaciones de Broms (1964), para las cuales se puede fijar como parámetro de diseño en los limos superiores la cohesión no drenada (c_u) = 2 t/m^2 .

Si fuese necesaria una verificación en fase de servicio, puede adoptarse para los limos superiores, considerando un comportamiento elástico del suelo (Winkler), un coeficiente de reacción lateral variable con un valor:

$$K_h [t/m^3] = 100 \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{Z}{L} \right)^{0.4}$$

Donde:

Z = Profundidad (m),

D = Diámetro del pilote (m),

L = Longitud del pilote (m).

D.4. Rellenos y compactación:

Los suelos encontrados no presentan características expansivas por lo que pueden ser utilizados como apoyo de bases y subases, y pueden servir como material para terraplenamiento.

A los efectos de lograr un adecuado comportamiento de los terraplenes, se aconseja utilizar la siguiente metodología:



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural
Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@ciudad.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

- Retirar el suelo vegetal superficial (aproximadamente 30 cm) y compactar el suelo natural hasta obtener el 92% del valor de ensayo Proctor Standard.
- Por encima de esta primera compactación y hasta 20 cm por debajo del nivel de fondo de pisos o calles, se podrá terraplenar con suelo del lugar o de yacimiento (limo arenoso CL-ML: PTN°200 > 90%; LL < 27%; IP < 7%). Este terraplenamiento se realizará compactando hasta lograr un 95% del peso unitario máximo del ensayo Proctor Standard en capas de no más de 20 cm de espesor.
- La última capa (20 cm) inmediatamente por debajo de los pisos y calles y por encima del terraplén se construirá con material granular seleccionado (localmente denominado 0-20 mm) adicionando con un 2% en peso de cal hidratada. Este material se compactará hasta obtener un 98% del valor del ensayo de Proctor Standard.
- Para el suelo del lugar puede adoptarse un valor de peso unitario máximo para el ensayo Proctor Standard de $1,62 \text{ t/m}^3$ con una humedad óptima de 18%. En el caso de utilizar suelo de otro yacimiento se deberán realizar ensayos en obra para determinar su peso unitario máximo y su humedad óptima.

A los efectos de lograr un adecuado comportamiento de los suelos debajo de los cabezales de fundación, y plateas, se aconseja utilizar la siguiente metodología:

- Excavar el suelo hasta una profundidad igual a la altura del cabezal o platea más 20 cm.
- Compactar el suelo de relleno hasta obtener el 92% del valor de ensayo Proctor Standard.
- Colocar 5 cm. de hormigón de limpieza y proceder a ejecutar la fundación propiamente dicha.

D.5. Agresividad:

Los ensayos de sales solubles totales (Norma DPV) indican que los suelos presentan contenidos de sales solubles totales menores del 0,10 %. Por este motivo no se ha determinado contenidos de sulfatos y cloruros.

Esto ubicaría a los suelos respecto a la agresividad como de “no agresivos” según la norma CIRSOC 201, tomo 1, pp 261.

Pese a ello dada la presencia del nivel freático se recomienda el empleo de cemento puzolánico o mejor aún tipo ARS.



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural
Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: artt@ciudad.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

D.6. Resistividad eléctrica:

En planillas adjuntas se presentan las mediciones realizadas de la resistividad eléctrica utilizando el método de WENNER. Los valores de estos ensayos se indican en la tabla siguiente:

Sep. (m)	ER1		ER2		ER3		ER4		ER5		ER6	
	R Ω	Res Ωm	R Ω	Res Ωm	R Ω	Res. Ωm	R Ω	Res. Ωm	R Ω	Res. Ωm	R Ω	Res. Ωm
1,0	20	126	60	377	10	63	40	251	10	63	13	82
3,0	10	188	30	565	3	57	20	377	4	75	5	95
5,0	5	155	13	404	1	31	10	311	0,0	0	1	31
7,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00
12,	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00

Los diferentes valores pueden deberse a variaciones locales de la humedad, pero en general se ubican dentro del rango de las tierras de laboreo, arcillas y arenas húmedas.

Ing. Emilio R. Redolfi

Ing. Roberto Terzariol



INGENIEROS CONSULTORES

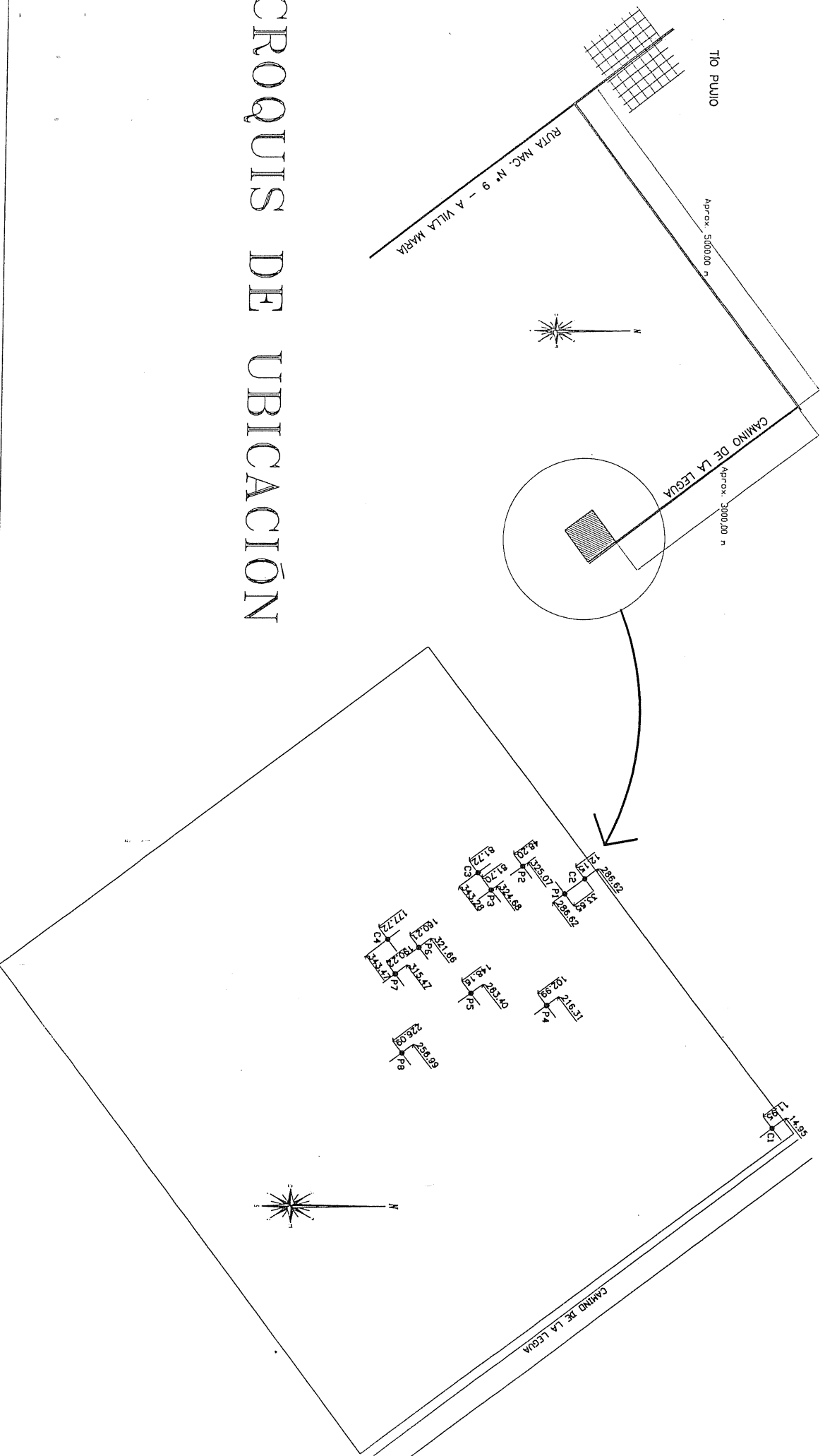
OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJIO - PCIA. DE CORDOBA

FECHA: ABRIL 2007

OBS: _____

CROQUIS DE UBICACIÓN





INGENIEROS CONSULTORES

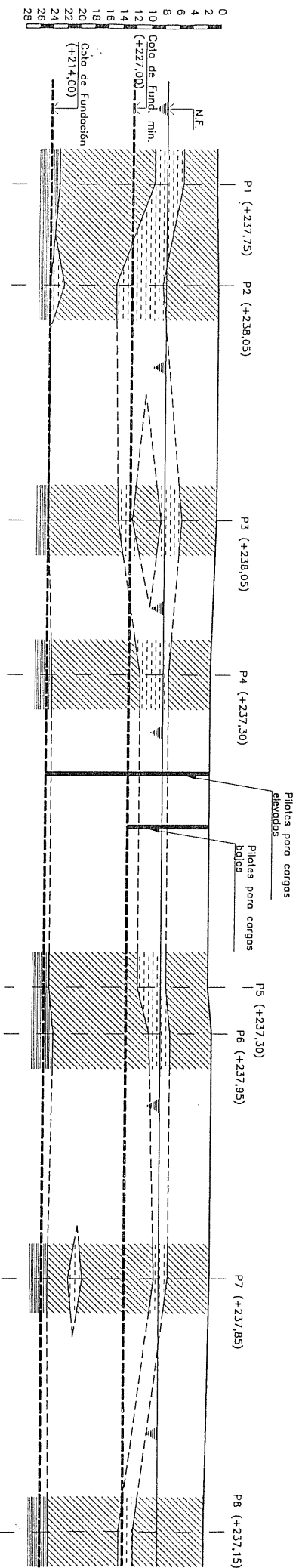
OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

FECHA: ABRIL 2007

OBS: -

PERFIL LONGITUDINAL



REFERENCIAS



Limos Arenosos sueltos

Limos con lentes de concreciones

Limos cementados



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural

Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: artt@ciudad.com.ar

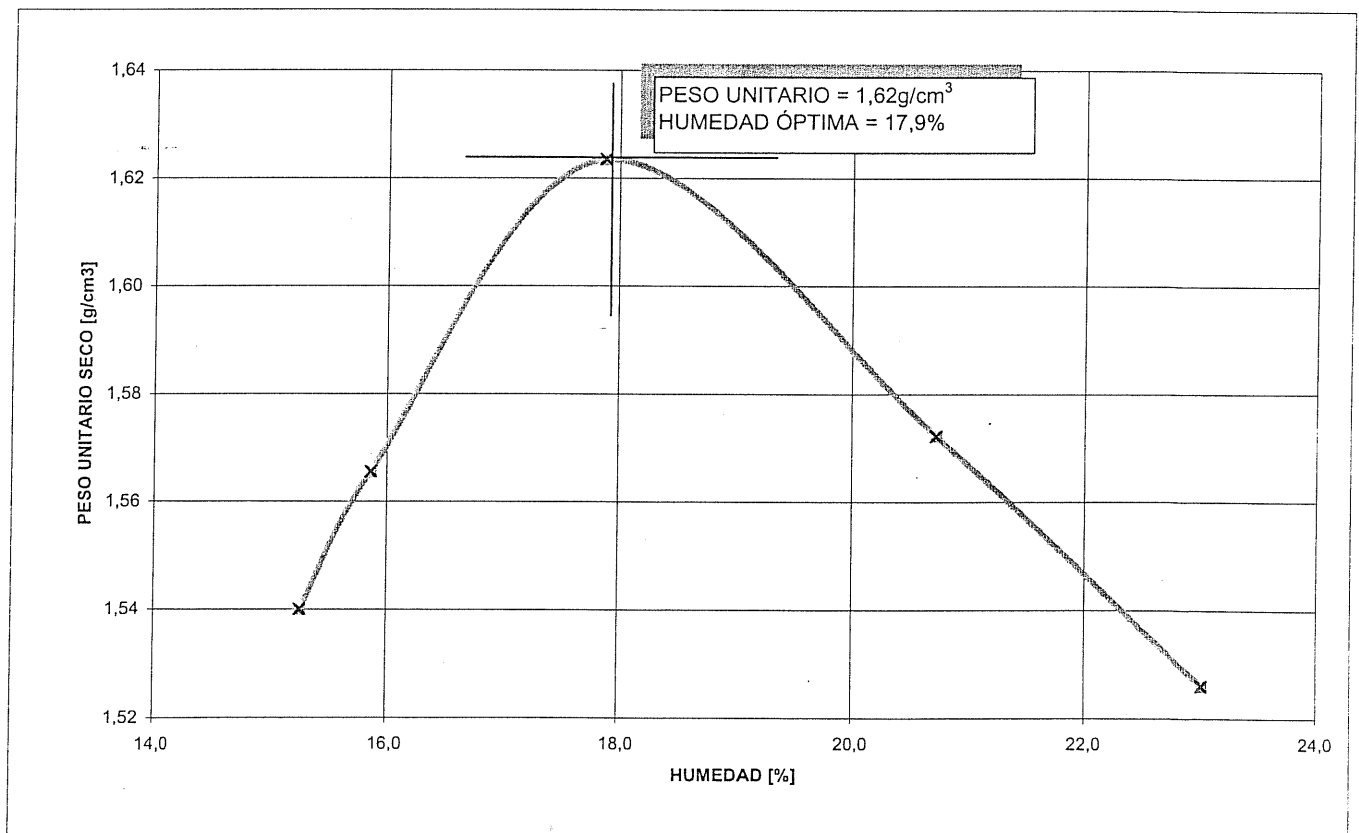
PABLO ÁBBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

COMPACTACIÓN PROCTOR

OBRA:	
UBICACIÓN: Tio Pujio - Provincia de Córdoba	Fecha: 02/05/07

Peso Pisón:	2,52 kg	PROCTOR T99 - Fino
Altura caída:	30,5 cm	Volumen 951 cm ³
Nºgolpes:	25	Peso Molde 1640 g
Nºcapas:	3	

Punto	P. Suelo + P. Molde [g]	P. Suelo Húmedo [g]	P. Unitario Húmedo [g/cm ³]	Pesafiltro	Pesafiltro + S. Húmedo [g]	Pesafiltro + S. Seco [g]	Agua [g]	Peso Pesafiltro [g]	Peso Suelo Seco [g]	Humedad [%]	P. Unitario Seco [Kg/dm ³]
1	3328	1688	1,77	1	199,8	174,3	25,5	7,2	167,1	15,3	1,54
2	3365	1725	1,81	2	199,5	173,2	26,3	7,4	165,8	15,9	1,57
3	3460	1820	1,91	3	199,7	170,5	29,2	7,2	163,3	17,9	1,62
4	3445	1805	1,90	4	199,8	166,7	33,1	7,0	159,7	20,7	1,57
5	3425	1785	1,88	5	199,5	163,5	36,0	7,0	156,5	23,0	1,53





INGENIEROS CONSULTORES

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P1

FECHA: ABRIL 2007

COTA: +237,75

OBS:

[illegible]

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO:.....P1

COTA: +237,75

FECHA: ABRIL 2007

OBS:

COTA m	PROF. m	ESTRATIGRAFIA	DESCRIPCION	C.U.	No	S.P.T				LIMITES DE ATTERBERG				GRAFICO DE HUMEDAD Y LIMITES DE ATTERBERG				GRANULOMETRIA				γ T/m ³	P_c T/m ²	φ °	C T/m ²				
						GRAFICO				Δ LL	$+$ LP	IP	$\bullet$ H	Δ PT10	$\square$ PT40	$+$ PT100	$\bullet$ PT200	GRANULOMETRIA											
			LIMO ARENOSO SUELTO COLOR PARDO AMARILLENTO	ML	9					-	NP	-	29.9					100	100	98	89								
				ML	10					-	NP	-	30.2					100	100	100	96								
				ML	12					-	NP	-	32.0					100	100	100	94								
				ML	12					-	NP	-	30.1					100	100	96	87								
			LIMO CEMENTADO	ML	>50					-	NP	-	29.2					100	100	94	90								
				ML	>50					-	NP	-	29.1					100	100	100	96								
			Fin de la perforación																										
												</																	

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P2

FECHA: ABRIL 2007

COTA: +238,05

OBS: _____

[illegible]

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P2

COTA: +238,05

FECHA: ABRIL 2007

OBS:

[illegible]

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO:.....P3

COTA: +238,05

FECHA: ABRIL 2007

OBS:

[illegible]

COTA m	PROF. m	ESTRATIGRAFIA	DESCRIPCION	C.U.	No	S.P.T				LIMITES DE ATTERBERG				GRAFICO DE HUMEDAD Y LIMITES DE ATTERBERG				GRANULOMETRIA				GRANULOMETRIA				γ T/m ³	P _c T/m ²	φ º	C T/m ²
						GRAFICO				LL	+	IP	H	%				▲	□	+	●	20	40	60	80				
			LIMO ARENOSO SUELTO COLOR PARDO AMARILLENTO		12	10	20	30	40	-	NP	-	12.5	10	20	30	40	100	100	100	97								
			LIMO ARENOSO CON LENTES DE CONCRECIONES CALCAREAS		6	10	20	30	40	-	NP	-	10.8	10	20	30	40	100	100	98	90								
			LIMO ARENOSO CON LENTES DE CONCRECIONES CALCAREAS		5	10	20	30	40	-	NP	-	35.1	10	20	30	40	100	100	100	96								
			LIMO ARENOSO SUELTO COLOR PARDO AMARILLENTO		8	10	20	30	40	-	NP	-	30.6	10	20	30	40	100	100	97	89								
			LIMO ARENOSO SUELTO COLOR PARDO AMARILLENTO		9	10	20	30	40	-	NP	-	30.5	10	20	30	40	100	100	100	98								
			LIMO ARENOSO SUELTO COLOR PARDO AMARILLENTO		10	10	20	30	40	-	NP	-	32.4	10	20	30	40	100	100	100	98								
			LIMO ARENOSO SUELTO COLOR PARDO AMARILLENTO		9	10	20	30	40	-	NP	-	35.0	10	20	30	40	100	100	100	97								



UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

COTA: +237,30

OBS:

[illegible]

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P5

COTA: +237,30

FECHA: ABRIL 2007

OBS: _____

[illegible]



UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

COTA: +237,30

OBS:

[illegible]

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P6

FECHA: ABRIL 2007

COTA: +237,95

OBS: _____

[illegible]



INGENIEROS CONSULTORES

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P6

FECHA: ABRIL 2007

COTA: +237,95

OBS:

[illegible]



INGENIEROS CONSULTORES

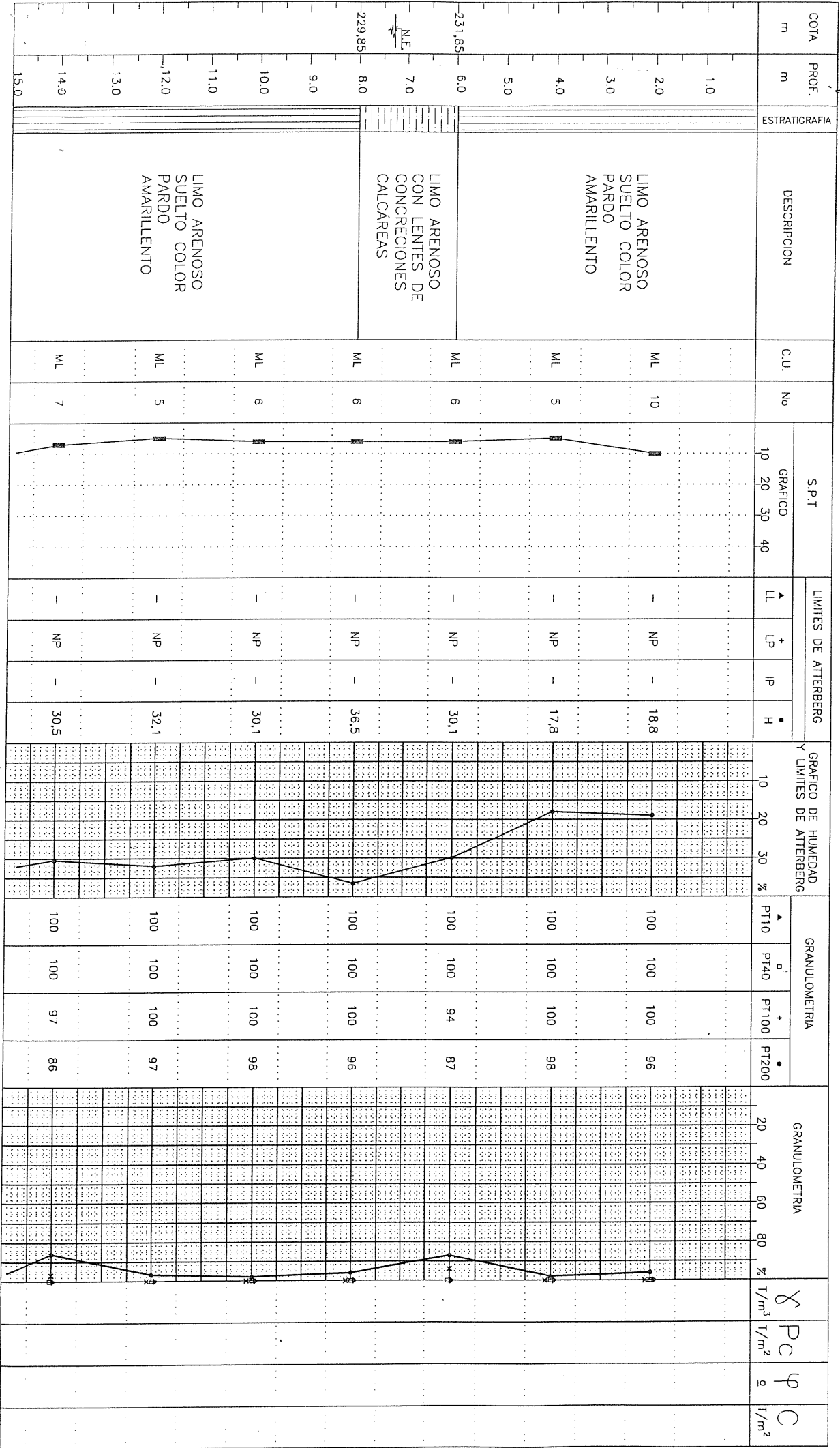
OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P7

FECHA: ABRIL 2007

COTA: +237.85
OBS: _____



OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P7

FECHA: ABRIL 2007

COTA: +237,85

OBS:

[illegible]

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN

UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P8

FECHA: ABRIL 2007

COTA: +237,15

OBS:

[illegible]

OBRA: PLANTA DE BOMBEO TGN
UBICACION: TIO PUJO - PCIA. DE CORDOBA

SONDEO: P8
FECHA: ABRIL 2007

COTA: +237,15
OBS:

[illegible]



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural

Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@arnet.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

Córdoba, 20 de Junio de 2007.

CLIENTE: ARCAN S.A.

OBRA: Estación de Bombeo de Gas (TGN)

UBICACIÓN: Tío Pujio, Provincia de Córdoba

MEMORANDUM

A: Arq. Buzinel

Me dirijo a Ud. para responder a las aclaraciones solicitadas la nota titulada "Informe de consistencia" elaborado por el Revisor, Ing. Barrionuevo, de la firma ODEBRECHT. Al respecto se analizará cada uno de los puntos por separado, a saber:

2.- "Relativo a la campaña de campo"

- a) Sistema de medición planialtimétrico.....: El punto de referencia altimétrico está ubicado en el mojón del IGM ubicado fuera de la zona de estudio y planimétricamente todas los puntos están en coordenadas Gauss-Kruger. Respecto del punto 0,0 para la ubicación de los sondeos, el mismo se encuentra en la esquina Norte del predio.
- b) Detalle de procedimiento de perforación.....: En el Informe Final, punto B.1. Trabajos de Campaña - Sondeos mecánicos, se especifica la técnica de perforación empleada y el ensayo de penetración utilizado (SPT), el que se encuentra normalizado según Norma IRAM N° 10517-70.
- c) Sistema para la toma de muestra de agua.....: Para la toma de muestra de agua y la ubicación de NF se emplean un tubo de acero galvanizado con orificios superiores y un voltímetro con batería y sensores de profundidad tal como se aprecia en la fotografía siguiente:



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural

Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@arnet.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil



4.- “Relativo al desarrollo del trabajo de gabinete”

- a) Método utilizado para obtener.....: En el informe se especifica que los suelos encontrados son limo-arenosos del tipo “loésico” colapsables bajo los que subyacen limos fuertemente cementados (toscas). Los primeros pierden su capacidad de resistencia al corte o bien su estructura colapsa ante aumentos en su contenido e humedad es decir son meta-estables. Por ello la definición de parámetros de resistencia al corte (c y ϕ) no reviste la utilidad que se le asigna en los suelos estables de la mecánica de suelos clásica. Por su parte los limos cementados inferiores presentan características más similares a las rocas blandas que a los suelos, por lo que resulta de mayor utilidad su resistencia a la compresión antes que sus parámetros internos. En general en ambos casos suele resultar más conveniente el empleo de capacidades resistentes derivadas de ensayos “in situ” como ser el SPT, dado que en este caso los materiales ya se encuentran saturados, además de la experiencia que puedan aportar los expertos geotécnicos al desarrollar el informe. Se adjunta una publicación referida a este tipo de suelos denominada “Características Geotécnicas de los Loess de Argentina” editada en el año 2007 en la Revista Internacional de Desastres Naturales e Infraestructura Civil, de la Universidad de Puerto Rico, Vol. 6(2).

5.- “Relativo al informe PD”

- a) En relación a los parámetros SPT.....: En todos los casos al hacer al hablar de número de golpes del ensayo SPT se refiere a una penetración de 30



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural

Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@arnet.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

cm., tal como fija la normativa. En el párrafo 5 del punto C. del Informe Técnico, se indica que se registraron más de 50 golpes para intentar penetrar 30 cm (rechazo) y como dato aclaratorio se indica que para penetrar los primeros 10 cm. fue necesario aplicar más de 30 golpes. Este dato es de utilidad para estimar la capacidad de carga en rocas blandas o suelos fuertemente cementados como se indica en artículo adjunto que se titula "The penetration index for the control of piles in hard soils", editado en las memorias del XII Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, de Boston, EEUU en el año 2003.

- b) En el artículo D.1, Alternativa 1.....: La tensión de $5,0 \text{ t/m}^2$ es la denominada tensión "neta" en los términos de la fórmula 33.17, del art. 50.3, pag. 405 "in fine", del libro Soil Mechanics in Engineering Practice de Terzaghi, Peck y Mesri, J. Wilwy & Sons, 3ª edición, 1996.
- c) En el artículo D.1, Alternativa 2.....: La tensión de 10 t/m^2 es la que compensa el peso propio para pilotes de aproximadamente 4,0 m de largo y a eso se refiere el párrafo anterior a esa tabla. De todos modos la forma más conveniente de operar es la de despreciar el peso propio y no asignar capacidad de carga alguna a la punta del pilote.
- d) En todos los casosconsignar valores últimos.....: Las tensiones de trabajo asignadas no surgen de aplicar las formulaciones clásicas de la mecánica de suelos sino de ecuaciones derivadas de los ensayos de penetración y de experiencias locales mediante ensayos de carga de pilotes en suelos similares. En general puede aceptarse que las tensiones últimas de fricción son 1,5 veces las tensiones admisibles y las tensiones últimas de punta son 3 veces las admisibles indicadas en la 2ª Tabla del apartado D.1. Alternativa 2. Para la combinación de cargas gravitatorias y de viento no conviene mayorar las tensiones admisibles ni realizar comparaciones con las tensiones últimas, sino que resulta adecuado comparar la carga resultante de dicha combinación con la carga admisible total de un pilote incrementada en un 30%.
- e) Incorporar formulaciones.....: La aplicación de fórmulas teóricas tradicionales de capacidad de carga tales como la Terzaghi, Meyerhoff, Brinch Hassen, Caquot-Kerissel, etc., resulta de dudosa utilidad ya que las mismas no indican nada respecto de la magnitud de las deformaciones necesarias para alcanzarlas y en el caso de pilotes al sumar capacidades de punta y fricción se corre el riesgo de sumar resistencias sin compatibilizar las deformaciones respectivas para alcanzarlas. Por ello resulta de mayor utilidad el empleo de fórmulas empíricas basadas en



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural

Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@arnet.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

resultados de ensayos de carga parametrizados en función de los ensayos de penetración (SPT, CPT, DPSH, etc.). Para el caso de suelos la formulación empleada en el Informe Técnico es la propuesta por el Dr. Luciano Decourt publicada en el Volumen 1 de los "Proceedings of the Second European Symposium of Penetration Tests (2ª ESOPT)" realizado en Amsterdam en el año 1982, en su artículo titulado "Bearing Capacity of Piles Based on SPT Values", la que puede sintetizarse como sigue:

Capacidad friccional

$$\sigma_{\text{última}}^{\text{fricción}} \left[t / m^2 \right] \cong \left[\left(\frac{N_{\text{SPT}}}{3} \right) + 1 \right] \Rightarrow \sigma_{\text{adm}}^{\text{fricción}} \left[t / m^2 \right] \cong \left[\left(\frac{N_{\text{SPT}}}{3} \right) + 1 \right] / 1,3$$

Capacidad de punta

$$\sigma_{\text{última}}^{\text{punta}} \left[t / m^2 \right] \cong \frac{\psi \cdot N_{\text{SPT}}}{\beta} \Rightarrow \sigma_{\text{adm}}^{\text{punta}} \left[t / m^2 \right] \cong \frac{\psi \cdot N_{\text{SPT}}}{\beta \cdot \eta}$$

Donde :

ψ = coef. que depende del tipo de suelo

β = coef. que depende del tipo de pilote

η = coeficiente de seguridad

Algunos valores de estos coeficientes se indican a continuación.

Suelo	Arenas Gruesas	Arenas finas	Limos arenosos	Arcillas
ψ	40	30	20	12

Tipo de pilote	β	η
Excavado	3	4
Hincado	1	2

Para el caso de suelos cementados se emplean la ecuaciones basadas en el denominado número de Bosio (N_B), publicado en el artículo ya citado y adjunto a este memorandum. La ecuaciones son las siguientes:

$$N_B \cong \frac{100}{4,5 \cdot (L_{50} - L_{30})}$$

Siendo L_{30} y L_{50} la longitudes penetradas para 30 y 50 golpes del SPT respectivamente.

La resistencia a la compresión simple (q_u) y la resistencia última friccional (q_{su}) sobre estos materiales responden aproximadamente a las siguientes ecuaciones:

$$q_u \cong 20 \cdot N_B \quad \text{y} \quad q_{su} \cong 17 \cdot (N_B)^{0,33}$$

Para determinar la carga última de punta, pueden emplearse las fórmulas clásicas de mecánica de rocas, teniendo en cuenta el efecto de la profundidad al determinar los factores de capacidad de carga para pilotes. Una fórmula simple es la siguiente:

$$q_{pu} = q_u \cdot (K_p + 1)$$

Siendo $K_p = \text{tg}^2 (45 + \phi/2)$ y q_u = resist. a la comp. Simple.....Por lo tanto:

$$q_{padm} = (q_u \cdot (K_p + 1) / FS) \cong q_u \cong 20 \cdot N_B \quad \text{y} \quad q_{sadm} \cong (17 \cdot (N_B)^{0,33} / FS) \cong 12 \cdot (N_B)^{0,33}$$



INGENIEROS CONSULTORES

Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural

Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@arnet.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

- f) En el artículo D5, se expresa.....: Las muestras de suelo sometidas al ensayo de Sales Solubles Totales (Norma E-18 de la DNV) no flocculan, por lo que no presentan contenidos de sales solubles totales superiores al 0,1%. Este contenido de sales es inferior al mínimo prescripto por la norma CIRSOC 201 art. 6.5.4. Pese a ello en nuestro informe se recomienda el empleo de cementos especiales para evitar los riesgos de agresividad sobre el hormigón fresco colado en los pilotes excavados. De acuerdo a lo conversado con el Revisor en cuanto a las dificultades técnico-económicas resultantes del empleo de dichos cementos y atendiendo a que el riesgo de agresividad es bajo se conviene en desechar la recomendación indicada en el punto D5 del Informe Técnico y aconsejar el uso de Cementos tipo Pórtland Comunes.

Sin otro particular y poniéndonos a su entera disposición para evacuar cualquier duda emergente del presente informe le saludamos atentamente.

Ing. Roberto Terzariol



INGENIEROS CONSULTORES

Geotécnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural

Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@arnet.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

Córdoba, 15 de Agosto de 2007.

CLIENTE: ARCAN S.A.

OBRA: Estación de Bombeo de Gas (TGN)

UBICACIÓN: Tío Pujio, Provincia de Córdoba

MEMORANDUM

A: Arq. Buzinel

Me dirijo a Ud. para responder a las aclaraciones solicitadas mediante mail del día de la fecha de acuerdo a lo conversado telefónicamente con los responsables de la firma ODEBRECHT. Al respecto se analizará cada uno de los puntos por separado, a saber:

1.- "Para soportes de Sleepers donde apoyan cañerías de diámetro 30" que se consideran de riesgo operativo y de seguridad, ¿qué tipo de fundación recomienda?"

Tal como se indica en el punto D.1. del Informe Técnico de fecha 7 de Mayo del corriente año, este tipo de estructuras por su dimensión, e importancia para el funcionamiento y seguridad de la planta es recomendable que sean fundadas mediante pilotes. Los parámetros de diseño son los recomendados en el Informe. Las fundaciones superficiales son desaconsejables ya que, por la dimensión resultante para dichos elementos, los mismos tendrían un peso propio que ante cualquier humedecimiento provocarían asentamientos que podrían poner en riesgo el funcionamiento de la planta o eventualmente afectar los requerimientos de seguridad de la misma.

2.- "¿Qué asentamiento es esperable en fundaciones directas?"

Los asentamientos en el caso de suelos colapsables, son función del grado de humedecimiento del suelo y de la magnitud de dicho cambio de humedad. Es decir son función de la profundidad del suelo afectado y del grado de colapsabilidad que posea ese suelo. Por ello la cuantificación de asentamientos es difícil de estimar en abstracto sin una determinación del suelo afectado y las cargas aplicadas. Pese a ello y a los fines de evacuar las dudas planteadas se intentará estimar los mismos con las salvedades necesarias.



INGENIEROS CONSULTORES

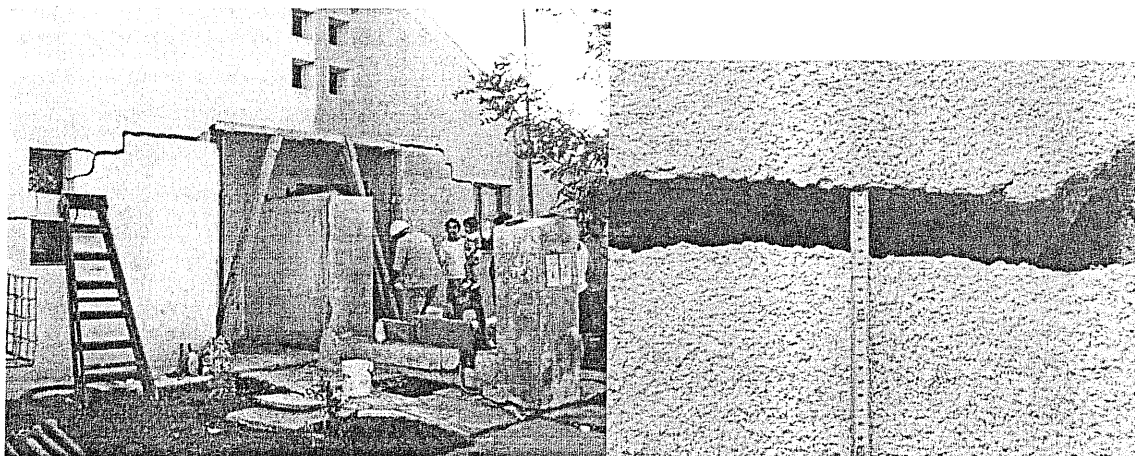
Geotecnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural

Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrrt@arnet.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

El colapso del suelo se define como un cambio brusco (poco tiempo) de la relación de vacíos (asentamiento) por el “colapso” de la estructura interna del suelo. Este colapso en este caso se debe al posible humedecimiento del suelo que rompe los vínculos internos entre las partículas.

Existen dos tipos de suelos colapsables, los denominados “autocolapsables” y los “potencialmente colapsables”. En el caso de los primeros el colapso se produce por humedecimiento sin necesidad de una carga externa, es decir se asientan por su propio peso. Los segundos por el contrario precisan además del humedecimiento de una carga externa tal como la acción de alguna fundación. En ambos casos el resultado es un asentamiento del suelo sobre el que apoyan las fundaciones superficiales aún cuando las tensiones que ellas transmitan sea muy baja. En la fotografía que se adjunta se aprecian asentamientos de varios centímetros para una vivienda apoyada sobre una platea en una localidad ubicada en la misma zona geológica que la obra en estudio.



Como se aprecia en la fotografía se producen asentamientos del orden de varios centímetros aún para cargas bajas como las de un muro de una vivienda de una planta sobre platea.

Para el caso en cuestión de acuerdo a la experiencia local pueden producirse asentamientos superiores a 5 cm., que incluso pueden llegar a 10 cm., para humedecimientos localizados del suelo bajo una base importante como la que puede ser un bloque de anclaje superficial para cañerías de 30” de diámetro.

Se adjunta una publicación referida a este tipo de suelos denominada “Características Geotécnicas de los Loess de Argentina” editada en el año 2007 en la Revista Internacional de Desastres Naturales e Infraestructura Civil, de la Universidad de Puerto Rico, Vol. 6(2), de la que soy co-autor.



INGENIEROS CONSULTORES

Geotécnia, Fundaciones, Mecánica de Rocas, Cálculo y Asesoramiento Estructural

Pablo Mirizzi 471 – B°Parque Vélez Sársfield – (5016) Córdoba – Tel. y Fax (351) 468-5073 – Email: arrt@arnet.com.ar

PABLO ABBONA, Ing. Civil
EMILIO REDOLFI, Dr. Ingeniero
RICARDO ROCCA, Ing. Geólogo
ROBERTO TERZARIOL, Ing. Civil
RICARDO MACCARIO, Ing. Civil

3.- “¿Cómo se puede impedir el ingreso de agua en las zonas de las fundaciones?”

La imposibilidad del ingreso de agua al suelo es prácticamente imposible de lograr en forma absoluta, si se puede hablar de minimizar los riesgos de humedecimiento.

En el caso particular que se analiza la principal fuente de ingreso de agua en el terreno es pluvial superficial, ya que en proximidades de las fundaciones no se encuentran cañerías de agua enterradas como pueden ser alimentaciones de agua potable, redes de desagüe cloacal o pluvial, ni cañerías de circuitos contra incendio.

Bajo esa premisa la forma de minimizar los riesgos de ingreso de agua en el suelo pasan por generar en el terreno pendientes adecuadas de modo de evitar que se acumule agua en proximidades de las fundaciones y que dicha agua sea conducida en forma rápida hacia canales revestidos que evacuen el agua pluvial en forma segura fuera del predio.

Por la superficie del terreno afectada no resulta viable pensar en crear barreras impermeables ya sea mediante membranas o el empleo de mezclas de suelo y arcilla.

4.- “¿Dónde se puede conseguir el material de aporte para realizar el movimiento de suelos?”

En proximidades del lote en estudio existen yacimientos de materiales aptos para servir de relleno, ya que cumplen con las condiciones indicadas en el punto D.4. del Informe Técnico. De hecho para la construcción de los terraplenes de la autopista Córdoba-Villa María, ubicada algunas centenas de metros al SUR del lote en estudio se han construido con ese material tomado de prestamos ubicados en el sector.

5.- “¿cuál es la fórmula para obtener el coeficiente de balasto para una determinada base directa (de dimensiones determinadas)?”

La fórmula por Ud. indicada en su mail es la que tiene más aplicación y fue propuesta por Terzaghi en su célebre Conferencia titulada “Evaluation of coefficients of subgrade reaction” dictada en Londres en el año 1955, y publicada por la Revista Geotechnique del mismo año en el volumen V, pgs. 297 a 326.

Sin otro particular y poniéndonos a su entera disposición para evacuar cualquier duda emergente del presente informe le saludamos atentamente.

Ing. Roberto Terzariol