



PROYECTO DE RECUPERACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL FERROCARRIL GENERAL BELGRANO

ESTUDIO GEOTÉCNICO

INFORME TÉCNICO N° 2

TRAMO C 18

(Embarcación – Joaquín V. González)

FUNDACIÓN DE PUENTES

Febrero de 2012

1. ALCANCE

El presente informe tiene por objeto presentar un avance técnico de la campaña de investigación en curso de ejecución en la traza del Ferrocarril General Belgrano.

Se presentan los resultados de las investigaciones ejecutadas en la localización de los Puentes a lo largo de la traza del tramo denominado C 18 (Embarcación – Joaquín V. González, Prov. Salta).

2. GENERALIDADES

En este Tramo (C 18) se han investigado las fundaciones de 6 puentes localizados a lo largo de la traza. En cada uno de ellos se realizaron perforaciones a percusión con herramienta “cola de pescado” mediante recirculación de agua y en algunos casos lodo bentonítico para la extracción del detrito de perforación.

Se realizaron un total de 156,3 m de perforaciones con una profundidad máxima de 20,45 m.



En los sondeos se realizaron ensayos normales de penetración (SPT) cada metro de avance, simultáneamente a la hinca las muestras se alojaron en tubos de PVC en el interior del sacatestigos donde fueron sellados convenientemente en ambos extremos y remitidos al laboratorio para la realización de los ensayos físicos y mecánicos.

A medida que se ejecutaron las perforaciones los suelos fueron descriptos a partir de la observación tacto visual (color, textura, presencia de óxidos, carbonatos, etc.), a fin de establecer la estratigrafía correspondiente al lugar de investigación.

En el laboratorio se realizaron ensayos de identificación – Límites Líquido y Plástico con la obtención del Índice de Plasticidad, Granulometría por el Tamiz 200, Contenido Natural de Humedad – sobre todas las muestras extraídas con los que se clasificaron los suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Casagrande (SUCS).

En aquellas muestras típicas de cada estrato atravesado se realizaron ensayos triaxiales escalonados en drenaje impedido en ambas etapas de carga – confinamiento y tensión desviante - con los que se obtuvieron los valores de los parámetros de resistencia al corte c_u y ϕ_u .

La determinación en todas las muestras del contenido de humedad natural (ω_n [%]) permite corroborar, muestras saturadas, el estado de compacidad de las mismas. El contenido de humedad es una medida indirecta de la relación de vacíos de la muestra y por lo tanto de su deformabilidad y resistencia. En este caso, con muestras en general no saturadas, permiten calcular un límite inferior de la relación de vacíos (e) y porosidad (n) en el campo. En el caso de muestras ubicadas debajo del nivel freático (consideradas saturadas) se puede obtener el peso específico de los sólidos (G_s ó γ_s).

Se debe resaltar que aquellos ensayos granulométricos sobre muestras con algún contenido de gravas tienen validez relativa ya que las muestras, obtenidas con sacamuestras partido de diámetro reducido, no son representativas de la totalidad de los materiales. No obstante se entiende que la granulometría obtenida permite tener una primera aproximación sobre el tipo de material presente.

La ejecución de algunos sondeos se debió interrumpir por la presencia de gravas y rodados imposibles de muestrear con el sacamuestras normal de suelos y de perforar por recirculación de lodos.

Para cada puente se presenta la siguiente información:

- Un esquema de la ubicación de los mismos sobre la base de Google Earth.
- Gráficos por cada sondeo de investigación en los que se ha volcado la totalidad de la información obtenida en el campo y el laboratorio en forma de tabla y gráficos de los parámetros más significativos.

En aquellos casos en los que se hayan encontrado materiales gruesos se presenta además otra tabla y gráficos granulométricos los que, como se dijo anteriormente tienen una relativa representatividad para materiales con retenido sobre el tamiz de 3/8”.

- Perfiles esquemáticos con la clasificación según el SUCS y el número de golpes de Ensayo Normal de Penetración (SPT).
- Análisis Estadísticos de los parámetros más significativos para el diseño.

A continuación se presentan las referencias que se utilizan en los citados perfiles esquemáticos.

REFERENCIAS

CH	$c_u < 2$	$\phi < 25$	$80 < e$
CL	$2 < c_u < 4$	$25 < \phi < 30$	$70 < e < 80$
CL-ML	$4 < c_u < 6$	$30 < \phi < 35$	$60 < e < 70$
MH	$6 < c_u < 8$	$35 < \phi < 40$	$50 < e < 60$
ML	$8 < c_u < 10$	$40 < \phi$	$40 < e < 50$
SM	$10 < c_u < 12$		$30 < e < 40$
SC	$12 < c_u$		$e < 30$
SC-SM			
SP-SM/SC			
SP			
SW-SM/SC			
SW			

En el Anexo I “Análisis de Parámetros (c_u , ϕ , e , n) a partir de determinaciones de campo y laboratorio” se presentan tablas y gráficos de todos los sondeos ejecutados en los que a partir de las determinaciones de campo y laboratorio se analizan valores de resistencia a partir de correlaciones aceptadas en la bibliografía internacional y valores de la relación de vacíos de cálculo (asociada a la resistencia y deformabilidad de los depósitos).

En los mismos se muestran resultados de cálculos de parámetros resistentes obtenidos a partir de expresiones desarrolladas por investigadores reconocidos a nivel mundial. Estas fórmulas permiten advertir los parámetros esperables para los distintos materiales resultando un elemento de comparación y acotando la dispersión que puede resultar en los ensayos de laboratorios por cuestiones operativas. Se muestran los valores de la relación de sobreconsolidación (Over Consolidation Ratio) – mayor presión de consolidación actuante sobre la carga actual - calculado a partir de N sobre la base de la relación de Mayne y Kemper (1988).

$$OCR = 0.193 (N / \sigma'_v)^{0.689}$$

En la cual σ'_v es el esfuerzo vertical efectivo en MN/m^2 , igualmente llamado p o p' .

Se incluyen además las variaciones en profundidad de los valores esperables de cohesión no drenada como promedio de cinco valores calculados según distintas teorías y los valores mínimos que surgen de esos cálculos. Los cinco valores calculados que se ven en las planillas adjuntas para ambos sondeos responden a las siguientes expresiones:

- (1) $c_u (t/m^2) = 2.96 * N^{0.72}$ Hara (1971)
- (2) $c_u (t/m^2) = 0.449 * N$ (valor promedio) Stroud (1974)
- (3) Terzaghi

N	Consistencia	q_u (kN/m ²)
0 – 2	Muy Blanda	0 – 25
2 – 5	Blanda	25 – 50
5 – 10	Medio Firme	50 – 100
10 – 20	Firme	100 – 200
20 – 30	Muy Firme	200 – 400
> 30	Dura	> 400

(4) c_u preconsolidada (t/m²) = c_u normalmente consolidada (t/m²) * OCR^{0.8} Ladd (1977)
 Con c_u normalmente consolidada = (0.11 + 0.0037 IP) * p' Skempton (1957)
 siendo p' = presión efectiva de sobrecarga; IP = Índice de Plasticidad.

(5) c_u preconsolidada (t/m²) = (0.11 + 0.0037 IP) * p_c Chandler (1988)
 Con $p_c = OCR * p'$

Asimismo se muestran los valores del ángulo de fricción de cálculo para materiales friccionales aplicadas a casos de arenas con bajos contenidos de finos. En este caso se utilizan las siguientes expresiones:

Donde: $\phi = \tan^{-1}(N_F / (12.2 + 20.3(\sigma'_v / p_a)))^{0.34}$ Kulhawy y Mayne 1990
 $N_F = N^0$ golpes en campo
 $\sigma'_v =$ Presión vertical efectiva
 $p_a =$ Presión atmosférica

Donde: $\phi = (20 * N_{cor})^{0.5} + 20$ Hatanaka y Uchida (1996)
 $N_{cor} = N_F * 2 / (1 + \sigma'_v)$ Skempton (1986)

y $\phi = 27.1 + 0.3 N_{cor} - 0.00054 N_{cor}^2$ Peck, Hanson y Thornburn (1974)

Las fórmulas desarrolladas por distintos investigadores muestran una dispersión alta, aunque acorde con los distintos temas tratados en ingeniería geotécnica. A efectos de seleccionar parámetros resistentes para incorporar en los modelos de cálculo, se analiza el promedio de los valores de las distintas teorías y también los valores más bajos en cada caso. El análisis paramétrico así obtenido permite adquirir sensibilidad sobre su influencia en la obra.

Asimismo se presentan para cada sondeo tablas con los valores que surgen a partir de la investigación de campo y laboratorio de la relación de vacíos ($e = V_v / V_s$ – volumen de vacíos sobre volumen de sólidos), parámetro trascendente al momento de predecir los asentamientos esperables al aplicar la carga que significa el relleno y de la porosidad ($n = V_v / V_t$ – volumen de vacíos sobre volumen total). Estas expresiones son válidas para el caso de tener suelos saturados. En suelos con grado de saturación parcial, como en gran parte del tramo bajo análisis, deben tomarse como un límite inferior del parámetro en consideración.

En las tablas de cada sondeo se muestran los valores de la relación de vacíos e y de la porosidad n que surgen a partir del cálculo considerando que los suelos se encuentran saturados. En aquellos casos en los que no se ha determinado la densidad húmeda se muestran valores mínimos y máximos calculados a partir de dos límites probables del peso unitario de los sólidos G_s (γ_s) indicados en cada caso. En el caso de suelos saturados, bajo el nivel freático, donde se ha obtenido en laboratorio el peso unitario húmedo (γ_w), se determina el valor de peso unitario de los sólidos G_s (γ_s).



Para cada sondeo se presentan además gráficos en los que se representa la variación del número de golpes del ensayo normal de penetración (SPT) de campo (sin corregir por profundidad) N_F , la relación de sobre consolidación (OCR) y la resistencia cohesiva no drenada (c_u [t/m^2]) en función de la profundidad. Se han representado también, en la profundidad correspondiente, los parámetros de resistencia al corte en ensayos triaxiales no drenados c_u [t/m^2] y ϕ_u [$^\circ$].

En el caso de las fundaciones sobre pilotes, a los efectos de realizar verificaciones elásticas se proponen valores del módulo de reacción del suelo tanto en dirección horizontal como vertical.

Para el módulo de reacción horizontal se siguieron las recomendaciones de Vesic (1961) y Terzaghi y Broms.

Según Vesic:

$$k_h = 0,65 * \sqrt[12]{\frac{E_s * D^4}{E_p * I_p}} * \frac{E_s}{1 - \mu_s^2}$$

Según Terzaghi y Broms:

$$k_h = 0,75 * E_s / D$$

Donde:

- K = Módulo de Reacción del terreno
- E_s = Módulo de Elasticidad del Suelo
- E_p = Módulo de Elasticidad del Pilote
- μ_s = Relación de Poisson del Suelo
- D = Diámetro del Pilote
- I_p = Momento de Inercia del Pilote ($\pi D^4 / 64$)

Para el módulo de reacción vertical se ha utilizado la expresión de Vogt:

$$k_v = 1,57 * E_s / D$$

Para adoptar el valor del módulo de reacción horizontal se recomienda tomar el valor promedio.

A continuación se presenta una Tabla en la que se indican las ubicaciones de los sondeos realizados en cada puente y las profundidades investigadas en cada caso.



UBICACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN Puentes

PUENTE	SONDEO	FECHA EJECUCIÓN	PROFUNDIDAD [m]	COORDENADAS GEOGRÁFICAS					
				LATITUD SUR			LONGITUD		
				[°]	[']	[\"]	[°]	[']	[\"]
Embarcación	S 1	24/10/2011	6,45	23	12	58,7	64	5	53,7
	S 2	25/10/2011	6,45	23	12	58,9	64	5	54,2
Bermejo	S 1	25/10/2011	2,00	23	14	53,3	64	8	9,6
	S 2	25/10/2011	5,45	23	14	52,9	64	8	9,1
	S 3	25/10/2011	5,25	23	14	52,7	64	8	9,0
San Francisco	S 1	24/10/2011	4,05	23	21	39,6	64	10	53,1
Los Leones	S 1	26/10/2011	10,45	23	56	20,7	64	2	7,4
	S 2	26/10/2011	10,45	23	56	19,2	64	2	7,8
Cabeza de Vaca	S 1	21/10/2011	15,45	24	22	18,7	63	59	22,2
	S 2	21/10/2011	15,45	24	22	19,1	63	59	22,3
	S 3	21/10/2011	15,45	24	22	19,8	63	59	21,9
	S 4	21/10/2011	18,45	24	22	20,5	63	59	22,4
Río del Valle	S 1	27/10/2011	20,45	24	42	12,5	64	11	50,8
	S 2	27/10/2011	20,45	24	42	10,4	64	11	48,7

3. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

3.1. Puente Embarcación

3.1.1. Trabajos Ejecutados

En la ubicación de este puente se realizaron dos sondeos con una longitud de 6,45 m cada uno. En los siguientes esquemas se muestra la posición de los mismos.



A continuación se presentan los registros de las perforaciones.

Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 1				Tramo: C 18							
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas: S 23 ° 12 ' 58,7 "							
Fecha: 24/10/2011							W 64 ° 5 ' 53,7 "							
							Punto: Embarcación							
							Observaciones:							
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω_{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ_d	c_u	ϕ_u
								100	200	100	200			
								%	%	t/m ³	kg/cm ²			
1,0	Arcilla Limo Arenosa, Castaño Rojizo	CL	2	18,7	25,6	16,6	9,0			74,5	1,64	0,35	2,5	
2,0	Arena Limosa, Castaño Rojizo Claro	SM	18	11,4			NP			63,2	27,0	1,68	0,60	12,0
3,0	Arena Limosa, Castaño Rojizo Claro	SM	18	12,0			NP			65,0	25,8			
4,0	Arena, Castaño Rojizo Claro	SP-SM	24	15,6			NP			16,6	7,5	1,75	0,75	18,0
5,0	Arena, Castaño Rojizo Claro	SP-SM	27	14,8			NP			14,8	6,8			
6,0	Arena c/Gravas, Castaño Rojizo Claro	SP	35	8,3			NP			11,0	7,3			
7,0	Límite Perforación													
Nivel Freático: - m														



Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 2				Tramo: C 18							
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas: S 23 ° 12 ' 58,9 "							
Fecha: 25/10/2011								W 64 ° 5 ' 54,2 "						
								Puede : Embarcación						
								Observaciones:						
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω _{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ _d	C _u	φ _u
								0	100	200				
				%										
1,0	Arcilla Limo Arenosa, Castaño Rojizo	CL	4	18,8	27,0	15,0	12,0			72,8	1,66	0,40	3,0	
2,0	Arena Limosa, Castaño Rojizo Claro	SM	16	12,2			NP			66,2	31,2			
3,0		SM	20	11,5			NP			65,8	28,8	1,68	0,70	1,0
4,0		SP-SM	22	14,4			NP			17,5	8,2			
5,0		SP-SM	30	12,8			NP			15,5	7,2	1,80	0,80	20,0
6,0	Arena c/gravilla, Castaño Rojizo Claro	SP	36	6,6			NP			12,8	6,8			
7,0	Límite Perforación													
Nivel Freático: - m														

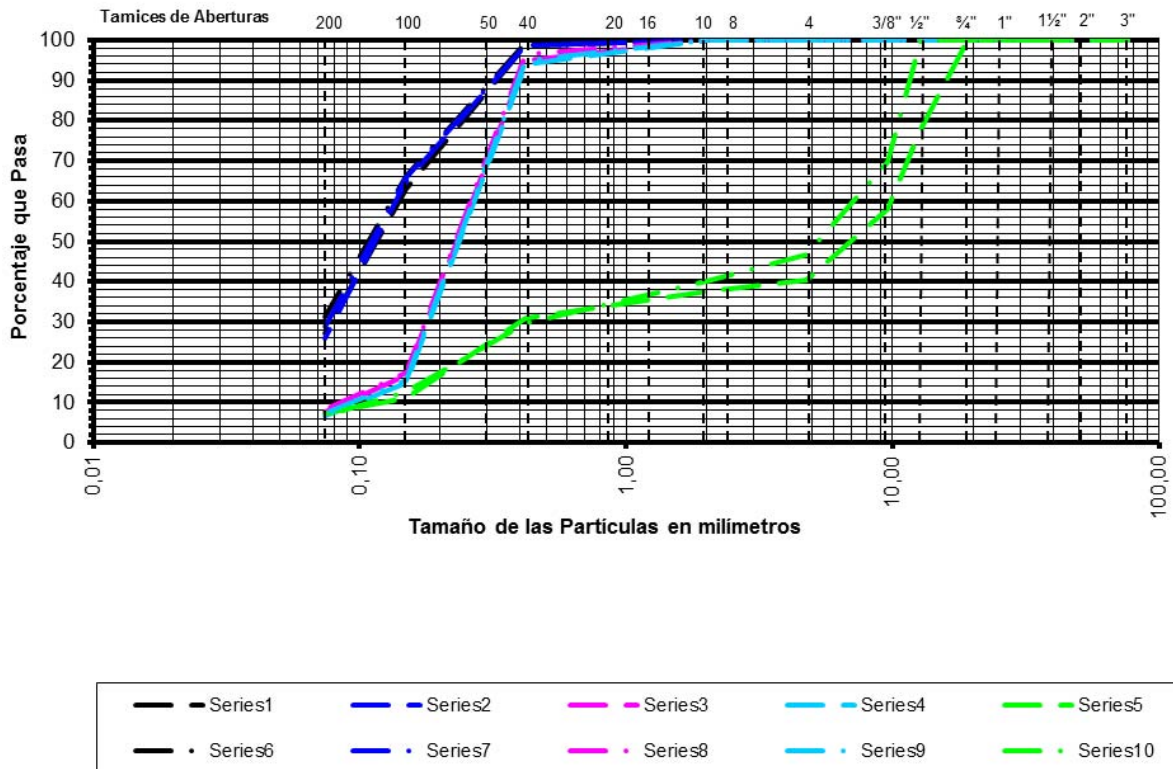
FFCC Gral Belgrano - GRANULOMETRÍAS - Puente Embarcación

DATOS

SONDEO		S 1					S 2				
profundidad [m]	de	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
	a	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5
Tamices		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
1"											
3/4"						100					
1/2"						78					100
3/8"						58					69,8
# 4						40,3					46,6
# 10		100	100	100	100	37,4	100	100	100	100	40
# 40		98,8	98,8	95	94	31	99,2	98,8	96,6	94,8	29,8
# 100		63,2	65	16,6	14,8	11	66,2	65,8	17,5	15,5	12,8
# 200		27	25,8	7,5	6,8	7,3	31,2	28,8	8,2	7,2	6,8

RESULTADOS

	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
D85 (mm)	0,28	0,28	0,37	0,37	14,45	0,27	0,27	0,36	0,37	11,01
D60 (mm)	0,14	0,14	0,26	0,27	9,80	0,13	0,13	0,26	0,27	7,11
D50 (mm)	0,12	0,11	0,23	0,24	6,96	0,11	0,11	0,23	0,23	5,27
D30 (mm)	0,08	0,08	0,18	0,18	0,40		0,08	0,18	0,18	0,43
D15 (mm)			0,13	0,15	0,18			0,12	0,14	0,17
D10 (mm)			0,09	0,10	0,12			0,08	0,09	0,11
Cu = D60 / D10			2,9	2,7	79,5			3,1	2,8	66,1
Cc = D30 ² / (D60 * D10)			1,3	1,3	0,1			1,4	1,3	0,2



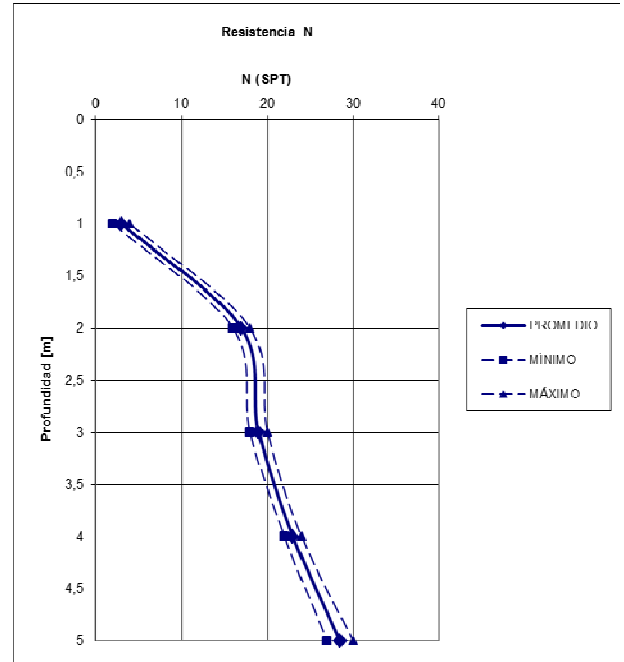
3.1.2. Análisis de la Información

A continuación se presentan, a título ilustrativo, perfiles esquemáticos de los sondeos ejecutados en esta localización en los que se ha volcado la clasificación según el Sistema Unificado (SUCS), el número de golpes N del Ensayo Normal de Penetración y los valores de cohesión no drenada en suelos finos y en suelos friccionales su ángulo de fricción interna, ambos promedio en la aplicación de distintas teorías y los valores obtenidos en el laboratorio.

**PUENTE EMBARCACIÓN - PERFIL ESQUEMÁTICO -
EVALUACIÓN DE "N"**

SONDEO		S 1		S 2	
Profundidad de [m]	a [m]	Estratigráfica	N	Estratigráfica	N
0	1	CL	2	CL	4
1	2	SM	18	SM	16
2	3	SM	18	SM	20
3	4	SP-SM	24	SP-SM	22
4	5	SP-SM	27	SP-SM	30
5	6	SP	35	SP	36

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "N"				
Profundidad		N		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	3,0	2	4
1	2	17,0	16	18
2	3	19,0	18	20
3	4	23,0	22	24
4	5	28,5	27	30
5	6	35,5	35	36

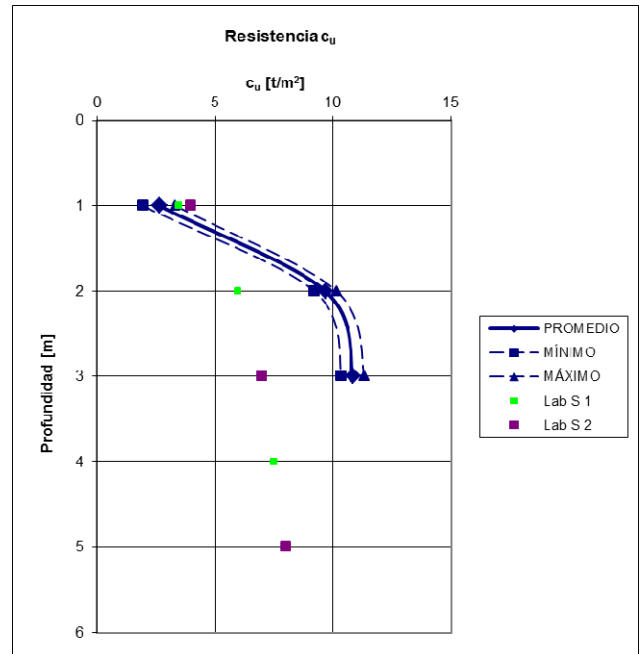


PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE " c_u " y " ϕ "

SONDEO		S 1		S 2			
Profundidad		Estratigrafía	c_u	ϕ	Estratigrafía	c_u	ϕ
de [m]	a [m]		[t/m ²]	[°]		[t/m ²]	[°]
0	1	CL	2,0		CL	3,3	
1	2	SM	10,1	39,8	SM	9,2	
2	3	SM	10,4	38,8	SM	11,3	
3	4	SP-SM		40,5	SP-SM		39,7
4	5	SP-SM		40,8	SP-SM		41,9
5	6	SP		42,6	SP		42,9

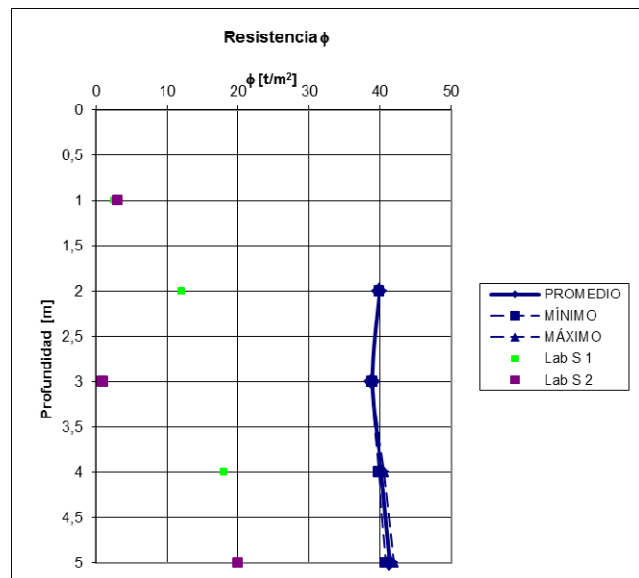
EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE " c_u "

Profundidad		c_u [t/m^2]		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	2,6	2,0	3,3
1	2	9,7	9,2	10,1
2	3	10,9	10,4	11,3
3	4			
4	5			
5	6			



EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE " ϕ "

Profundidad		ϕ		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1			
1	2	39,8	39,8	39,8
2	3	38,8	38,8	38,8
3	4	40,1	39,7	40,5
4	5	41,3	40,8	41,9
5	6	42,7	42,6	42,9

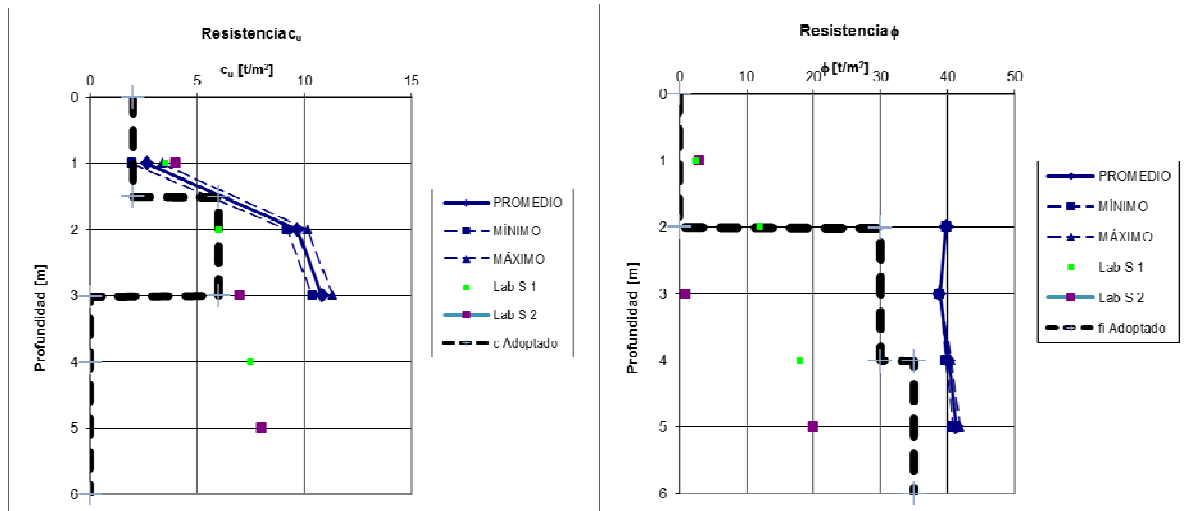


3.1.3. Conclusiones

Las profundidades investigadas permiten la estimación de la capacidad portante de fundaciones superficiales. A continuación se presentan gráficos con los valores de parámetros recomendables para la estimación de las tensiones admisibles sobre la base del análisis presentado en el punto anterior. En el caso de suelos finos cohesivos se indican valores de

cohesión no drenada c_u y en el caso de suelos friccionales el valor del ángulo de fricción interna ϕ .

cohesión no drenada c_u y en el caso de suelos friccionales el valor del ángulo de fricción interna ϕ .



Sobre la base de la información recabada se puede estimar que a 2 m de profundidad la tensión admisible de una fundación superficial puede ser adoptada en $\sigma_{adm} = 1,5$ [Kg/cm²]. Para una profundidad de 3 m este valor resulta $\sigma_{adm} = 3,8$ [Kg/cm²]. Estas estimaciones no tienen en cuenta ninguna consideración respecto a la eventual socavación del lecho del río en las proximidades de las estructuras de fundación.

3.2. Puente Bermejo

3.2.1. Trabajos Ejecutados

En esta localización se hicieron tres intentos de investigación sobre la margen izquierda del Río Bermejo.

Los sondeos se encontraron con la imposibilidad de prosecución por la presencia de rodados, en el denominado sondeo S 1 desde la superficie misma y en los sondeos S 2 y S 3 a partir de los cinco metros de profundidad.

En los siguientes esquemas se muestra la posición de los sondeos realizados en esta localización.





Los siguientes son los registros de los sondeos.

Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 1				Tramo: C 18							
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas: S 23 ° 14 ' 53,3 "		W 64 ° 8 ' 9,6 "					
Fecha: 25/10/2011							Puente: Río Bermejo		Observaciones: No se pudo avanzar por presencia de piedras grandes					
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT 0 10 20 30 40	ω_{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ_d t/m ³	c_u kg/cm ²	ϕ_i °
								100 %	200 %	100 %	200 %			
1,0	Presencia de Piedras Grandes													
2,0														
3,0	<i>Límite Perforación</i>													
4,0														
5,0														
6,0														
			Nivel Freático: - m											



Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 2				Tramo: C 18							
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas: S 23 ° 14 ' 52,9 "							
Fecha: 25/10/2011							W 64 ° 8 ' 9,1 "							
							Puede: Río Bermejo							
							Observaciones: Se abandona por imposibilidad de prosecución							
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω _{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ _d	c _u	φ _u
								0 10 20 30 40	0 20 40 60 80	100	200			
				%				%	%	t/m ³	kg/cm ²			
1,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo Claro	CL	20	13,2	34,0	18,8	15,2			97,7	1,61	0,60	18,0	
2,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo	CL	12	13,8	37,8	19,0	18,8			98,4				
3,0	Arena Limosa, Castaño Rosado Claro (Material Suelto)	SP-SM	13	0,8			NP			25,7	9,2			
4,0		SP-SM	21	13,2			NP			23,4	11,0			
5,0		SM	27	5,6			NP			25,7	13,3			
6,0	Límite Perforación													
Nivel Freático: - m														

Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 3				Tramo: C 18							
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas: S 23 ° 14 ' 52,7 "							
Fecha: 25/10/2011							W 64 ° 8 ' 9 "							
							Puede: Río Bermejo							
							Observaciones: Se suspendió por imposibilidad de continuar							
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω _{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ _d	c _u	φ _u
								0 10 20 30 40	0 20 40 60 80	100	200			
				%				%	%	t/m ³	kg/cm ²			
1,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo Claro	CL	21	15,5	42,0	19,6	22,4			98,0	1,61	0,60	20,0	
2,0	Arena Limosa, Castaño Rojizo Claro	SP-SM	10	1,8			NP			16,8	9,7			
3,0		SP-SM	18	3,0			NP			12,0	6,0	1,68	0,25	20,0
4,0		SM	21	5,0			NP			35,0	18,0			
5,0		SM	40	11,4			NP			26,8	16,4			
6,0	Límite Perforación													
Nivel Freático: - m														



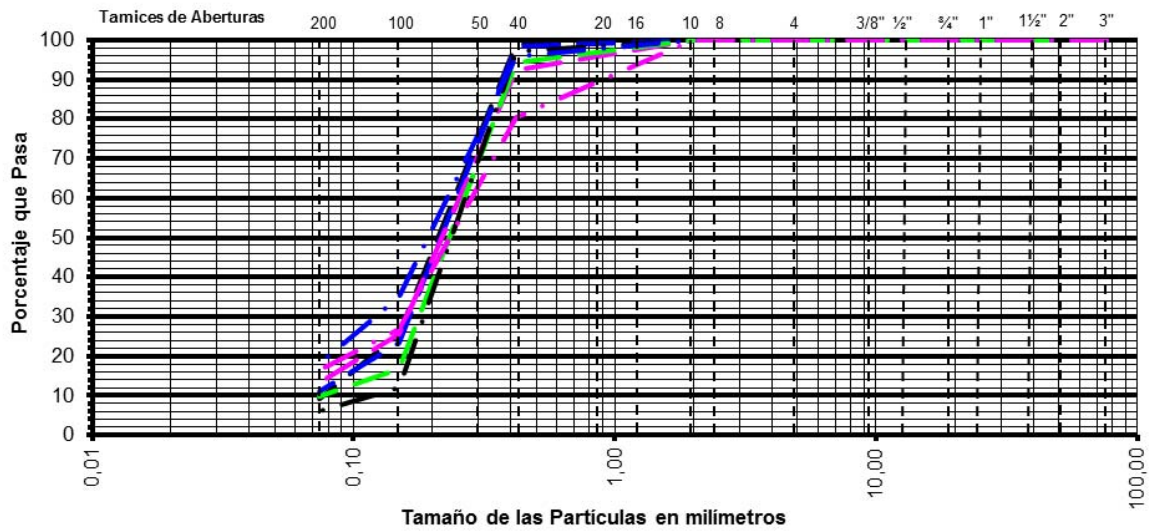
FFCC Gral Belgrano - GRANULOMETRÍAS - Puente Río Bermejo

DATOS

SONDEO		S 2				S 3					
profundidad [m]	de	3,0	4,0	5,0		2,0	3,0	4,0	5,0		
	a	3,5	4,5	5,5		2,5	3,5	4,5	5,5		
Tamices		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
1"											
¾"											
½"											
3/8"											
# 4											
# 10		100	100	100		100	100	100	100		
# 40		98,9	98,3	92,5		94,3	97,3	95,8	80,5		
# 100		25,7	23,4	25,7		16,8	12	35	26,8		
# 200		9,2	11	13,3		9,7	6	18	16,4		

RESULTADOS

	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
D85 (mm)	0,34	0,35	0,37		0,37	0,36	0,35	0,60		
D60 (mm)	0,24	0,25	0,25		0,27	0,27	0,23	0,28		
D50 (mm)	0,21	0,22	0,22		0,23	0,24	0,19	0,23		
D30 (mm)	0,16	0,16	0,16		0,18	0,19	0,12	0,16		
D15 (mm)	0,09	0,09	0,08		0,12	0,15				
D10 (mm)	0,08				0,08	0,12				
Cu = D60 / D10	3,2				3,5	2,3				
Cc = D30 ² / (D60 * D10)	1,4				1,6	1,1				



3.2.2. Análisis de la Información

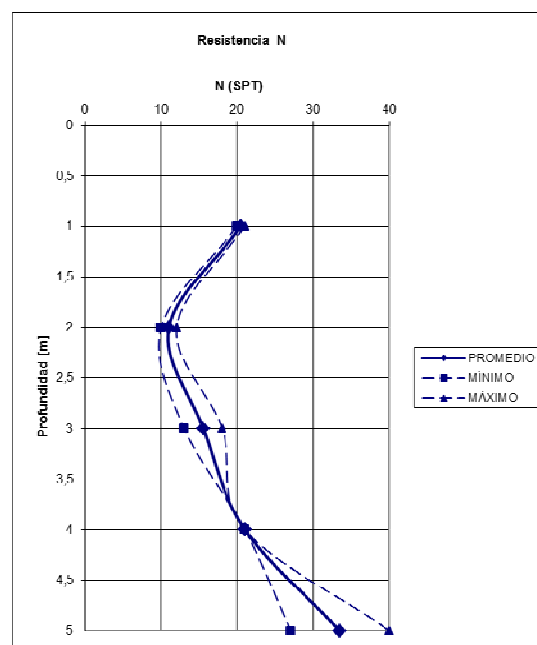
A continuación se presentan, a título ilustrativo, perfiles esquemáticos de los sondeos ejecutados en esta localización en los que se ha volcado la clasificación según el Sistema Unificado (SUCS), el número de golpes N del Ensayo Normal de Penetración y los valores de cohesión no drenada en suelos finos y ángulo de fricción interna promedio que surgen de la aplicación de distintas teorías y los valores obtenidos en el laboratorio.

PUENTE BERMEJO - PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE "N"

SONDEO		S 1		S 2		S 3	
Profundidad de [m]	a [m]	Estratigrafía	N	Estratigrafía	N	Estratigrafía	N
1	2			CL	12	SP-SM	10
2	3			SP-SM	13	SP-SM	18
3	4			SP-SM	21	SM	21
4	5			SM	27	SM	40

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "N"

Profundidad		N		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	20,5	20	21
1	2	11,0	10	12
2	3	15,5	13	18
3	4	21,0	21	21
4	5	33,5	27	40

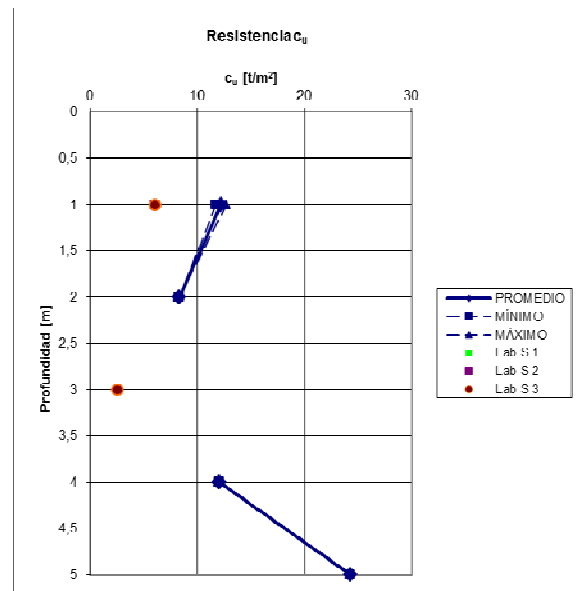


PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE "c_u" y "φ"

SONDEO		S 1			S 2			S 3		
Profundidad		Estrati- grafía	c _u [t/m ²]	φ [°]	Estrati- grafía	c _u [t/m ²]	φ [°]	Estrati- grafía	c _u [t/m ²]	φ [°]
de [m]	a [m]									
0	1				CL	11,7		CL	12,7	
1	2				CL	8,31		SP-SM		35,05
2	3				SP-SM		36,1	SP-SM		38,83
3	4				SP-SM		39,3	SM	12,03	39,3
4	5				SM		40,8	SM	24,3	45,0

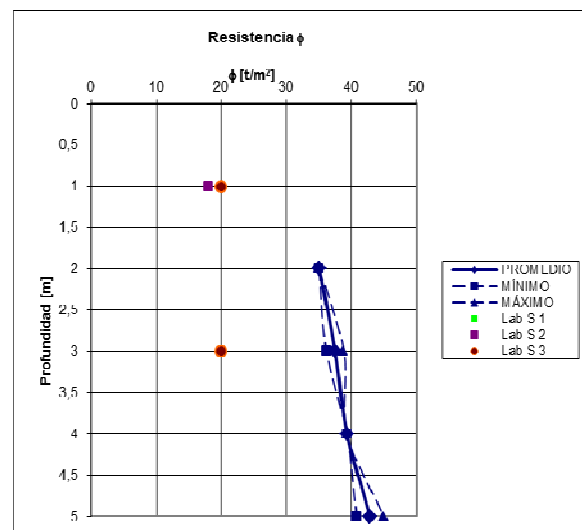
EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "c_u"

Profundidad		c _u [t/m ²]		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	12,2	11,7	12,7
1	2	8,3	8,3	8,3
2	3			
3	4	12,0	12,0	12,0
4	5	24,3	24,3	24,3



EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "φ"

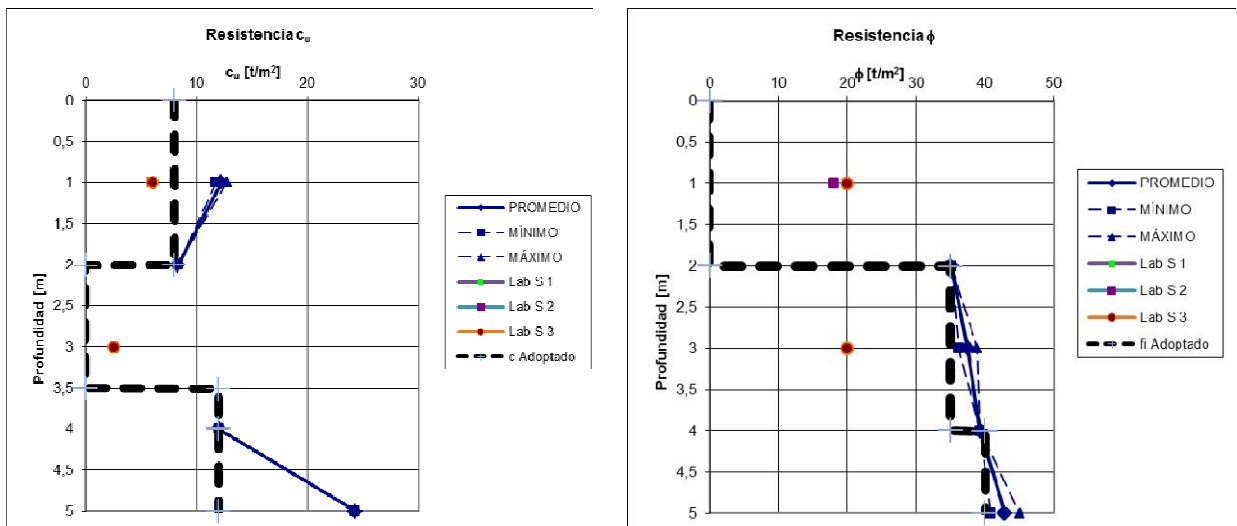
Profundidad		φ		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1			
1	2	35,1	35,1	35,1
2	3	37,5	36,1	38,8
3	4	39,3	39,3	39,3
4	5	42,9	40,8	45,0



3.2.3. Conclusiones

Ante la circunstancia de haberse alcanzado un nivel de materiales gruesos que no ha podido ser investigado con la tecnología movilizada, la información obtenida no permite estimar las características de los materiales en profundidad para el dimensionado de fundaciones sobre pilotes.

A continuación se presentan gráficos con los valores de parámetros recomendables para la estimación de las tensiones admisibles sobre la base del análisis presentado en el punto anterior. En el caso de suelos finos cohesivos se indican valores de cohesión no drenada c_u y en el caso de suelos friccionales el valor del ángulo de fricción interna ϕ .



Sobre la base de la información recabada se puede estimar que a 3 m de profundidad la tensión admisible de una fundación superficial puede ser adoptada en $\sigma_{adm} = 3,5$ [Kg/cm²]. Esta estimación no tiene en cuenta ninguna consideración respecto a la eventual socavación del lecho del río en las proximidades de las estructuras de fundación.

3.3. Puente San Francisco

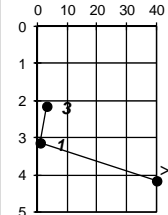
3.3.1. Trabajos Ejecutados

En esta localización se realizó el sondeo S 1 con una profundidad limitada por la presencia de rodados y bloques que impidieron la prosecución con el equipo disponible. En los esquemas se aprecia la ubicación del sondeo.



3.3.2. Análisis de la Información

A continuación se presenta la escueta información obtenida en esta ubicación:

Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR Proyecto: FFCC Belgrano Cargas Fecha: 24/10/2011			SONDEO S 1				Tramo: C 18 Coordenadas : S 23 ° 21 ' 39,6 " W 64 ° 10 ' 53,1 " Puente : San Francisco Observaciones:							
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT 	ω_{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ_d t/m ³	c_u kg/cm ²	ϕ_u °
								0 20 40 60 80	100 200	%	%			
1,0	Pozo a cielo abierto, presencia de bloques						0,0							
2,0	Arena c/gravas al final, Grisácea	SP-SM		3,4			NP			21,3	7,2			
3,0	Bloques no se puede atravesar	SW-SM		5,2			NP			18,3	9,5			
4,0	<i>Límite Perforación</i>						0,0							
5,0							0,0							
Nivel Freático: - 0,00 m														



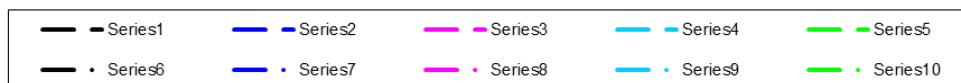
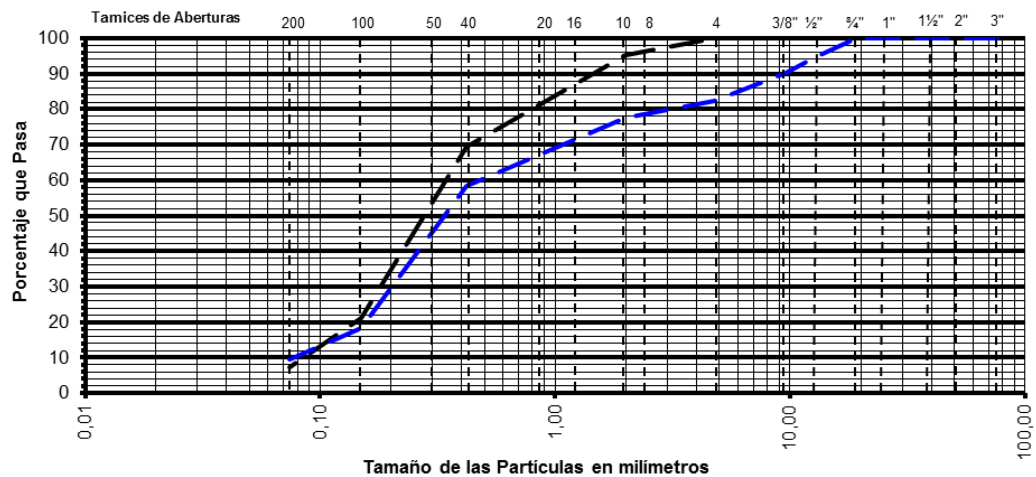
FFCC Gral Belgrano - GRANULOMETRÍAS - Puente San Francisco

DATOS

SONDEO		S 1									
profundidad [m]	de	2,0	3,0								
	a	2,5	3,5								
Tamices		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
1"											
¾"			100								
½"			94,6								
3/8"			90,2								
# 4		100	82,3								
# 10		95,2	77,7								
# 40		69,5	58,5								
# 100		21,3	18,3								
# 200		7,2	9,5								

RESULTADOS

	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
D85 (mm)	1,08	6,03								
D60 (mm)	0,34	0,47								
D50 (mm)	0,28	0,34								
D30 (mm)	0,18	0,20								
D15 (mm)	0,11	0,11								
D10 (mm)	0,09	0,08								
Cu = D60 / D10	4,0	6,2								
Cc = D30 ² / (D60 * D10)	1,1	1,1								



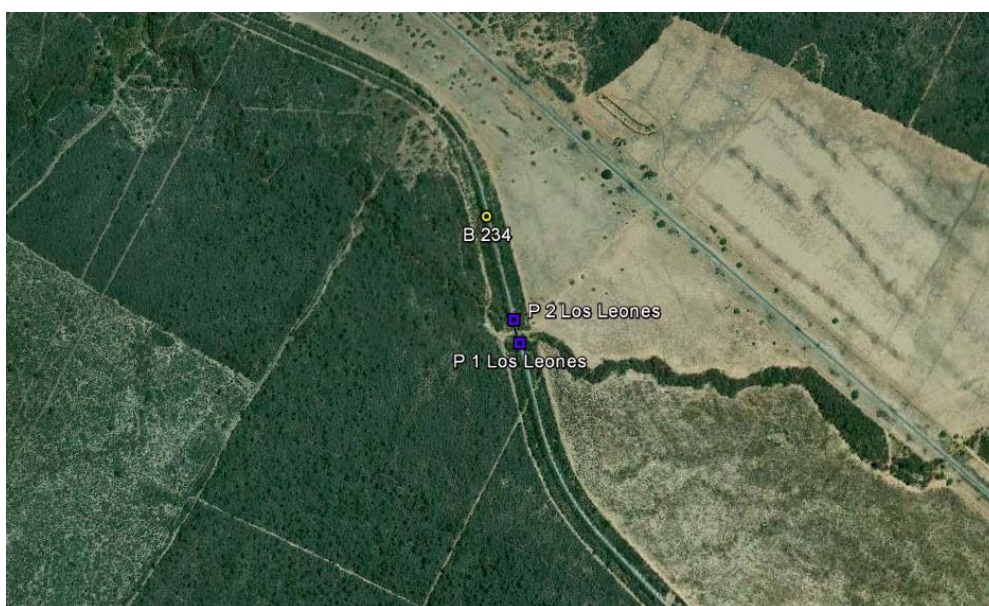
3.3.3. Conclusiones

Con la información obtenida no pueden desarrollarse conclusiones completas sobre el tipo estructural y capacidad admisible de los terrenos. Puede simplemente decirse que no podrá implantarse una fundación a una profundidad menor a los 4 m. Con respecto a fundaciones superficiales por debajo de ese nivel, en el supuesto que continúen los depósitos de gravas con bloques, sin hacer consideraciones sobre aspectos relativos a la socavación en las proximidades de las pilas, podría adoptarse, como una estimación muy preliminar, una tensión admisible $\sigma_{adm} = 4,0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$.

3.4. Puente Los Leones

3.4.1. Trabajos Ejecutados

En esta ubicación se realizaron dos sondeos de 10,45 m de longitud cada uno. En el esquema siguiente se aprecia la ubicación de los mismos.



Seguidamente se presentan los resultados de las labores ejecutadas en cada perforación.



Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR Proyecto: FFCC Belgrano Cargas Fecha: 26/10/2011			SONDEO S 1				Tramo: C 18 Coordenadas: S 23° 56' 20,7" W 64° 2' 7,4" Puente: Los Leones Observaciones:							
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω_{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ_d	c_u	ϕ_u
								100	200	100	200			
					%					%	%	t/m ³	kg/cm ²	°
1,0	Limo Arenoso, Rojizo Claro	CL-ML	10	4,5	19,0	12,8	6,2			64,0		1,71	0,40	12,0
2,0	Limo Arenoso, Rojizo Oscuro	CL-ML	9	12,8	19,0	14,0	5,0			57,0				
3,0		CL-ML	5	10,4	19,7	14,2	5,5			60,8		1,77	0,30	8,0
4,0	Limo Arenoso, Castaño Claro	CL-ML	15	4,5	18,6	13,3	5,3			58,8				
5,0	Limo Arenoso, Rojizo Claro	CL-ML	18	5,8	18,0	13,0	5,0			54,0		1,83	0,60	22,0
6,0		CL-ML	34	4,2	18,1	12,7	5,4			56,0				
7,0	Arena Limosa, Rojizo	SM	17	5,8			0,0			62,4	36,5	1,75	1,10	8,0
8,0		SM	24	6,0			0,0			44,8	28,8			
9,0	Arcilla Limosa, Rojizo Claro	CL	19	11,0	33,0	16,0	17,0			92,8	1,76	1,00	17,0	
10,0		CL	30	12,0	35,0	16,5	18,5			95,3				
11,0	Límite Perforación													
Nivel Freático: - m														

Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR Proyecto: FFCC Belgrano Cargas Fecha: 26/10/2011			SONDEO S 2				Tramo: C 18 Coordenadas: S 23° 56' 20,7" W 64° 2' 7,4" Puente: Los Leones Observaciones:							
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω_{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ_d	c_u	ϕ_u
								100	200	100	200			
					%					%	%	t/m ³	kg/cm ²	°
1,0	Limo Arenoso, Castaño Rojizo	CL-ML	9	8,8	20,0	13,5	6,5			66,2				
2,0		CL-ML	13	10,6	19,3	13,3	6,0			61,0	1,68	0,55	10,0	
3,0	Limo Arenoso, Castaño Rojizo Claro	CL-ML	3	11,4	22,0	15,7	6,3			62,2				
4,0	Limo Arenoso, Rojizo Oscuro	CL-ML	17	10,2	19,6	14,4	5,2			59,4	1,63	0,60	12,0	
5,0	Limo Arenoso, Rojizo Claro	CL-ML	26	4,8	18,4	12,0	6,4			76,4				
6,0		CL-ML	35	7,8	18,6	13,8	4,8			58,8	1,80	1,05	20,0	
7,0	Arena Limosa, Rojizo Claro	SM	15	10,0			NP			65,0	43,8	1,77	0,75	10,0
8,0		SM	25	3,6			NP			43,6	32,4			
9,0	Arena Limo Arenosa, Rojizo Claro	CL	30	7,5	30,0	15,0	15,0			82,8				
10,0		CL	32	2,7	25,2	14,1	11,1			84,5				
11,0	Límite Perforación													
Nivel Freático: - m														



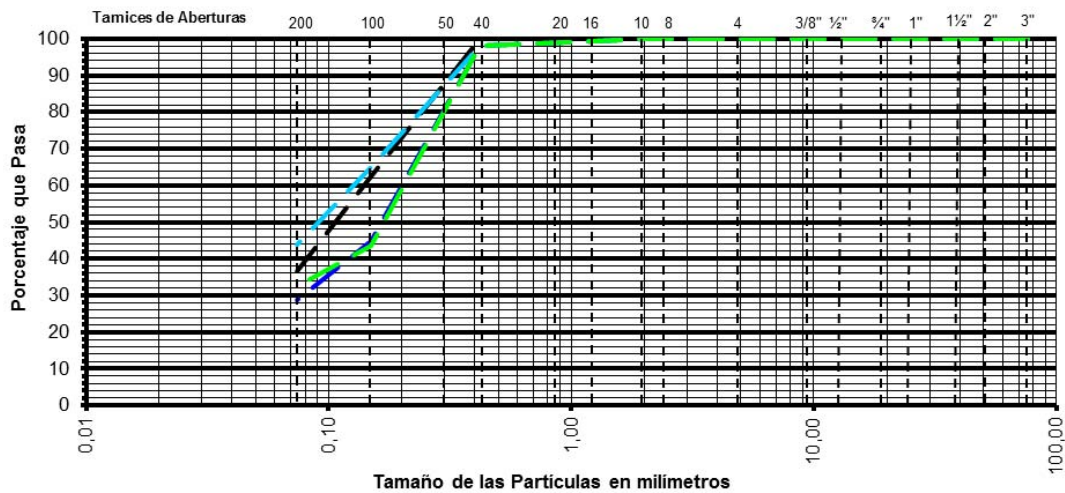
FFCC Gral Belgrano - GRANULOMETRÍAS - Puente Los Leones

DATOS

SONDEO		S 1				S 2					
profundidad [m]	de	7,0	8,0			7,0	8,0				
	a	7,5	8,5			7,5	8,5				
Tamices		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
1"											
3/4"											
1/2"											
3/8"											
# 4											
# 10			100		100	100					
# 40		100	98		98	98					
# 100		62,4	44,8		65	43,6					
# 200		36,5	28,8		43,8	32,4					

RESULTADOS

	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
D85 (mm)	0,28	0,33		0,28	0,33					
D60 (mm)	0,14	0,20		0,13	0,20					
D50 (mm)	0,11	0,16		0,09	0,17					
D30 (mm)		0,08								
D15 (mm)										
D10 (mm)										
Cu = D60 / D10										
Cc = D30 ² / (D60 * D10)										



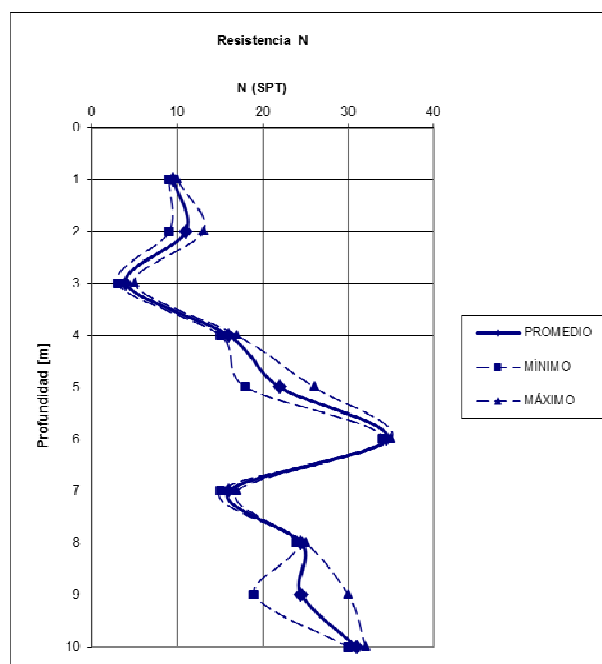
3.4.2. Análisis de la Información

A continuación se presentan, a título ilustrativo, perfiles esquemáticos de los sondeos ejecutados en esta localización en los que se ha volcado la clasificación según el Sistema Unificado (SUCS), el número de golpes N del Ensayo Normal de Penetración y los valores de cohesión no drenada en suelos finos y ángulo de fricción interna promedio que surgen de la aplicación de distintas teorías y los valores obtenidos en el laboratorio.

PUENTE LOS LEONES - PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE "N"

SONDEO		S 1		S 2	
Profundidad de [m]		Estratigrafía	N	Estratigrafía	N
0	1	CL-ML	10	CL-ML	9
1	2	CL-ML	9	CL-ML	13
2	3	CL-ML	5	CL-ML	3
3	4	CL-ML	15	CL-ML	17
4	5	CL-ML	18	CL-ML	26
5	6	CL-ML	34	CL-ML	35
6	7	SM	17	SM	15
7	8	SM	24	SM	25
8	9	CL	19	CL	30
9	10	CL	30	CL	32

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "N"				
Profundidad		N		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	9,5	9	10
1	2	11,0	9	13
2	3	4,0	3	5
3	4	16,0	15	17
4	5	22,0	18	26
5	6	34,5	34	35
6	7	16,0	15	17
7	8	24,5	24	25
8	9	24,5	19	30
9	10	31,0	30	32

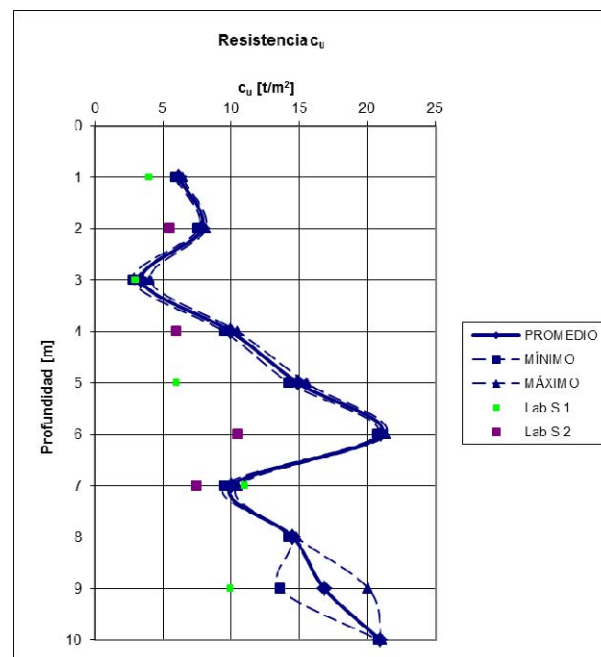


PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE "c_u" y "φ"

SONDEO		S 1			S 2		
Profundidad de [m]		Estratigrafía	c _u	φ	Estratigrafía	c _u	φ
a [m]	[t/m ²]		[°]	[t/m ²]		[°]	
0	1	CL-ML	6,4		CL-ML	5,9	
1	2	CL-ML	7,6		CL-ML	8,1	
2	3	CL-ML	4,1		CL-ML	2,8	
3	4	CL-ML	9,5		CL-ML	10,5	
4	5	CL-ML	14,3		CL-ML	15,6	
5	6	CL-ML	20,7		CL-ML	21,4	
6	7	SM	10,5		SM	9,5	
7	8	SM	14,3		SM	14,8	
8	9	CL	13,6		CL	20,1	
9	10	CL	20,8		CL	21,1	

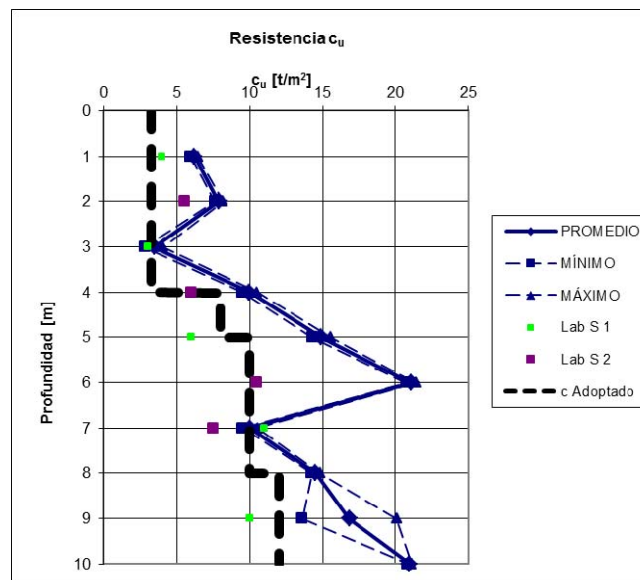
EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "c_u"

Profundidad		c _u [t/m ²]		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	6,2	5,9	6,4
1	2	7,9	7,6	8,1
2	3	3,4	2,8	4,1
3	4	10,0	9,5	10,5
4	5	14,9	14,3	15,6
5	6	21,1	20,7	21,4
6	7	10,0	9,5	10,5
7	8	14,5	14,3	14,8
8	9	16,8	13,6	20,1
9	10	21,0	20,8	21,1



3.4.3. Conclusiones

A continuación se presentan gráficos con los valores de parámetros adoptados para la estimación de las tensiones admisibles sobre la base del análisis presentado en el punto anterior. Por tratarse de suelos finos cohesivos se indican valores de cohesión no drenada c_u.



Sobre la base de la información obtenida se puede estimar que a 2 m de profundidad la tensión admisible de una fundación superficial puede ser adoptada en $\sigma_{adm} = 0,9$ [Kg/cm²]. Para una profundidad de 4 m este valor resulta $\sigma_{adm} = 2,5$ [Kg/cm²]. Estas estimaciones no tienen en cuenta ninguna consideración respecto a la eventual socavación del lecho del río en las proximidades de las estructuras de fundación.

Si se pensara en ejecutar pilotes excavados o cilindros de fundación hasta una profundidad de 6 m, la tensión de punta admisible de $\sigma_{adm\ punta} = 3,1$ [Kg/cm²], si se llega hasta la profundidad de 8 m puede adoptarse una presión de punta de $\sigma_{adm\ punta} = 3,8$ [Kg/cm²].

Las tensiones admisibles medias de fuste $\tau_{adm\ fuste}$ son las que se muestran en la Tabla siguiente. En la misma se indica, a título de ejemplo la carga que pueden tomar pilotes excavados hasta distintas profundidades para un diámetro $D = 0,8$ m.

FUNDACIÓN SOBRE PILOTES								
CAPACIDAD DE CARGA VERTICAL (Valores admisibles)								
Profundidad [m]	Espesor [m]	Valores Admisibles		$P_{fuste\ manto}$	P_{fuste}	P_{punta}	P_{total}	
		$\tau_{prom\ fuste}$	q_{punta}					
de	a	[m]	[t/m ²]		[t]			
0	4	4	1,3		12,9	12,9	0,0	12,9
4	5	1	2,2		5,6	18,5	0,0	18,5
5	6	1	2,0	31	5,0	23,5	15,7	39,2
6	8	2	2,4	38	12,1	35,6	18,9	54,4

$$D = 0,8 \text{ [m]}$$

Tampoco en este caso se han hecho consideraciones sobre eventuales niveles de socavación alrededor de las pilas de fundación.

A los efectos de verificar comportamientos elásticos pueden considerarse los siguientes parámetros.

MÓDULOS DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE
Estimación según Vesic (1961)

Punta a Profundidad L	Determinación K_h				Determinación K_v				K_h				K_v			
	c_u promedio		Es		c_u		Es		Según Vesic		Según Terzaghi y Broms		Promedio		Según Vogt	
[m]	[t/m ²]	[KPa]	[Kg/cm ²]	[t/m ²]	[KPa]	[Kg/cm ²]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]
4	3,2	31,4	15600	159					7600	0,8	14600	1,5	11100	1,1		
5	4,0	39,2	19600	200					9700	1,0	18300	1,9	14000	1,4		
8	8,0	78,5	39200	400	10,0	98,1	49000	500	20600	2,1	36700	3,7	28600	2,9	96100	9,8
10	10,0	98,1	49000	500	12,0	117,7	58800	600	26300	2,7	45900	4,7	36100	3,7	115300	11,8

$$D = 0,8 \text{ [m]}$$

$$l_p = 0,0201 \text{ [m}^4\text{]}$$

$$\pi D^4 / 64$$

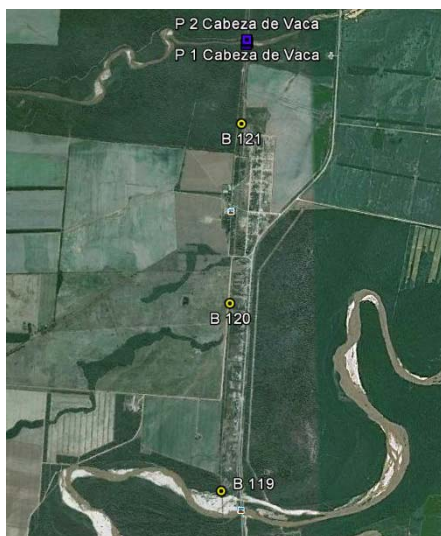
$$E_p = 3,0E+07 \text{ [Kpa]}$$

$$\mu_s = 0,3$$

3.5. Puente Cabeza de Vaca

3.5.1. Trabajos Ejecutados

En la localización de este puente se realizaron cuatro sondeos, tres de 15,45 m de longitud (sondeos S 1, S 2 y S 3) y uno (S 4) de 18,45 m de longitud. En los siguientes esquemas se muestra la posición de los mismos. Seguidamente se presentan los resultados de la investigación.





Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 1				Tramo: C 18								
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas: S 24 ° 22 ' 18,7 "								
Fecha: 21/10/2011							W 63 ° 59 ' 22,2 "								
							Puente : Cabeza de Vaca								
							Observaciones:								
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	Ø _{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ _d	c _u	φ _u	
								0	20	100	200				
					%										
1,0	Arena Limosa, Rojizo Amarillento	SM	4	5,8			NP			56,5	35,4				
2,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo	CL	2	24,6	41,0	18,0	23,0				96,0	1,45	0,40	2,0	
3,0		CL	2	25,4	43,0	17,7	25,3				96,3				
4,0		CL	1	23,7	44,8	18,8	26,0				97,0	1,57	0,35	2,5	
5,0		CL	4	26,5	34,1	16,9	17,2				95,0				
6,0		CL	5	21,0	28,4	19,6	8,8				89,1	1,58	0,35	5,0	
7,0		CL	1	26,8	30,0	20,0	10,0				92,2				
8,0		CL	2	26,2	30,8	20,2	10,6				92,3				
9,0		CL	4	24,0	36,7	21,3	15,4				93,3	1,59	0,50	8,0	
10,0	Arena Limosa, Castaño Rojizo	SM	7	19,0			NP			23,9	13,1				
11,0		SM	20	18,5			NP			23,6	14,7	1,73	0,75	17,0	
12,0		SP-SM	22	16,0			NP			20,2	10,0				
13,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo	CL	24	37,0	43,0	23,2	19,8				94,8	1,35	0,45	3,0	
14,0	Limo, Castaño Rojizo	ML	4	36,0	43,7	30,0	13,7				92,2				
15,0		ML	4	35,8	47,6	29,6	18,0				93,9	1,39	0,50	7,0	
16,0	Límite Perforación		7												
Nivel Freático: - m															

Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 2				Tramo: C 18								
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas: S 24 ° 22 ' 19,1 "								
Fecha: 21/10/2011							W 63 ° 59 ' 22,3 "								
							Puente : Cabeza de Vaca								
							Observaciones:								
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	Ø _{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ _d	c _u	φ _u	
								0	20	100	200				
					%										
1,0	Arena Limosa, Castaño Rojizo	SM	4	8,6			NP			57,1	33,8				
2,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo	CL	1	24,0	33,0	16,0	17,0				100,0	95,3	1,58	0,30	2,0
3,0		CL	1	26,2	35,3	16,6	18,7				100,0	96,2			
4,0		CL	2	20,5	32,1	15,5	16,6				100,0	94,4	1,70	0,40	2,0
5,0		CL	3	20,3	35,0	15,7	19,3				100,0	95,0			
6,0		CL	5	19,4	38,3	16,3	22,0				100,0	95,7	1,74	0,50	3,5
7,0		Arena Limosa, Castaño Rojizo	SM	7	16,7			NP			52,7	29,2			
8,0			SM	15	15,5			NP			34,0	23,4	1,71	0,60	17,0
9,0			SM	18	12,1			NP			34,6	22,2			
10,0		SM	21	1,5			NP			39,5	14,7				
11,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo	CL	4	32,1	36,0	22,8	13,2				100,0	92,0	1,42	0,60	3,0
12,0		CL	7	30,6	38,2	23,2	15,0				100,0	93,7			
13,0		CL	10	30,0	40,4	24,4	16,0				100,0	95,1	1,43	0,90	4,0
14,0	Arcilla, Castaño Rojizo	CH	16	32,0	58,8	26,6	32,2				100,0	99,4	1,46	1,15	4,0
15,0		CH	18	28,2	56,0	26,0	30,0				100,0	99,0			
16,0	Límite Perforación		21												
Nivel Freático: - m															



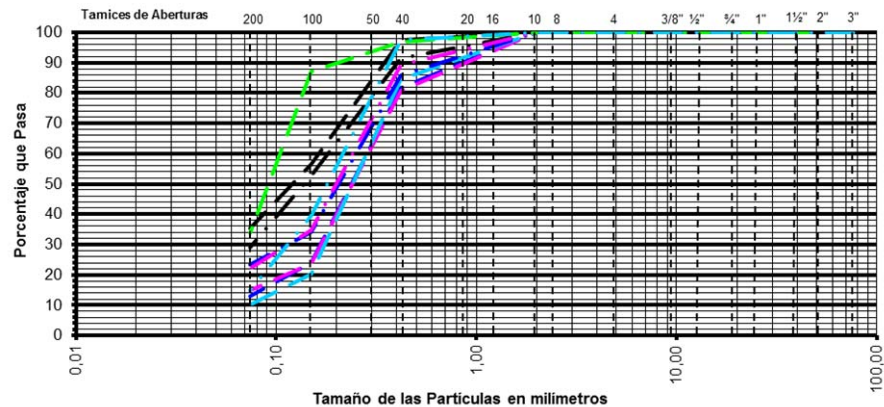
FFCC Gral Belgrano - GRANULOMETRÍAS - Puente Cabeza de Vaca

DATOS

SONDEO profundidad [m]	S 1				S 2					
	1,0	10,0	11,0	12,0	1,0	7,0	8,0	9,0	10,0	
de a	1,5	10,5	11,5	12,5	1,5	7,5	8,5	9,5	10,5	
Tamices	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
1"										
3/4"										
1/2"										
3/8"										
# 4										
# 10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
# 40	97,5	81,7	80,8	84,4	96,9	91,6	85,7	89,2	97,5	
# 100	56,5	23,9	23,6	20,2	87,1	52,7	34	34,6	39,5	
# 200	35,4	13,1	14,7	10	33,8	29,2	23,4	22,2	14,7	

RESULTADOS

	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
D85 (mm)	0,31	0,56	0,59	0,45	0,14	0,35	0,41	0,39	0,34	
D60 (mm)	0,16	0,28	0,29	0,28	0,10	0,18	0,25	0,24	0,21	
D50 (mm)	0,12	0,24	0,24	0,24	0,09	0,14	0,21	0,20	0,18	
D30 (mm)		0,17	0,17	0,17		0,08	0,11	0,11	0,11	
D15 (mm)		0,08	0,08	0,10					0,07	
D10 (mm)				0,07						
Cu = D60 / D10				3,8						
Cc = D30 ² / (D60*D10)				1,5						





Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 3				Tramo: C 18							
Fecha: 21/10/2011							Coordenadas: S 24 ° 22 ' 19,8 "							
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							W 63 ° 59 ' 21,9 "							
							Punto : Cabeza de Vaca							
							Observaciones:							
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω_{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		γ_d	c_u	ϕ_u		
								100	200					
			%				%	%	t/m ³	kg/cm ²	°			
1,0	Sin Muestra													
2,0	Arena, Castaño Rojizo Claro	SP-SM	3	14,7			NP			23,6	10,3	1,64	0,40	4,0
3,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo	CL	4	19,6	29,3	16,0	13,3			100,0	92,1	1,64	0,60	2,5
4,0		CL	7	17,8	30,0	16,0	14,0			100,0	93,2			
5,0		CL	6	20,2	31,0	16,6	14,4			100,0	93,5	1,64	0,70	4,0
6,0		CL	9	27,8	42,2	22,2	20,0			100,0	95,7			
7,0		CL	11	26,3	40,8	22,0	18,8			100,0	95,0	1,58	0,85	4,0
8,0		CL	14	19,5	28,1	18,1	10,0			100,0	90,0			
9,0		CL	16	25,1	38,0	20,0	18,0			100,0	94,2	1,61	1,20	8,0
10,0	Arena, Castaño Rojizo	SP-SM	23	14,5			NP			24,4	11,5	1,79	0,40	9,0
11,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo	SP-SM	6	16,1			NP			23,9	12,0			
12,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo	CL	5	30,6	34,0	21,6	12,4			100,0	91,6	1,44	0,60	3,0
13,0	Arcilla, Castaño Rojizo	CH	7	28,7	58,0	26,0	32,0			100,0	99,2			
14,0	Limo Arenoso, Castaño Rojizo	CL-ML	18	22,0	26,0	19,5	6,5			100,0	86,7	1,65	1,00	4,0
15,0		CL-ML	20	21,7	25,0	19,0	6,0			100,0	85,2			
16,0	Límite Perforación		24											
Nivel Freático: -				m										



Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 4				Tramo: C 18						
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas : S 24 ° 22 ' 20,5 "						
Fecha: 21/10/2011							W 63 ° 59 ' 22,4 "						
							Punto : Cabeza de Vaca						
							Observaciones:						
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω_{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg	# Tamiz		γ_d	c_u	ϕ_u
									100	200			
									%	%	t/m ³	kg/cm ²	°
1,0	Arena, Castaño Rojizo Claro	SP-SM	5	8,5			NP		8,5				
2,0	Limo Arenoso, Castaño Rojizo	CL-ML	7	26,0	28,0	21,6	6,4		71,6	1,49	0,35	2,0	
3,0	Arcilla, Castaño Rojizo Oscuro	CL	5	21,4	48,6	19,6	29,0		98,7	1,60	0,50	4,0	
4,0	Arcilla, Castaño Rojizo	CL	2	28,2	39,3	18,8	20,5		95,4				
5,0	Limo Arenoso, Castaño Rojizo	CL-ML	5	20,3	24,4	18,0	6,4		68,2	1,64	0,45	5,0	
6,0		CL-ML	6	18,2	23,4	17,2	6,2		62,7				
7,0		CL-ML	9	15,3	19,0	16,0	3,0		56,0				
8,0		CL-ML	10	15,6	19,7	15,3	4,4		58,2	1,76	0,60	8,0	
9,0		CL-ML	11	16,7	21,3	16,2	5,1		60,6				
10,0		CL-ML	17	16,8	21,0	16,0	5,0		60,5				
11,0	Arcilla, Castaño Rojizo	CH	9	36,0	61,8	30,3	31,5		99,3	1,42	0,75	3,0	
12,0		CH	11	34,7	63,0	30,0	33,0		99,5				
13,0	Limo, Castaño Rojizo	ML	9	33,4	47,0	29,6	17,4		94,2	1,41	0,65	5,0	
14,0		ML	10	32,9	44,5	28,0	16,5		93,5				
15,0	Arcilla, Castaño Rojizo	CH	13	21,2	51,8	20,2	31,6		98,9				
16,0		CH	15	25,1	51,7	21,0	30,7		98,2	1,61	0,95	5,0	
17,0		CH	16	20,4	52,8	20,8	32,0		99,0				
18,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo	CL	19	20,2	45,6	18,3	27,3		97,6				
19,0	Límite Perforación												
Nivel Freático: - m													

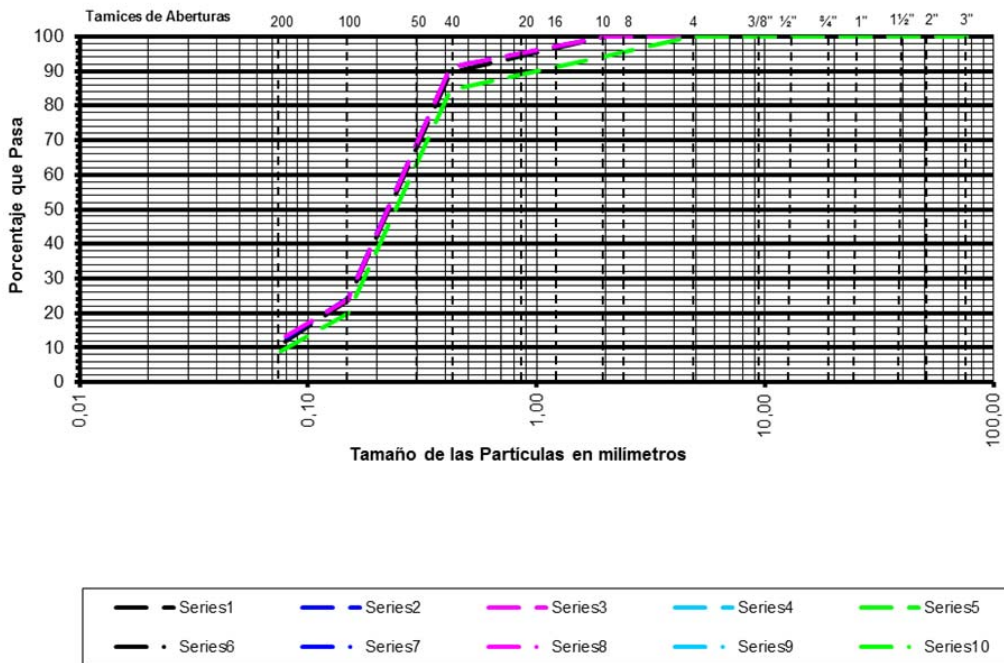
FFCC Gral Belgrano - GRANULOMETRÍAS - Puente Cabeza de Vaca

DATOS

SONDEO	S 3			S 4							
profundi	de	2,0	10,0	11,0	1,0						
dad [m]	a	2,5	10,5	11,5	1,5						
Tamices	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10	
1"											
3/4"											
1/2"											
3/8"											
# 4					100						
# 10	100	100	100		94,4						
# 40	89,5	91,2	91		84,4						
# 100	23,6	24,4	23,9		19,8						
# 200	10,3	11,5	12		8,5						

RESULTADOS

	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
D85 (mm)	0,39	0,38	0,38		0,46					
D60 (mm)	0,26	0,26	0,26		0,28					
D50 (mm)	0,23	0,22	0,22		0,24					
D30 (mm)	0,16	0,16	0,16		0,18					
D15 (mm)	0,09	0,09	0,09		0,11					
D10 (mm)					0,08					
Cu = D60 / D10					3,5					
Cc = D30 ² / (D60 * D10)					1,3					



3.5.2. Análisis de la Información

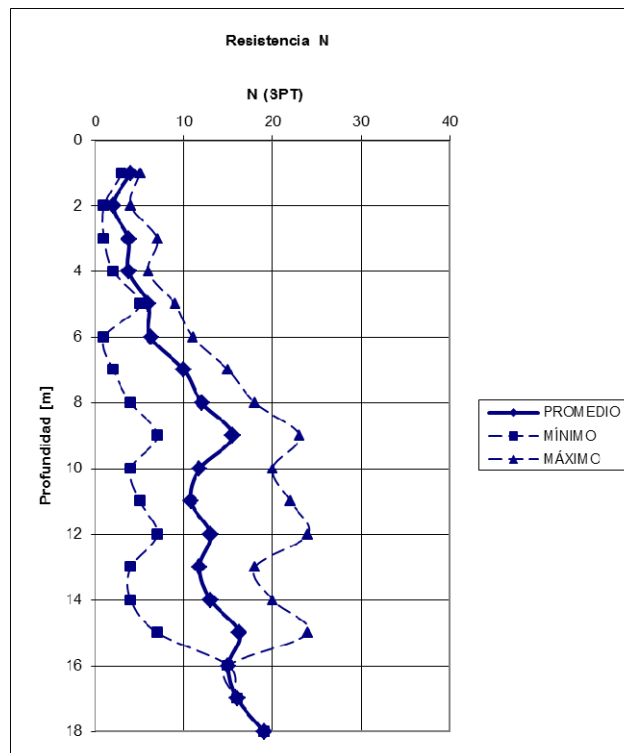
A continuación se presentan, a título ilustrativo, perfiles esquemáticos de los sondeos ejecutados en este puente en los que se ha volcado la clasificación según el Sistema Unificado (SUCS), el número de golpes N del Ensayo Normal de Penetración y los valores de cohesión no drenada en suelos finos y ángulo de fricción interna promedio que surgen de la aplicación de distintas teorías y los valores obtenidos en el laboratorio.

PUENTE CABEZA DE VACA - PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE "N"

SONDEO		S 1		S 2		S 3		S 4	
Profundidad de [m]	a [m]	Estratigrafía	N	Estratigrafía	N	Estratigrafía	N	Estratigrafía	N
0	1	SM	4	SM	4		3	SP-SM	5
1	2	CL	2	CL	1	SP-SM	4	CL-ML	1
2	3	CL	1	CL	2	CL	7	CL	5
3	4	CL	4	CL	3	CL	6	CL	2
4	5	CL	5	CL	5	CL	9	CL-ML	5
5	6	CL	1	CL	7	CL	11	CL-ML	6
6	7	CL	2	SM	15	CL	14	CL-ML	9
7	8	CL	4	SM	18	CL	16	CL-ML	10
8	9	CL	7	SM	21	CL	23	CL-ML	11
9	10	SM	20	SM	4	SP-SM	6	CL-ML	17
10	11	SM	22	CL	7	SP-SM	5	CH	9
11	12	SP-SM	24	CL	10	CL	7	CH	11
12	13	CL	4	CH	16	CL	18	ML	9
13	14	ML	4	CH	18	CL-ML	20	ML	10
14	15	ML	7	CH	21	CL-ML	24	CH	13
								CH	15
								CH	16
								CL	19

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "N"

Profundidad		N		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	4,0	3	5
1	2	2,0	1	4
2	3	3,8	1	7
3	4	3,8	2	6
4	5	6,0	5	9
5	6	6,3	1	11
6	7	10,0	2	15
7	8	12,0	4	18
8	9	15,5	7	23
9	10	11,8	4	20
10	11	10,8	5	22
11	12	13,0	7	24
12	13	11,8	4	18
13	14	13,0	4	20
14	15	16,3	7	24
15	16	15,0	15	15
16	17	16,0	16	16
17	18	19,0	19	19

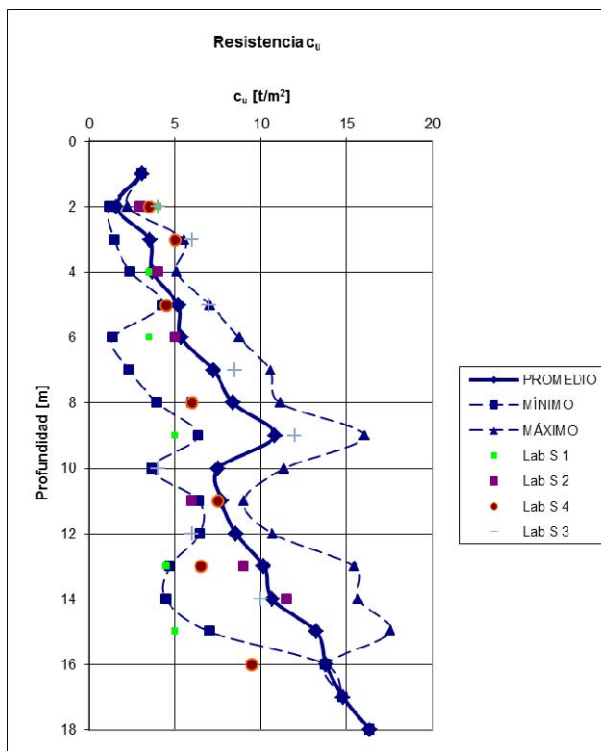


PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE "c_u" y "φ"

SONDEO		S 1			S 2			S 3			S 4		
Profundidad		Estrati-grafía	c _u	φ	Estrati-grafía	c _u	φ	Estrati-grafía	c _u	φ	Estrati-grafía	c _u	φ
de [m]	a [m]		[t/m ²]	[°]		[t/m ²]	[°]		[t/m ²]	[°]		[t/m ²]	[°]
0	1	SM	3,1		SM	3,1					SP-SM		29,4
1	2	CL	2,3		CL	1,3		SP-SM		29,5	CL-ML	1,2	
2	3	CL	1,5		CL	2,3		CL	5,5		CL	4,8	
3	4	CL	4,2		CL	3,1		CL	5,1		CL	2,4	
4	5	CL	4,7		CL	4,8		CL	7,1		CL-ML	4,3	
5	6	CL	1,4		CL	6,4		CL	8,7		CL-ML	5,0	
6	7	CL	2,4		SM	9,5		CL	10,6		CL-ML	6,6	
7	8	CL	4,0		SM	11,1		CL	11,1		CL-ML	7,4	
8	9	CL	6,4		SM	12,8		CL	16,1		CL-ML	8,1	
9	10	SM		35,1	SM	3,7	26,3	SP-SM		28,1	CL-ML	11,4	
10	11	SM		35,4	CL	6,4		SP-SM		27,0	CH	9,0	
11	12	SP-SM		35,6	CL	8,6		CL	6,4		CH	10,7	
12	13	CL	4,7		CL	12,4		CL	15,5		ML	8,2	
13	14	ML	4,5		CH	15,7		CL-ML	13,7		ML	8,9	
14	15	ML	7,0		CH	17,6		CL-ML	16,0		CH	12,4	
											CH	13,8	
											CH	14,8	
											CL	16,4	

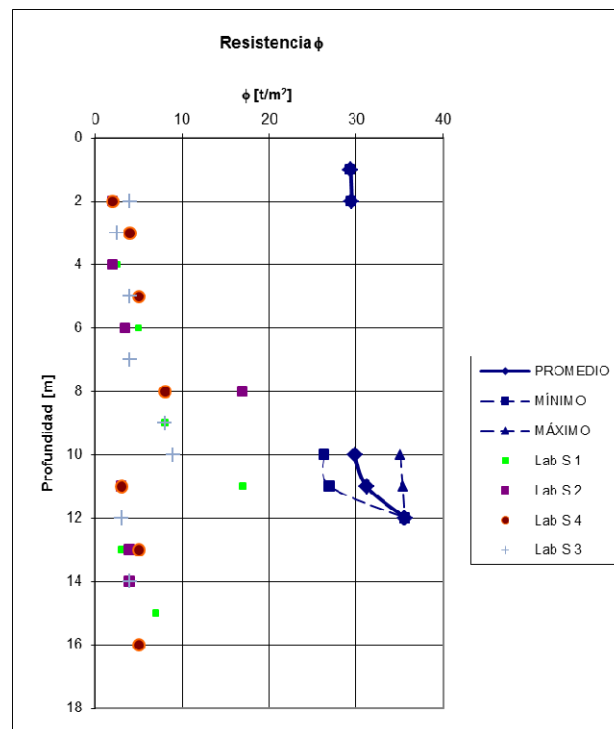
EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "c_u"

Profundidad		c _u [t/m ²]		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	3,1	3,1	3,1
1	2	1,6	1,2	2,3
2	3	3,5	1,5	5,5
3	4	3,7	2,4	5,1
4	5	5,2	4,3	7,1
5	6	5,4	1,4	8,7
6	7	7,3	2,4	10,6
7	8	8,4	4,0	11,1
8	9	10,8	6,4	16,1
9	10	7,5	3,7	11,4
10	11	7,7	6,4	9,0
11	12	8,6	6,4	10,7
12	13	10,2	4,7	15,5
13	14	10,7	4,5	15,7
14	15	13,3	7,0	17,6
15	16	13,8	13,8	13,8
16	17	14,8	14,8	14,8
17	18	16,4	16,4	16,4



EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "φ"

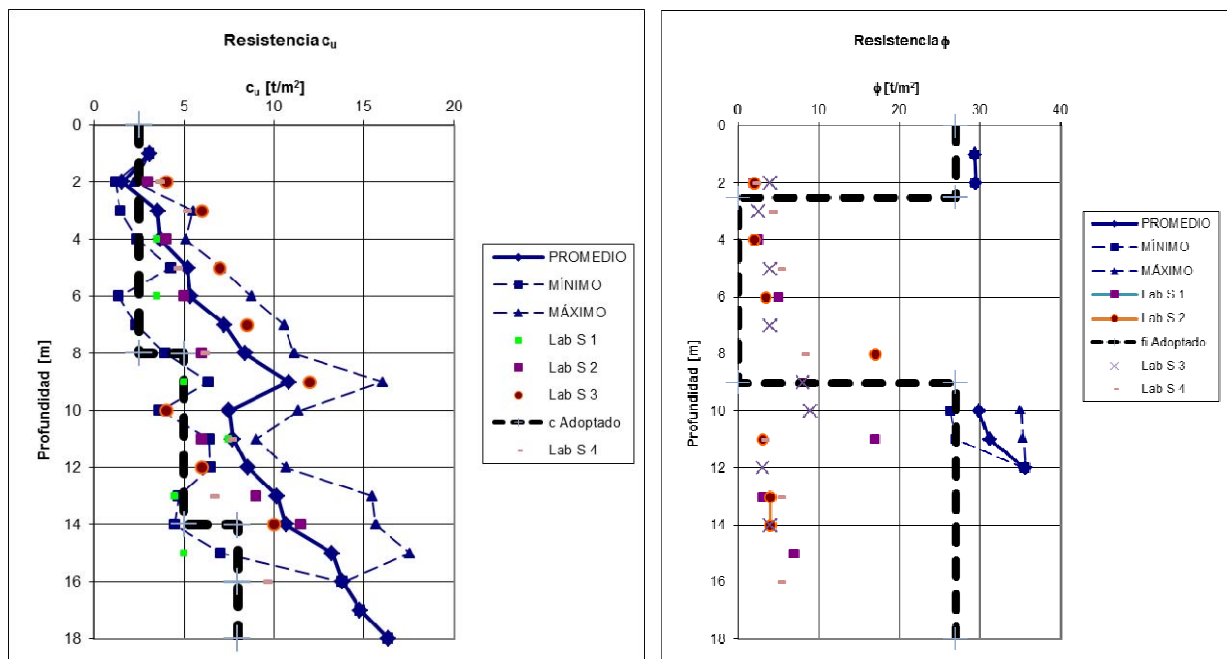
Profundidad		φ		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	29,4	29,4	29,4
1	2	29,5	29,5	29,5
2	3			
3	4			
4	5			
5	6			
6	7			
7	8			
8	9			
9	10	29,8	26,3	35,1
10	11	31,2	27,0	35,4
11	12	35,6	35,6	35,6
12	13			
13	14			
14	15			
15	16			
16	17			
17	18			



Se debe aclarar que los valores del ángulo de fricción interna φ medidos en el laboratorio corresponden a ensayos de tipo no consolidados no drenados (rápidos), condición para la cual los valores resultan significativamente más bajos que los correspondientes a la condición drenada a la que corresponden los valores de cálculo representados en el gráfico.

3.5.3. Conclusiones

A continuación se presentan gráficos con los valores de parámetros resistentes adoptados, sobre la base del análisis presentado en el punto anterior, para la definición del tipo estructural de las fundaciones y la estimación de las tensiones admisibles.



Sobre la base de la información obtenida se puede decir que en esta localización no está indicado la utilización de tipos estructurales superficiales para la materialización de las fundaciones de un puente ya que deberían adoptarse valores muy bajos de tensión admisible, a 2 m de profundidad la tensión admisible de una fundación superficial puede ser adoptada en $\sigma_{adm} = 0,35$ [Kg/cm²].

Para la ejecución de pilotes excavados o cilindros de fundación pueden adoptarse los valores admisibles que se muestran en la Tabla siguiente. En la misma se indica, a título de ejemplo, la carga que pueden tomar pilotes excavados hasta distintas profundidades para un diámetro $D = 0,8$ m.



FUNDACIÓN SOBRE PILOTES								
CAPACIDAD DE CARGA VERTICAL (Valores admisibles)								
Profundidad [m]		Espesor [m]	Valores Admisibles		P _{fuste manto}	P _{fuste}	P _{punta}	P _{total}
			τ_{prom} fuste	q _{punta}				
de	a	[m]	[t/m ²]		[t]			
0	8	8	0,8		16,8	16,8	0,0	16,8
8	12	4	1,7		16,8	33,5	0,0	33,5
12	14	2	1,7		8,4	41,9	0,0	41,9
14	16	2	1,7	16	8,4	50,3	7,9	58,1
16	18	2	4,7	24	23,5	73,7	11,9	85,6

$$D = 0,8 \text{ [m]}$$

Tampoco en este caso se han hecho consideraciones sobre eventuales niveles de socavación alrededor de las pilas de fundación.

A los efectos de verificar comportamientos elásticos pueden considerarse los siguientes parámetros.

MÓDULOS DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE
Estimación según Vesic (1961)

Punta a Profundidad L	Determinación K_h				Determinación K_v				K_h				K_v			
	c_u promedio		Es		c_u		Es		Según Vesic		Según Terzaghi y Broms		Promedio		Según Vogt	
	[m]	[t/m ²]	[KPa]	[Kg/cm ²]	[t/m ²]	[KPa]	[Kg/cm ²]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	
8	2,5	24,5	12200	124					5800	0,6	11400	1,2	8600	0,9		
14	4,0	39,2	19600	200					9700	1,0	18300	1,9	14000	1,4		
16	6,0	58,8	29400	300	8,0	78,5	39200	400	15100	1,5	27500	2,8	21300	2,2	76900	7,8
18	6,0	58,8	29400	300	8,0	78,5	39200	400	15100	1,5	27500	2,8	21300	2,2	76900	7,8

$$D = 0,8 \text{ [m]}$$

$$l_p = 0,0201 \text{ [m}^4\text{]}$$

$$\pi D^4 / 64$$

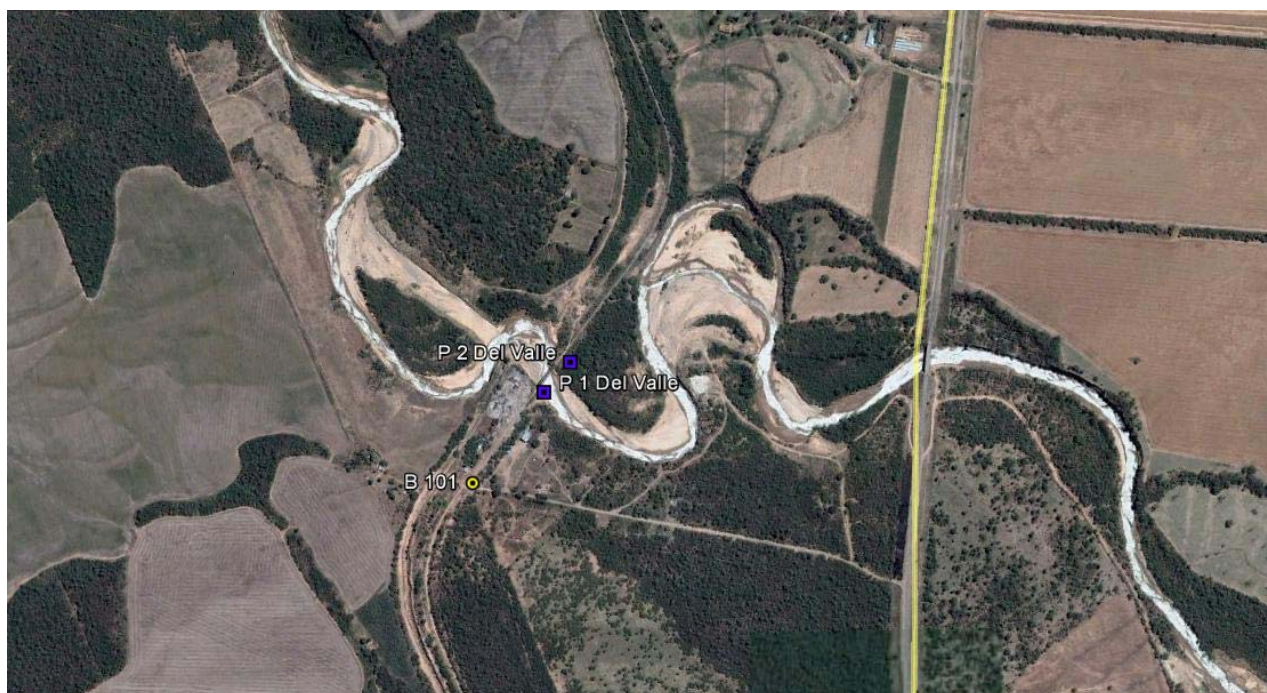
$$E_p = 3,0E+07 \text{ [Kpa]}$$

$$\mu_s = 0,3$$

3.6. Puente Río del Valle

3.6.1. Trabajos Ejecutados

En la localización de este puente se realizaron dos sondeos de 20,45 m de longitud. En el siguiente esquema se muestra la posición de los mismos. Seguidamente se presentan los resultados de la investigación.



Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 1				Tramo: C 18							
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas : S 24 ° 42 ' 12,5 ''							
Fecha: 27/10/2011							W 64 ° 11 ' 50,8 ''							
							Punto : Río del Valle							
							Observaciones:							
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω _{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg		# Tamiz		γ _d t/m ³	c _u kg/cm ²	φ _u °
								0 20 40	0 20 40 60 80	100	200			
				%				%	%					
1,0	Arcilla Limo Arenosa, Castaño	CL	6	14,2	31,0	18,1	12,9	100,0	87,8					
2,0		CL	7	15,3	32,3	19,0	13,3	100,0	89,0	1,65	0,45	9,0		
3,0		CL	8	8,3	29,0	16,6	12,4	100,0	82,4					
4,0		CL	8	7,6	24,4	14,4	10,0	100,0	75,2					
5,0	Roca Cementada de 1'' Gris Verdoso		7											
6,0	Limo Arcilloso, Castaño Rojizo	MH	24	26,5	53,3	29,8	23,5	100,0	95,0					
7,0	Arcilla, Castaño Rojizo	CH	20	20,4	54,4	26,4	28,0	100,0	98,5	1,66	1,20	8,0		
8,0		CH	20	28,3	53,7	26,2	27,5	100,0	98,2					
9,0	Arcilla Limo Arenosa, Castaño Rojizo	CL	9	24,2	41,2	20,0	21,2	100,0	94,0	1,61	0,60	4,0		
10,0		CL	7	21,0	30,8	18,4	12,4	100,0	75,2					
11,0		CL	6	21,2	30,0	18,0	12,0	100,0	75,0					
12,0	Limo Arenoso, Castaño Rojizo	CL-ML	5	18,0	26,4	19,8	6,6	100,0	64,8	1,74	0,35	10,0		
13,0		CL-ML	6	21,0	26,3	20,3	6,0	100,0	66,0					
14,0	Arena Limosa, Castaño Rojizo	SM	5	13,7			NP	22,7	18,0					
15,0	Arcilla Limo Arenosa, Castaño Rojizo	CL	32	23,7	32,7	19,3	13,4	100,0	76,2	1,68	0,80	6,0		
16,0	Limo Arenoso, Castaño Rojizo	CL-ML	12	19,8	23,0	19,0	4,0	100,0	56,0					
17,0	Arcilla Limo Arenosa, Castaño Rojizo	CL	20	23,8	38,0	21,2	16,8	100,0	79,2	1,65	0,90	7,0		
18,0		CL	17	21,5	38,0	20,0	18,0	100,0	82,6					
19,0		CL	22	17,6	26,6	15,5	11,1	100,0	78,8					
20,0		CL	17	17,4	24,0	15,0	9,0	100,0	77,5					
21,0	Límite Perforación		19											
Nivel Freático: - 14,50 m														



Comitente: HALCROW - IATASA - CONSULAR			SONDEO S 2				Tramo: C 18						
Proyecto: FFCC Belgrano Cargas							Coordenadas: S 24 ° 42 ' 10,4 "						
Fecha: 27/10/2011							W 64 ° 11 ' 48,7 "						
							Punto: Río del Valle						
							Observaciones:						
Prof m	DESCRIPCION - COLOR	SUCS	N - SPT	ω _{nat}	LL	LP	IP	Límites de Atterberg	# Tamiz		γ _d	c _u	φ _u
									100	200			
					%				%	%	t/m ³	kg/cm ²	°
1,0	Grava, imposibilidad de obtener muestras												
2,0													
3,0	Arcilla Limo Arenosa, Castaño Rojizo	CL		18,0	26,6	14,4	12,2		100,0	83,6	1,59	0,65	4,0
4,0		CL	7	19,4	28,0	14,0	14,0		100,0	85,2			
5,0		CL	6	24,0	42,0	19,6	22,4		100,0	91,6	1,58	0,60	3,0
6,0	Arcilla, Castaño Rojizo	CL	4	16,0	35,6	19,0	16,6		100,0	88,4	1,74	0,85	10,0
7,0		CH	18	23,0	55,7	24,7	31,0		100,0	98,3			
8,0		CH	16	26,6	51,0	25,0	26,0		100,0	96,0	1,61	0,65	5,0
9,0	Arcilla Limo Arenosa, Castaño Rojizo	CH	5	28,5	52,3	25,6	26,7		100,0	96,4			
10,0		CL	5	13,8	24,0	12,8	11,2		100,0	73,2	1,83	0,50	7,0
11,0		CL	7	16,4	25,0	13,0	12,0		100,0	79,3			
12,0	Arena Limosa, Castaño Rojizo	SM	3	12,2			NP		60,5	43,2	1,79	0,50	9,0
13,0	Arcilla Limo Arenosa, Castaño Rojizo Claro	CL	5	10,0	26,2	15,1	11,1		100,0	78,2			
14,0	Arena Limosa, Castaño Rojizo Claro	SM	6	12,8			NP		66,2	39,8	1,87	0,80	19,0
15,0		SM	34	14,4			NP		24,4	19,5			
16,0	Limo Arenoso, Castaño Rojizo Claro	CL-ML	10	14,6	18,0	14,0	4,0		100,0	62,5	1,81	0,90	9,0
17,0	Arcilla Limosa, Castaño Rojizo Claro	CL	17	24,7	45,3	23,2	22,1		100,0	94,3			
18,0		CL	16	24,0	41,0	22,0	19,0		100,0	90,0			
19,0	Limo Arenoso, Castaño Rojizo Claro	CL-ML	18	18,2	21,4	16,4	5,0		100,0	72,2	1,79	0,80	10,0
20,0		CL-ML	16	17,8	20,8	16,0	4,8		100,0	71,4			
21,0	Límite Perforación		18										

Nivel Freático: - 14,60 m



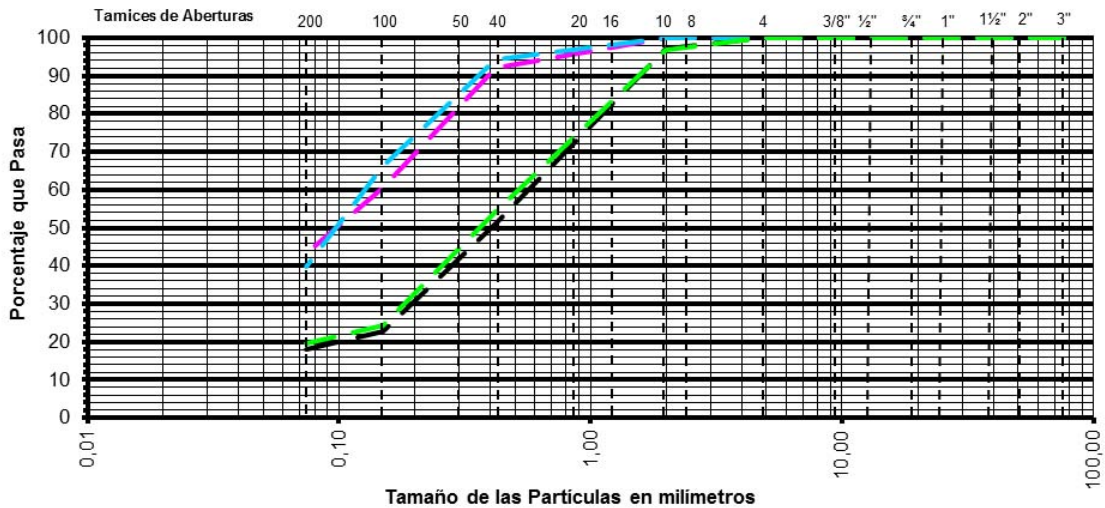
FFCC Gral Belgrano - GRANULOMETRÍAS - Puente Río del Valle

DATOS

SONDEO		S 1		S 2								
profundidad [m]	de	14,0		12,0	14,0	15,0						
	a	14,5		12,5	14,5	15,5						
Tamices		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10	
1"												
¾"												
½"												
3/8"												
# 4		100				100						
# 10		97		100	100	96,8						
# 40		51,2		92	94,4	54,4						
# 100		22,7		60,5	66,2	24,4						
# 200		18		43,2	39,8	19,5						

RESULTADOS

	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10
D85 (mm)	1,33		0,33	0,30	1,30					
D60 (mm)	0,57		0,15	0,13	0,52					
D50 (mm)	0,40		0,10	0,10	0,36					
D30 (mm)	0,19				0,18					
D15 (mm)										
D10 (mm)										
Cu = D60 / D10										
Cc = D30 ² / (D60 * D10)										



3.6.2. Análisis de la Información

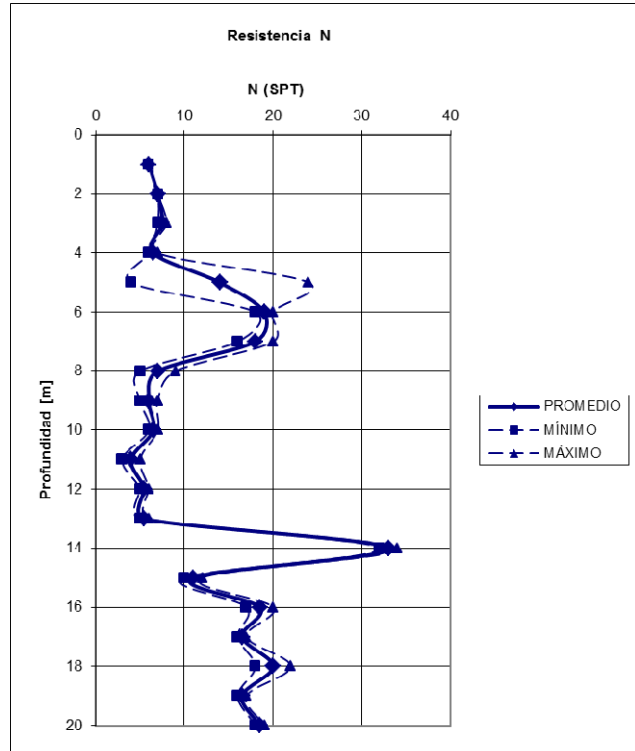
A continuación se presentan, a título ilustrativo, perfiles esquemáticos de los sondeos ejecutados en este puente en los que se ha volcado la clasificación según el Sistema Unificado (SUCS), el número de golpes N del Ensayo Normal de Penetración y los valores de cohesión no drenada en suelos finos y ángulo de fricción interna promedio que surgen de la aplicación de distintas teorías y los valores obtenidos en el laboratorio.

PUENTE RÍO DEL VALLE - PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE "N"

SONDEO		S 1		S 2	
Profundidad de [m]	a [m]	Estrati- grafía	N	Estrati- grafía	N
1	2	CL	7		
2	3	CL	8	CL	7
3	4	CL	7	CL	6
4	5		24	CL	4
5	6	MH	20	CL	18
6	7	CH	20	CH	16
7	8	CH	9	CH	5
8	9	CL	7	CH	5
9	10	CL	6	CL	7
10	11	CL	5	CL	3
11	12	CL-ML	6	SM	5
12	13	CL-ML	5	CL	6
13	14	SM	32	SM	34
14	15	CL	12	SM	10
15	16	CL-ML	20	CL-ML	17
16	17	CL	17	CL	16
17	18	CL	22	CL	18
18	19	CL	17	CL-ML	16
19	20	CL	19	CL-ML	18

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "N"

Profundidad		N		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	6	6	6
1	2	7	7	7
2	3	7,5	7	8
3	4	6,5	6	7
4	5	14	4	24
5	6	19	18	20
6	7	18	16	20
7	8	7	5	9
8	9	6	5	7
9	10	6,5	6	7
10	11	4	3	5
11	12	5,5	5	6
12	13	5,5	5	6
13	14	33,0	32	34
14	15	11	10	12
15	16	18,5	17	20
16	17	16,5	16	17
17	18	20	18	22
18	19	16,5	16	17
19	20	18,5	18	19

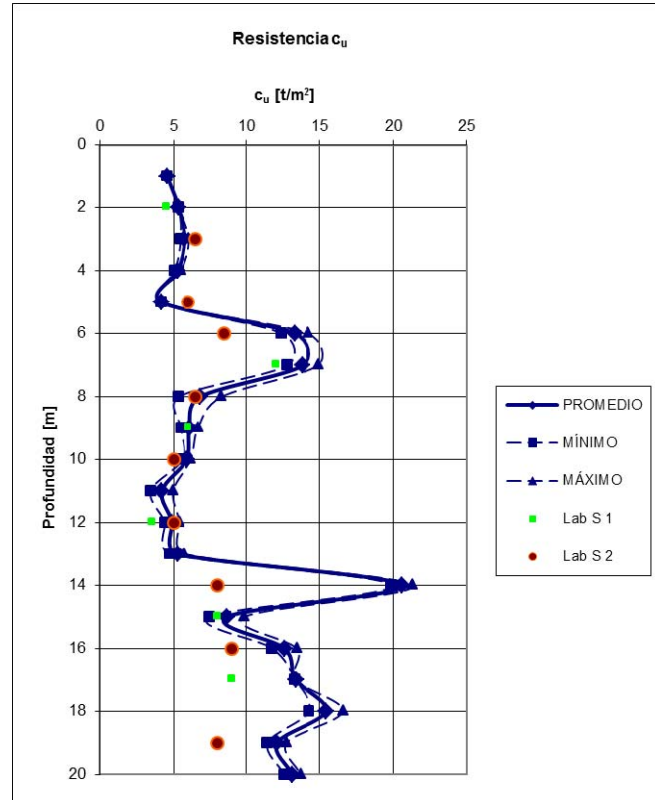


PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE "c_u" y "φ"

SONDEO		S 1			S 2		
de [m]	a [m]	Estratigrafía	c _u	φ	Estratigrafía	c _u	φ
			[t/m ²]			[°]	
0	1	CL	4,6				
1	2	CL	5,4				
2	3	CL	6,1		CL	5,5	
3	4	CL	5,5		CL	5,1	
4	5				CL	4,2	
5	6	MH	14,2		CL	12,4	
6	7	CH	14,9		CH	12,8	
7	8	CH	8,3		CH	5,4	
8	9	CL	6,7		CH	5,5	
9	10	CL	5,6		CL	6,2	
10	11	CL	5,0		CL	3,4	
11	12	CL-ML	5,4		SM	4,4	
12	13	CL-ML	4,8		CL	5,8	
13	14	SM	19,9	37,2	SM	21,3	
14	15	CL	9,9		SM	7,5	29,4
15	16	CL-ML	13,4		CL-ML	11,8	
16	17	CL	13,3		CL	13,3	
17	18	CL	16,6		CL	14,3	
18	19	CL	12,7		CL-ML	11,4	
19	20	CL	13,7		CL-ML	12,6	

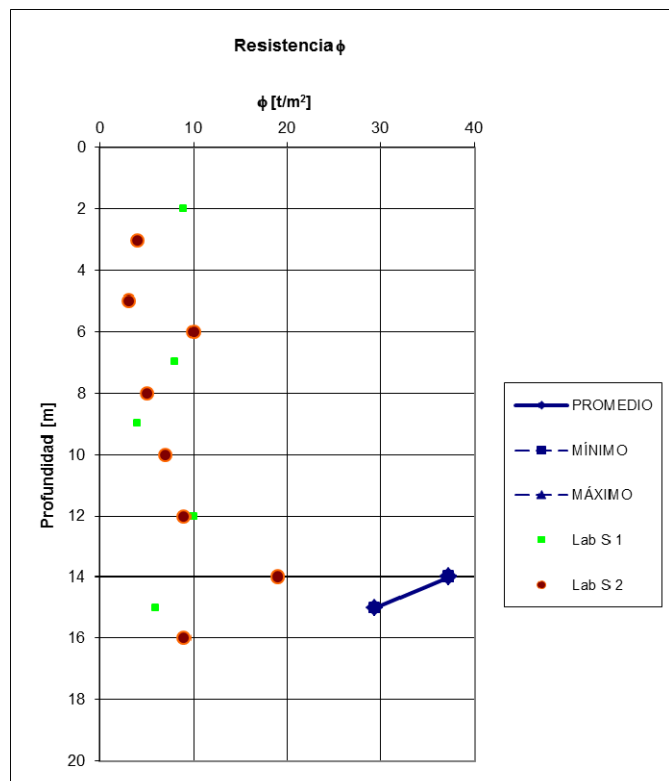
EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "c_u"

Profundidad		c _u [t/m ²]		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1	4,6	4,6	4,6
1	2	5,4	5,4	5,4
2	3	5,8	5,5	6,1
3	4	5,3	5,1	5,5
4	5	4,2	4,2	4,2
5	6	13,3	12,4	14,2
6	7	13,8	12,8	14,9
7	8	6,8	5,4	8,3
8	9	6,1	5,5	6,7
9	10	5,9	5,6	6,2
10	11	4,2	3,4	5,0
11	12	4,9	4,4	5,4
12	13	5,3	4,8	5,8
13	14	20,6	19,9	21,3
14	15	8,7	7,5	9,9
15	16	12,6	11,8	13,4
16	17	13,3	13,3	13,3
17	18	15,4	14,3	16,6
18	19	12,1	11,4	12,7
19	20	13,1	12,6	13,7



EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "φ"

Profundidad		φ		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1			
1	2			
2	3			
3	4			
4	5			
5	6			
6	7			
7	8			
8	9			
9	10			
10	11			
11	12			
12	13			
13	14	37,2	37,2	37,2
14	15	29,4	29,4	29,4
15	16			
16	17			
17	18			
18	19			
19	20			



También en este caso se aclarara que los valores del ángulo de fricción interna ϕ medidos en el laboratorio corresponden a ensayos de tipo no consolidados no drenados (rápidos), condición para la cual los valores resultan significativamente más bajos que los correspondientes a la condición drenada a la que corresponden los valores de cálculo representados en el gráfico.

En este caso, al haberse registrado el nivel de agua libre a unos 14 m de profundidad y suponer que las muestras extraídas debajo de ese nivel se encuentran saturadas, se han calculado los valores de la relación de vacíos suponiendo, como se dijo en el punto 2 de este informe, el valor del peso específico de los sólidos (G_s). En aquellos niveles en los que se ha determinado en el laboratorio el valor de peso unitario y la humedad natural, el valor de G_s resulta determinado por cálculo.

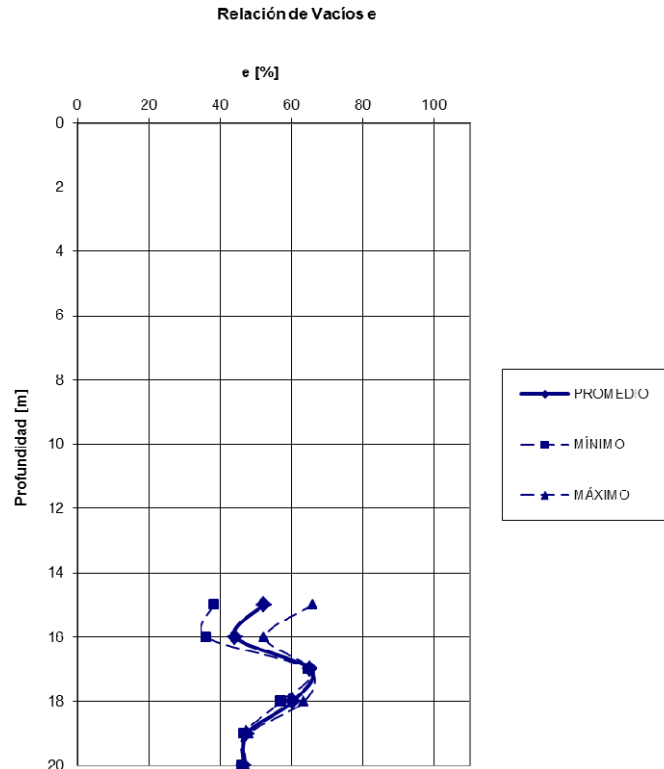
A continuación se muestra el resultado del análisis de la relación de vacíos.

PERFIL ESQUEMÁTICO - EVALUACIÓN DE "e"

SONDEO		S 1		S 2	
Profundidad de [m]	a [m]	Estrati- grafía	e	Estrati- grafía	e
			[%]		[%]
0	1	CL			
1	2	CL			
2	3	CL		CL	
3	4	CL		CL	
4	5			CL	
5	6	MH		CL	
6	7	CH		CH	
7	8	CH		CH	
8	9	CL		CH	
9	10	CL		CL	
10	11	CL		CL	
11	12	CL-ML		SM	
12	13	CL-ML		CL	
13	14	SM		SM	
14	15	CL	66,1	SM	38,2
15	16	CL-ML	52,5	CL-ML	35,9
16	17	CL	64,7	CL	65,5
17	18	CL	57,0	CL	63,6
18	19	CL	46,6	CL-ML	48,2
19	20	CL	46,1	CL-ML	47,2

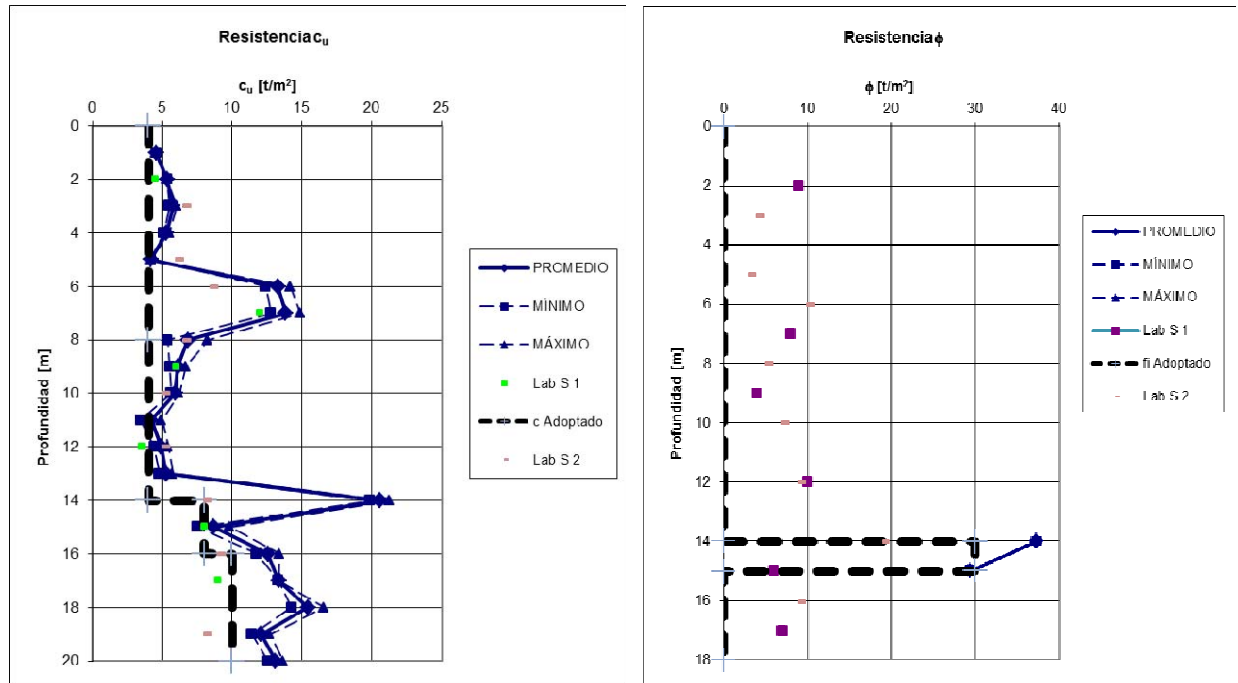
EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE "e"

Profundidad		e [%]		
de [m]	a [m]	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
0	1			
1	2			
2	3			
3	4			
4	5			
5	6			
6	7			
7	8			
8	9			
9	10			
10	11			
11	12			
12	13			
13	14			
14	15	52,1	38,2	66,1
15	16	44,2	35,9	52,5
16	17	65,1	64,7	65,5
17	18	60,3	57,0	63,6
18	19	47,4	46,6	48,2
19	20	46,6	46,1	47,2



3.6.3. Conclusiones

A continuación se presentan gráficos con los valores de parámetros resistentes adoptados, sobre la base del análisis presentado en el punto anterior, para la definición del tipo estructural de las fundaciones y la estimación de las tensiones admisibles.



Sobre la base de la información obtenida se puede decir que también en este caso para la eventual cimentación en forma superficial las tensiones admisibles que pueden recomendarse son relativamente bajas, resultando a 2 m de profundidad $\sigma_{adm} = 0,70 [Kg/cm^2]$.

Como en todos los casos del presente informe estas estimaciones no tiene en cuenta ninguna consideración respecto a la eventual socavación del lecho del río en las proximidades de las estructuras de fundación.

Para la ejecución de pilotes excavados o cilindros de fundación pueden adoptarse los valores admisibles que se muestran en la Tabla siguiente. En la misma se indica, a título de ejemplo, la carga que pueden tomar pilotes excavados hasta distintas profundidades para un diámetro $D = 0,8$ m.

FUNDACIÓN SOBRE PILOTES								
CAPACIDAD DE CARGA VERTICAL (Valores admisibles)								
Profundidad [m]		Espesor [m]	Valores Admisibles		P _{fuste manto}	P _{fuste}	P _{punta}	P _{total}
			τ_{prom} fuste	q _{punta}				
de	a	[m]	[t/m ²]		[t]			
0	10	10	1,3		33,5	33,5	0,0	33,5
10	14	4	1,3		13,4	46,9	0,0	46,9
14	16	2	2,7	23	13,4	60,3	11,7	72,1
16	18	2	3,3	29	16,8	77,1	14,5	91,6
18	20	2	2,3	29	11,7	88,8	14,7	103,5

$$D = 0,8 \text{ [m]}$$

Tampoco en este caso se han hecho consideraciones sobre eventuales niveles de socavación alrededor de las pilas de fundación.

A los efectos de verificar comportamientos elásticos pueden considerarse los siguientes parámetros.

MÓDULOS DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE
Estimación según Vesic (1961)

Punta a Profundidad L [m]	Determinación K _h				Determinación K _v				K _h				K _v			
	c _u promedio		Es		c _u		Es		Según Vesic		Según Terzaghi y Broms		Promedio		Según Vogt	
	[t/m ²]	[KPa]	[Kg/cm ²]	[Kg/cm ²]	[t/m ²]	[KPa]	[Kg/cm ²]	[Kg/cm ²]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]	[KN/m ³]	[Kg/cm ³]
14	4,0	39,2	19600	200					9700	1,0	18300	1,9	14000	1,4		
16	5,0	49,0	24500	250	8,0	78,5	39200	400	12400	1,3	22900	2,3	17600	1,8	76900	7,8
18	6,0	58,8	29400	300	10,0	98,1	49000	500	15100	1,5	27500	2,8	21300	2,2	96100	9,8
20	8,0	78,5	39200	400	10,0	98,1	49000	500	20600	2,1	36700	3,7	28600	2,9	96100	9,8

$$D = 0,8 \text{ [m]}$$

$$\mu_b = 0,0201 \text{ [m}^4\text{]}$$

$$\pi D^4 / 64$$

$$E_p = 3,0E+07 \text{ [Kpa]}$$

$$\mu_s = 0,3$$

Roberto Mario Flores
Ingeniero Civil

Adjuntos:

- o Anexo I "Análisis de Parámetros (c_u, ϕ , e, n) a partir de determinaciones de campo y laboratorio".



**PROYECTO DE RECUPERACIÓN Y
MEJORAMIENTO DEL FERROCARRIL GENERAL
BELGRANO**

ESTUDIO GEOTÉCNICO

INFORME TÉCNICO N° 2

TRAMO C 18

(Embarcación – Joaquín V. González)

FUNDACIÓN DE PUENTES

ANEXO I

**Análisis de Parámetros (c_u , ϕ , e , n) a partir de
determinaciones de campo y laboratorio**

Febrero de 2012



ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.

FFCC Belgrano Cargas

Puente : Embarcación

SONDEO S 2

NF = (m)

$\gamma_h = 1,65$ (t/m³) (Valor promedio)

Profundidad de (m)	LL a (m)	IP (%)	# 200 (%)	SUCS	ω_{nat} (%)	N_F	σ_v estim (t/m ²)	OCR	C_N	N_{cor} (Skempton)	ϕ (°)			c_u (t/m ²)			c_u (t/m ²) Preconsolidada		c_u (t/m ²) PROMEDIO	c_u (t/m ²) MINIMO	ϕ (°) PROMEDIO	ϕ (°) MINIMO	c_u (t/m ²) ϕ (°)			γ_d (t/m ³)	
											(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					ENSAYOS				
1,00	2,00	27	12	72,80	CL	18,80	4	3,3	5,33	1,54	6,1				8,03	1,80	2,24	1,94	2,72	3,3	1,8			4,0	3,0	1,66	
2,00	3,00	NP	0	31,20	SM	12,20	16	4,95	10,48	1,38	22,0				21,79	7,18	7,80	3,57	5,71	9,2	3,6						
3,00	4,00	NP	0	28,80	SM	11,50	20	6,6	10,02	1,25	24,9				25,59	8,98	10,24	4,59	7,28	11,3	4,6						
4,00	5,00	NP	0	8,20	SP-SM	14,40	22	8,25	9,18	1,14	25,1	42,5	42,4	34,3									39,7	34,3			
5,00	6,00	NP	0	7,20	SP-SM	12,80	30	9,9	10,02	1,05	31,5	44,5	45,1	36,0									41,9	36,0	8,0	20,0	1,80
6,00	7,00	NP	0	6,80	SP	6,60	36	11,55	10,22	0,97	35,0	45,3	46,4	36,9									42,9	36,9			

(1) $\tan^{-1}(N_F / (12.2 + 20.3(\sigma_v / p_a)))^{0.34}$
Kulhawy y Mayne 1990
 $N_F = N^o$ golpes en campo
 $\sigma_v =$ Presión vertical efectiva
 $p_a =$ Presión atmosférica

(2) $(20 \cdot N_{cor})^{0.5} + 20$
Hatanaka y Uchida 1996
 $N_{cor} = N_F \cdot 2 / (1 + \sigma_v)$
Skempton (1986)

(3) $27,1 + 0,3 N_{cor} - 0,00054$
Peck, Hanson y Thornburn (1974)

(1) $2.96 \cdot N^{0.72}$ Hara (1971)
(2) $k \cdot N$ $k = 0.449$ (promedio) Stroud (1974)
(3) Ver Tabla
(4) c_u normalmente consolidada (OCR)^{0.8} Ladd (1977)
(5) $(0.11 + 0.0037 IP) \cdot p_c$ Chandler (1988)

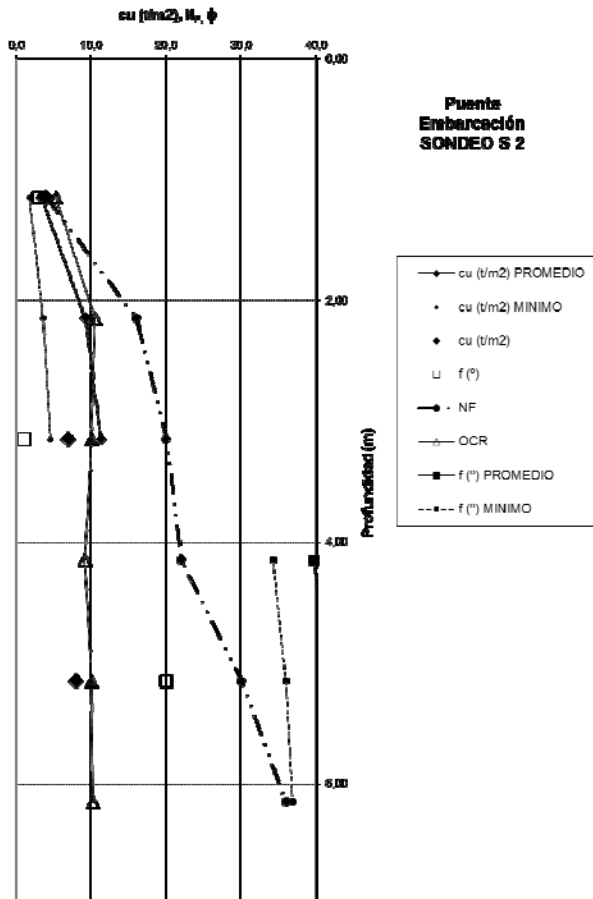
(3) Valores s/Terzaghi

N	Consistencia	q_u (kN/m ²)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
> 30	Dura	> 400

RELACIONES VOLUMÉTRICAS

Profundidad Media [m]	e [%]			n [%]			G_s (t/m ³)
	Min	Calc	Máx	Min	Calc	Máx	
1,15	>	45,12		54,52	>	31,09	35,28
2,15	>	29,28		35,38	>	22,65	26,13
3,15	>	27,60		33,35	>	21,63	25,01
4,15	>	34,56		41,76	>	25,68	29,46
5,15	>	30,72		37,12	>	23,50	27,07
6,15	>	15,84		19,14	>	13,67	16,07

$G_{s \text{ min}} = 2,40$ (t/m³) $G_{s \text{ máx}} = 2,90$ (t/m³)





ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.

FFCC Belgrano Cargas

Puente : Río Bermejo

SONDEO S 3

NF = (m)

$\gamma_h = 1,65$ (t/m³) (Valor promedio)

Profundidad de (m)	LL a (m)	IP (%)	# 200 (%)	SUCS	ω_{nat} (%)	N_F	σ_v estim (t/m ²)	OCR	C_N	N_{cor} (Skempton)	ϕ (°)			c_u (t/m ²)			c_u (t/m ²) Preconsolidada		C_u (t/m ²) PROMEDIO	C_u (t/m ²) MINIMO	ϕ (°) PROMEDIO	ϕ (°) MINIMO	C_u (t/m ²) ENSAYOS	ϕ (°)	γ_d (t/m ³)		
											(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)									
1,00	2,00	42	22,4	98,00	CL	15,50	21	3,3	16,71	1,54	32,2																
2,00	3,00	NP	0	9,70	SP-SM	1,80	10	4,95	7,58	1,38	13,8	37,4	36,6	31,1													
3,00	4,00	NP	0	6,00	SP-SM	3,00	18	6,6	9,32	1,25	22,4	41,7	41,2	33,6													
4,00	5,00	NP	0	18,00	SM	5,00	21	8,25	8,89	1,14	23,9	42,1	41,9	34,0	26,50	9,43	10,95	5,21	8,07	12,0	5,2	39,3	34,0				
5,00	6,00	NP	0	16,40	SM	11,40	40	9,9	12,22	1,05	41,9	47,3	49,0	38,7	42,15	17,96	40,02	8,07	13,31	24,3	8,1	45,0	38,7				

(1) $\tan^{-1}(N_F / (12,2 + 20,3(\sigma_v/p_a)^{0,34}))$
Kulhawy y Mayne 1990
 N_F = N° golpes en campo
 σ_v = Presión vertical efectiva
 p_a = Presión atmosférica

(2) $(20 \cdot N_{cor})^{0,5} + 20$
Hatanaka y Uchida 1996
 $N_{cor} = N_F \cdot 2 / (1 + \sigma_v)$
Skempton (1986)

(3) $27,1 + 0,3 N_{cor} - 0,00054$
Peck, Hanson y Thornburn (1974)

(1) $2,96 \cdot N^{0,72}$ Hara (1971)
(2) $k \cdot N$ $k = 0,449$ (promedio) Stroud (1974)
(3) Ver Tabla
(4) c_u normalmente consolidada (OCR)^{0,8} Ladd (1977)
(5) $(0,11 + 0,0037 IP) \cdot p_c$ Chandler (1988)

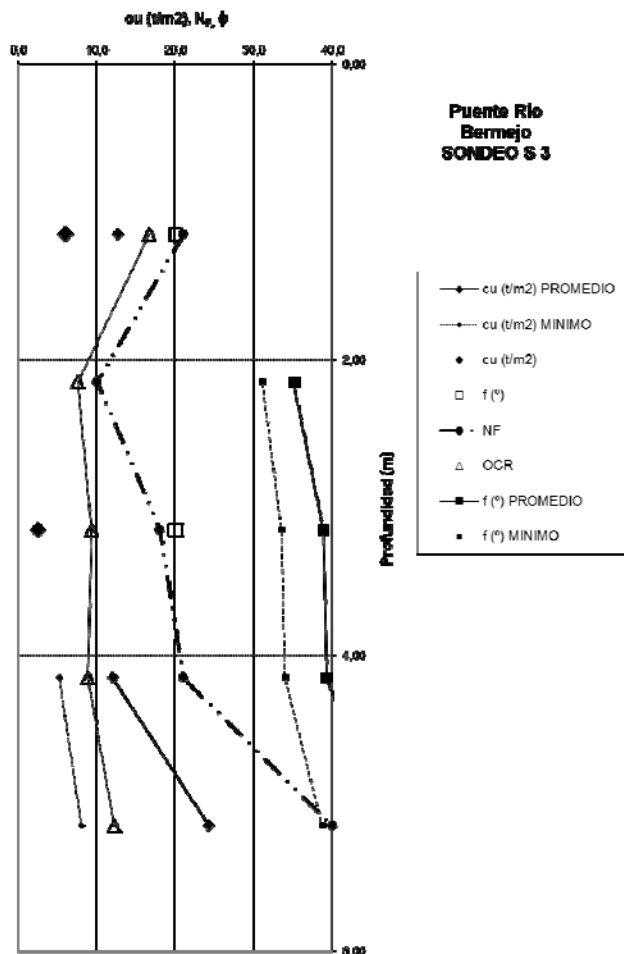
(3) Valores s/Terzaghi

N	Consistencia	q_u (kN/m ²)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
> 30	Dura	> 400

RELACIONES VOLUMÉTRICAS

Profundidad Media [m]	e [%]			n [%]			G_s (t/m ³)
	Min	Calc	Máx	Min	Calc	Máx	
1,15	> 37,20		44,95	> 27,11		31,01	
2,15	> 4,32		5,22	> 4,14		4,96	
3,15	> 7,20		8,70	> 6,72		8,00	
4,15	> 12,00		14,50	> 10,71		12,66	
5,15	> 27,36		33,06	> 21,48		24,85	

$G_{s \text{ min}} = 2,40$ (t/m³) $G_{s \text{ máx}} = 2,90$ (t/m³)





PUENTE LOS LEONES

ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.

FFCC Belgrano Cargas Puente : **Los Leones**

SONDEO S 1 NF = (m) $\gamma_h = 1,65 \text{ (t/m}^3\text{)}$ (Valor promedio)

Profundidad de (m)	LL a (m)	IP (%)	# 200 (%)	SUCS	σ_{nat} (%)	N_F	σ_v estim (t/m ²)	OCR	C_N	N_{cor} (Skempton)	ϕ (°)			c_u (t/m ²)			c_u (t/m ²) PRECONSOLIDADA	c_u (t/m ²) PROMEDIO	c_u (t/m ²) MINIMO	ϕ (°) PROMEDIO	ϕ (°) MINIMO	c_u (t/m ²) ENSAYOS			γ_d (t/m ³)	
											(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)						(4)	(5)	(1)		(2)
1,00	2,00	19	6,2	64,00	CL-ML	4,50	10	3,3	10,02	1,54	15,4				15,53	4,49	4,97	2,77	4,40	6,4	2,8			4,0	12,0	1,71
2,00	3,00	19	5	57,00	CL-ML	12,80	9	4,95	7,05	1,38	12,4				14,40	4,04	4,53	3,03	4,48	6,1	3,0					
3,00	4,00	19,7	5,5	60,80	CL-ML	10,40	5	6,6	3,86	1,25	6,2				9,43	2,25	2,73	2,53	3,32	4,1	2,2			3,0	8,0	1,77
4,00	5,00	18,6	5,3	58,80	CL-ML	4,50	15	8,25	7,05	1,14	17,1				20,80	6,74	7,28	5,10	7,54	9,5	5,1					
5,00	6,00	18	5	54,00	CL-ML	5,80	18	9,9	7,05	1,05	18,9				23,72	8,08	8,94	6,07	8,97	11,2	6,1			6,0	22,0	1,83
6,00	7,00	18,1	5,4	56,00	CL-ML	4,20	34	11,55	9,83	0,97	33,0				37,49	15,27	26,85	9,34	14,75	20,7	9,3					
7,00	8,00	NP	0	36,50	SM	5,80	17	13,2	5,56	0,90	15,4				22,76	7,63	8,35	5,73	8,07	10,5	5,7			11,0	8,0	1,75
8,00	9,00	NP	0	28,80	SM	6,00	24	14,85	6,50	0,85	20,3				29,18	10,78	13,45	7,30	10,62	14,3	7,3					
9,00	10,00	33	17	92,80	CL	11,00	19	16,5	5,15	0,80	15,1				24,66	8,53	9,56	10,58	14,68	13,6	8,5			10,0	17,0	1,76
10,00	11,00	35	18,5	95,30	CL	12,00	30	18,15	6,60	0,75	22,5				34,26	13,47	20,39	14,66	21,38	20,8	13,5					

(1) $\tan^{-1}(N_F / (12.2 + 20.3(\sigma'_v / p_a)))^{0.34}$
 Kulhawy y Mayne 1990
 $N_F = N^o$ golpes en campo
 $\sigma'_v =$ Presión vertical efectiva
 $p_a =$ Presión atmosférica

(2) $(20 \cdot N_{cor})^{0.5} + 20$
 Hatanaka y Uchida 1996
 $N_{cor} = N_F \cdot 2 / (1 + \sigma'_v)$
 Skempton (1986)

(3) $27,1 + 0,3 N_{cor} - 0,00054$
 Peck, Hanson y Thornburn (1974)

(1) $2.96 \cdot N^{0.72}$ Hara (1971)
 (2) $k \cdot N$ $k = 0.449$ (promedio) Stroud (1974)
 (3) Ver Tabla
 (4) c_u normalmente consolidada (OCR)^{0.8} Ladd (1977)
 (5) $(0.11 + 0.0037 IP) \cdot p_c$ Chandler (1988)

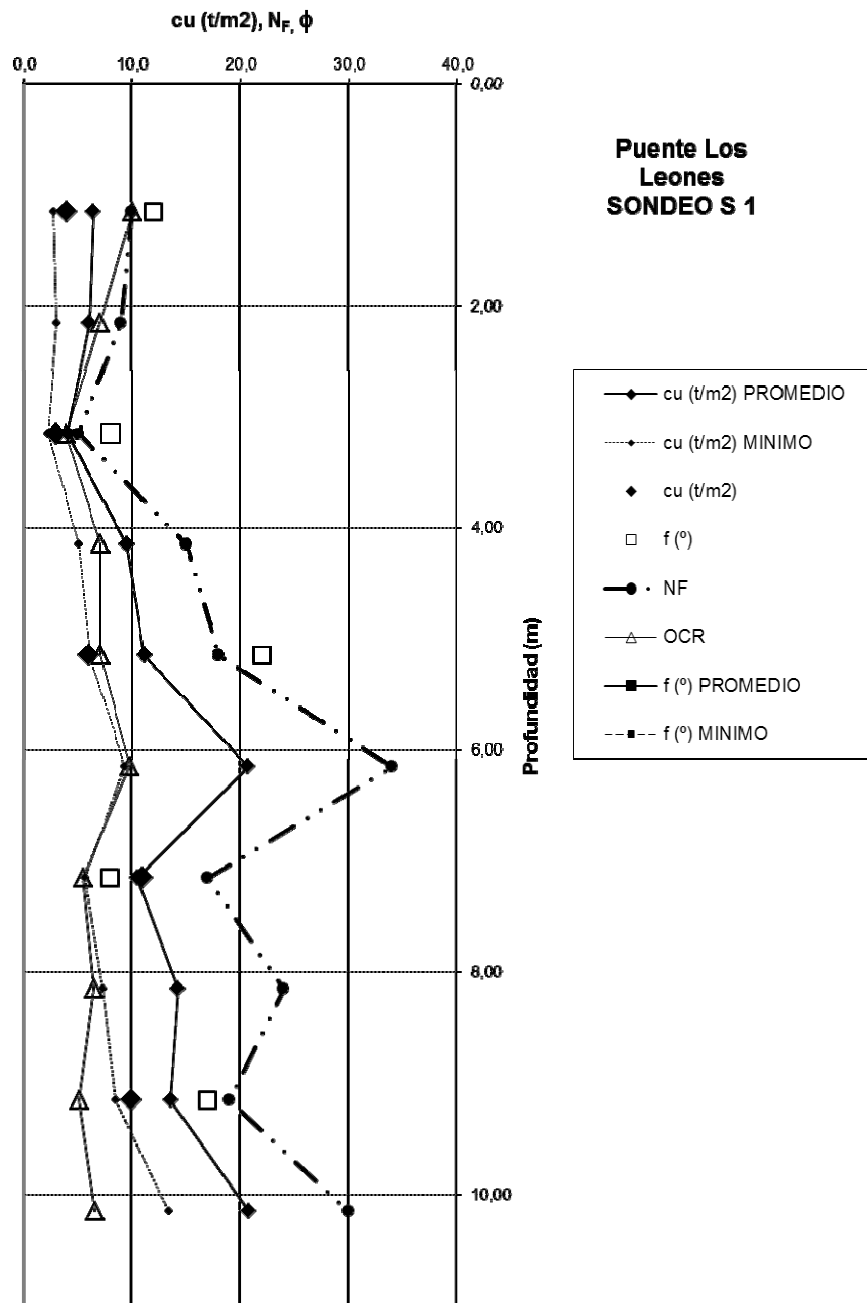
(3) Valores s/Terzaghi

N	Consistencia	q_u (kN/m ²)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
> 30	Dura	> 400

RELACIONES VOLUMÉTRICAS

Profundidad Media [m]	e [%]			n [%]			G_s (t/m ³)
	Min	Calc	Máx	Min	Calc	Máx	
1,15	>	10,80		13,05	>	9,75	11,54
2,15	>	30,72		37,12	>	23,50	27,07
3,15	>	24,96		30,16	>	19,97	23,17
4,15	>	10,80		13,05	>	9,75	11,54
5,15	>	13,92		16,82	>	12,22	14,40
6,15	>	10,08		12,18	>	9,16	10,86
7,15	>	13,92		16,82	>	12,22	14,40
8,15	>	14,40		17,40	>	12,59	14,82
9,15	>	26,40		31,90	>	20,89	24,18
10,15	>	28,80		34,80	>	22,36	25,82

$G_{s \text{ min}} = 2,40 \text{ (t/m}^3\text{)}$ $G_{s \text{ máx}} = 2,90 \text{ (t/m}^3\text{)}$





ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.

SONDEO S 2 FFCC Belgrano Cargas

NF = (m) Punte : Los Leones

$\gamma_h = 1,65$ (t/m³) (Valor promedio)

Profundidad de (m)	LL (%)	IP (%)	# 200 (%)	SUCS	e_{nat} (%)	N_F	σ'_v estim (t/m ²)	OCR	C_N	N_{cor} (Skempton)	ϕ (°)			c_u (t/m ²)			c_u (t/m ²) Preconsolidada		c_u (t/m ²) PROMEDIO	c_u (t/m ²) MINIMO	ϕ (°) PROMEDIO	ϕ (°) MINIMO	c_u (t/m ²) ENSAYOS			γ_d (t/m ³)		
											(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					(1)	(2)	(3)			
1,00	2,00	20	6,5	66,20	CL-ML	8,80	9	3,3	9,32	1,54	13,8				14,40	4,04	4,53	2,64	4,12	5,9	2,6							
2,00	3,00	19,3	6	61,00	CL-ML	10,60	13	4,95	9,08	1,38	17,9				18,76	5,84	6,31	3,82	5,94	8,1	3,8				5,5	10,0	1,68	
3,00	4,00	22	6,3	62,20	CL-ML	11,40	3	6,6	2,71	1,25	3,7				6,53	1,35	1,73	1,95	2,39	2,8	1,3							
4,00	5,00	19,6	5,2	59,40	CL-ML	10,20	17	8,25	7,68	1,14	19,4				22,76	7,63	8,35	5,45	8,19	10,5	5,4				6,0	12,0	1,63	
5,00	6,00	18,4	6,4	76,40	CL-ML	4,80	26	9,9	9,08	1,05	27,3				30,91	11,67	15,45	7,73	12,02	15,6	7,7							
6,00	7,00	18,6	4,8	58,80	CL-ML	7,80	35	11,55	10,02	0,97	34,0				38,28	15,72	28,73	9,33	14,79	21,4	9,3				10,5	20,0	1,80	
7,00	8,00	NP	0	43,80	SM	10,00	15	13,2	5,10	0,90	13,6				20,80	6,74	7,28	5,35	7,40	9,5	5,3				7,5	10,0	1,77	
8,00	9,00	NP	0	32,40	SM	3,60	25	14,85	6,69	0,85	21,2				30,05	11,23	14,41	7,47	10,92	14,8	7,5							
9,00	10,00	30	15	82,80	CL	7,50	30	16,5	7,05	0,80	23,9				34,26	13,47	20,39	13,03	19,25	20,1	13,0							
10,00	11,00	25,2	11,1	84,50	CL	2,70	32	18,15	6,90	0,75	24,0				35,89	14,37	23,41	12,86	18,92	21,1	12,9							

(1) $\tan^{-1}(N_F / (12.2 + 20.3(\sigma'_v/p_a)^{0.34}))$
Kulhawy y Mayne 1990
 $N_F = N^o$ golpes en campo
 $\sigma'_v =$ Presión vertical efectiva
 $p_a =$ Presión atmosférica

(2) $(20 \cdot N_{cor})^{0.5} + 20$
Hatanaka y Uchida 1996
 $N_{cor} = N_F \cdot 2 / (1 + \sigma'_v)$
Skempton (1986)

(3) $27,1 + 0,3 N_{cor} - 0,00054$
Peck, Hanson y Thornburn (1974)

(1) $2.96 \cdot N^{0.72}$ Hara (1971)
(2) $k \cdot N$ $k = 0.449$ (promedio) Stroud (1974)
(3) Ver Tabla
(4) C_u normalmente consolidada (OCR)^{0.8} Ladd (1977)
(5) $(0.11 + 0.0037 IP) \cdot p_c$ Chandler (1988)

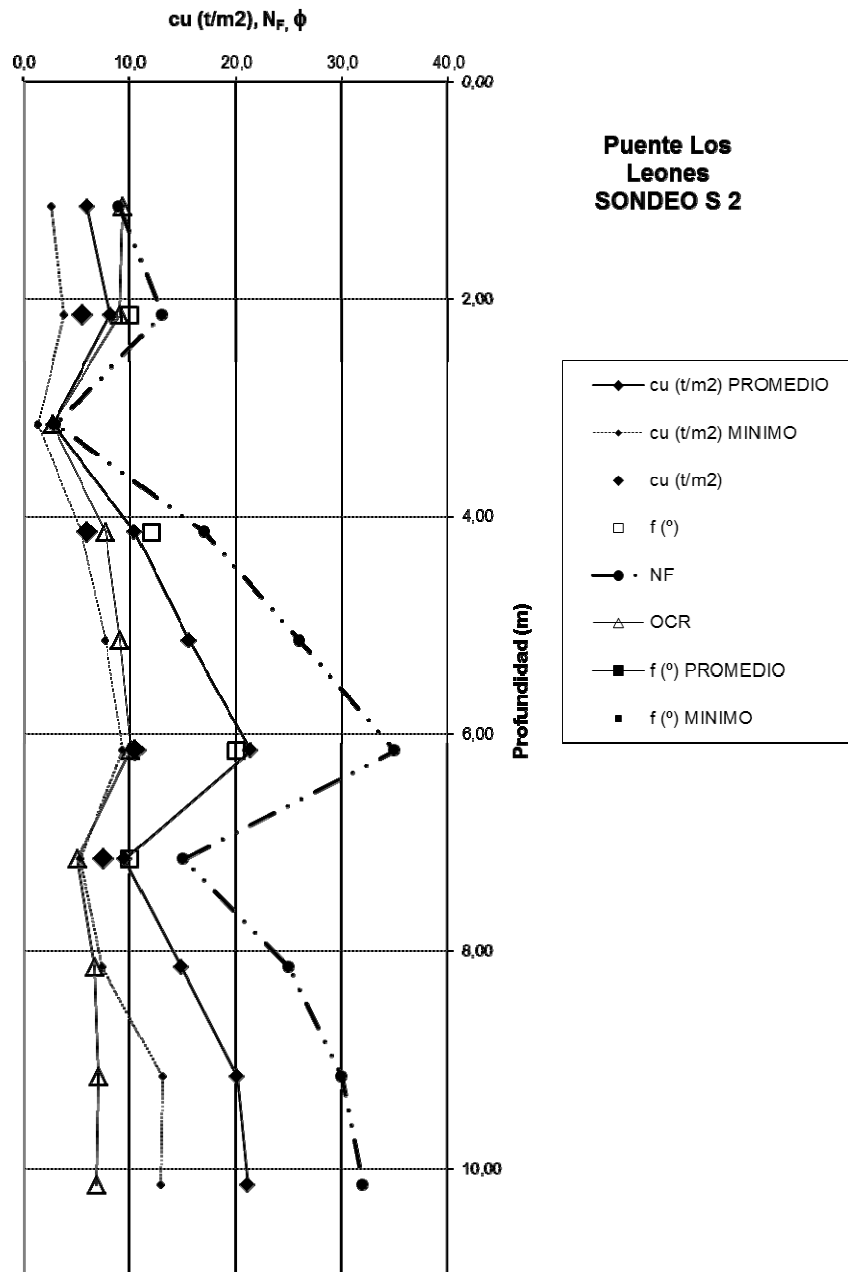
(3) Valores s/Terzaghi

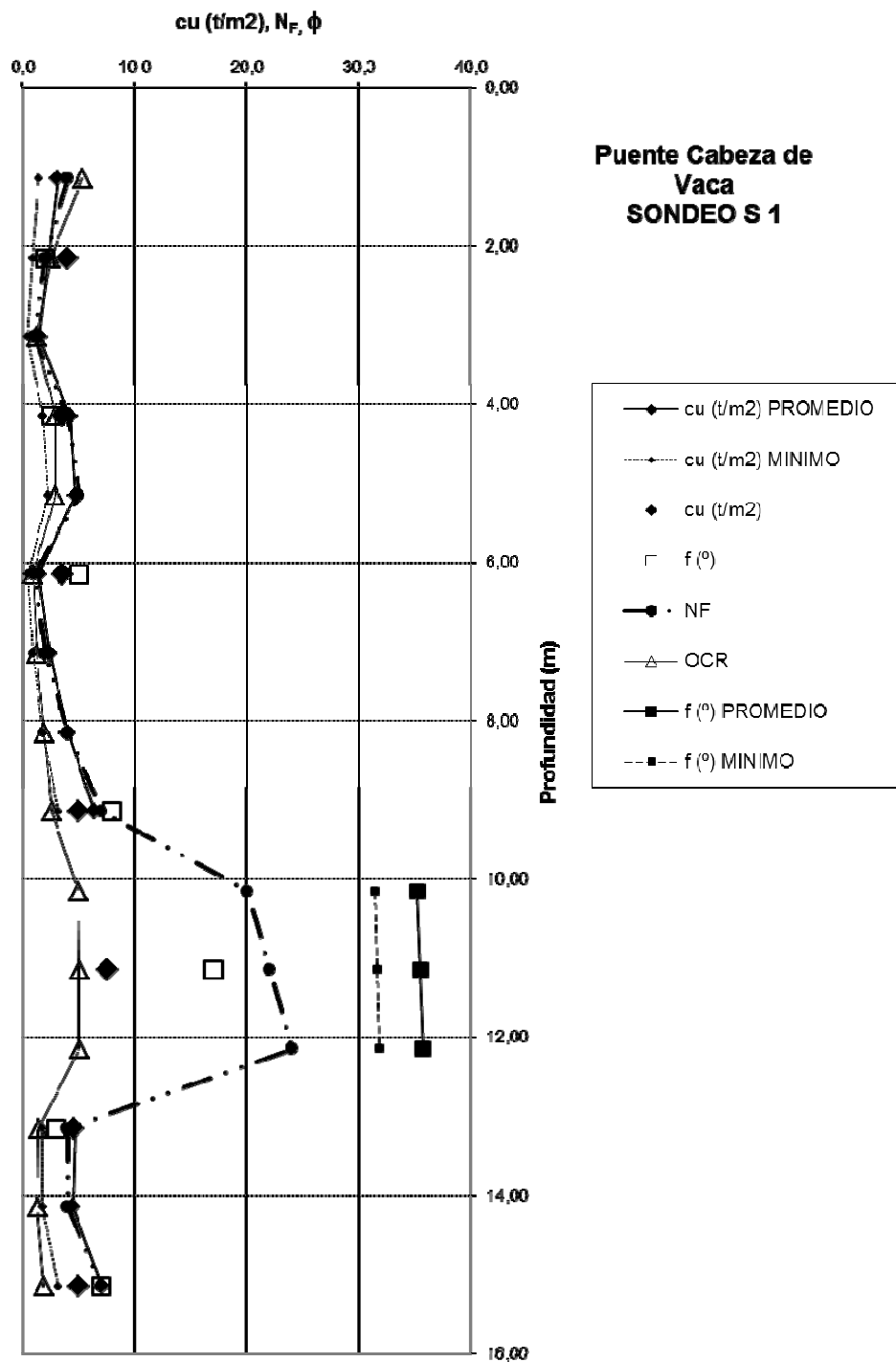
N	Consistencia	q_u (kN/m ²)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
> 30	Dura	> 400

RELACIONES VOLUMÉTRICAS

Profundidad Media [m]	e [%]			n [%]			G_s (t/m ³)
	Min	Calc	Máx	Min	Calc	Máx	
1,15	>	21,12		25,52	>	17,44	20,33
2,15	>	25,44		30,74	>	20,28	23,51
3,15	>	27,36		33,06	>	21,48	24,85
4,15	>	24,48		29,58	>	19,67	22,83
5,15	>	11,52		13,92	>	10,33	12,22
6,15	>	18,72		22,62	>	15,77	18,45
7,15	>	24,00		29,00	>	19,35	22,48
8,15	>	8,64		10,44	>	7,95	9,45
9,15	>	18,00		21,75	>	15,25	17,86
10,15	>	6,48		7,83	>	6,09	7,26

$G_{s \text{ min}} = 2,40$ (t/m³) $G_{s \text{ máx}} = 2,90$ (t/m³)







ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.

FFCC Belgrano Cargas

Puente : Cabeza de Vaca

SONDEO S 2

NF = (m)

$\gamma_h = 1,65$ (t/m³) (Valor promedio)

Profundidad de (m)	LL	IP	# 200	SUCS	O _{nat} (%)	N _F	σ'_{v} estim (t/m ²)	OCR	C _N	N _{cor} (Skempton)	ϕ (°)			c _u (t/m ²)					c _u (t/m ²) PROMEDIO	c _u (t/m ²) MINIMO	ϕ (°) PROMEDIO	ϕ (°) MINIMO	ENSAYOS							
											(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					c _u (t/m ²)	ϕ (°)	γ_d (t/m ³)					
1,00	2,00	NP	0	33,80	SM	8,60	4	3,3	5,33	1,54	6,1				8,03	1,80	2,24	1,38	1,94	3,1	1,4									
2,00	3,00	33	17	95,30	CL	24,00	1	4,95	1,55	1,38	1,4				2,96	0,45	0,61	1,22	1,33	1,3	0,4					3,0	2,0	1,58		
3,00	4,00	35,3	18,7	96,20	CL	26,20	2	6,6	2,05	1,25	2,5				4,88	0,90	1,19	2,10	2,43	2,3	0,9									
4,00	5,00	32,1	16,6	94,40	CL	20,50	3	8,25	2,33	1,14	3,4				6,53	1,35	1,73	2,78	3,29	3,1	1,3					4,0	2,0	1,70		
5,00	6,00	35	19,3	95,00	CL	20,30	5	9,9	2,92	1,05	5,2				9,43	2,25	2,73	4,23	5,24	4,8	2,2									
6,00	7,00	38,3	22	95,70	CL	19,40	7	11,55	3,31	0,97	6,8				12,02	3,14	3,65	5,76	7,31	6,4	3,1					5,0	3,5	1,74		
7,00	8,00	NP	0	29,20	SM	16,70	15	13,2	5,10	0,90	13,6				20,80	6,74	7,28	5,35	7,40	9,5	5,3									
8,00	9,00	NP	0	23,40	SM	15,50	18	14,85	5,33	0,85	15,2				23,72	8,08	8,94	6,23	8,71	11,1	6,2					6,0	17,0	1,71		
9,00	10,00	NP	0	22,20	SM	12,10	21	16,5	5,51	0,80	16,7				26,50	9,43	10,95	7,11	10,01	12,8	7,1									
10,00	11,00	NP	0	14,70	SM	1,50	4	18,15	1,65	0,75	3,0	23,3	27,7	28,0	8,03	1,80	2,24	2,98	3,29	3,7	1,8	26,3	23,3							
11,00	12,00	36	13,2	92,00	CL	32,10	7	19,8	2,28	0,71	5,0				12,02	3,14	3,65	6,08	7,17	6,4	3,1					6,0	3,0	1,42		
12,00	13,00	38,2	15	93,70	CL	30,60	10	21,45	2,76	0,67	6,7				15,53	4,49	4,97	8,00	9,80	8,6	4,5									
13,00	14,00	40,4	16	95,10	CL	30,00	16	23,1	3,63	0,64	10,3				21,79	7,18	7,80	10,95	14,17	12,4	7,2					9,0	4,0	1,43		
14,00	15,00	58,8	32,2	99,40	CH	32,00	18	24,75	3,75	0,61	11,0				23,72	8,08	8,94	16,33	21,27	15,7	8,1					11,5	4,0	1,46		
15,00	16,00	56	30	99,00	CH	28,20	21	26,4	3,99	0,58	12,3				26,50	9,43	10,95	17,65	23,27	17,6	9,4									

ϕ (°)

(1) $\tan^{-1}(N_F / (12.2 + 20.3(\sigma'_v/p_a)^{0.34}))$
 Kulhawy y Mayne 1990
 N_F = N° golpes en campo
 σ'_v = Presión vertical efectiva
 p_a = Presión atmosférica

(2) $(20 \cdot N_{cor})^{0.5} + 20$
 Hatanaka y Uchida 1996
 N_{cor} = N_F / 2 / (1 + σ'_v)
 Skempton (1986)

(3) $27,1 + 0,3 N_{cor} - 0,00054$
 Peck, Hanson y Thornburn (1974)

c_u (t/m²)

(1) $2.96 \cdot N^{0.72}$ Hara (1971)
 (2) $k \cdot N$ k = 0.449 (promedio) Stroud (1974)
 (3) Ver Tabla
 (4) C_u normalmente consolidada (OCR)^{0.8} Ladd (1977)
 (5) $(0.11 + 0.0037 IP) \cdot p_c$ Chandler (1988)

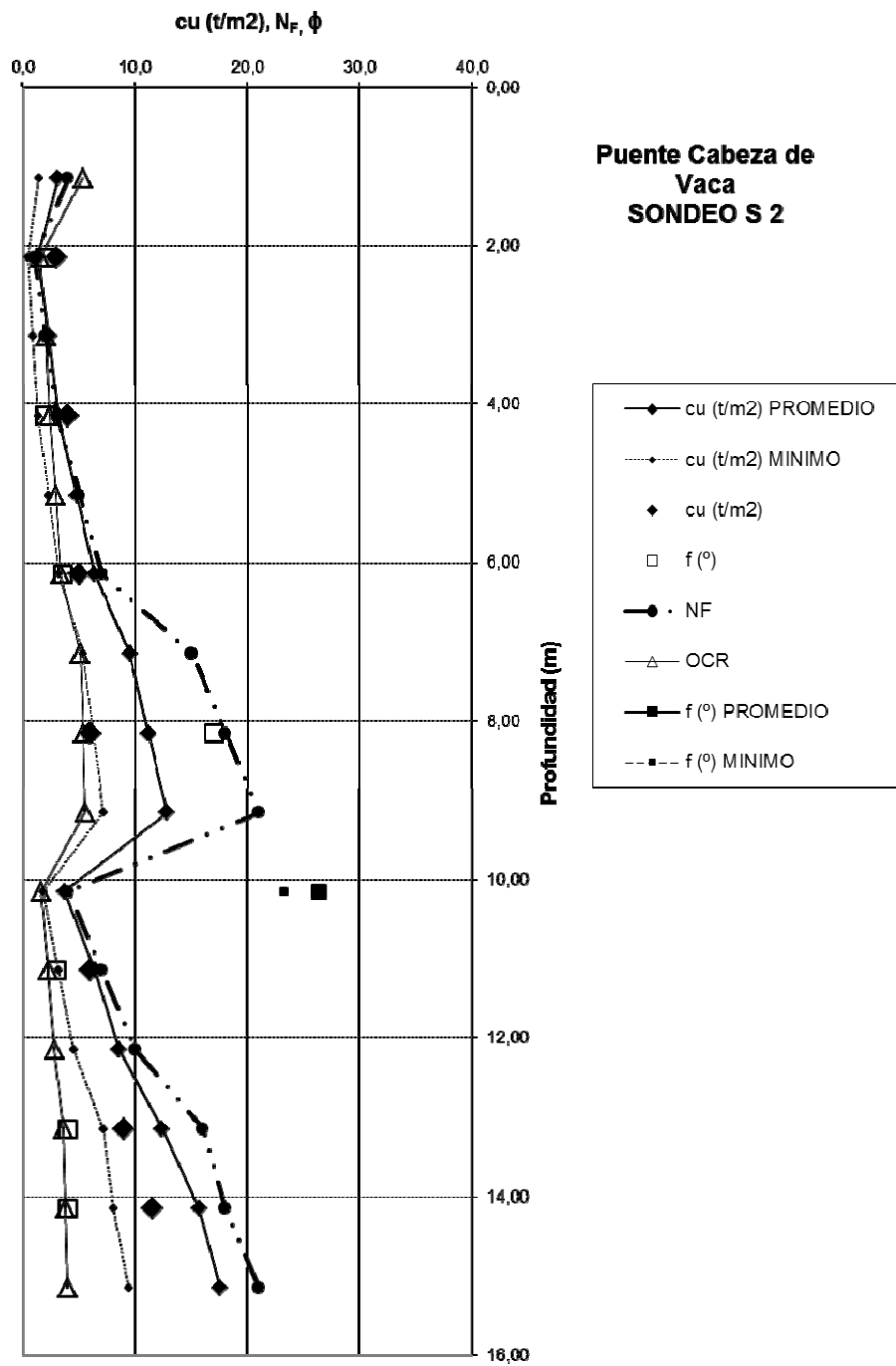
(3) Valores s/Terzaghi

N	Consistencia	q _u (kN/m ²)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
> 30	Dura	> 400

RELACIONES VOLUMÉTRICAS

Profundidad Media [m]	e [%]			n [%]			G _s (t/m ³)
	Min	Calc	Máx	Min	Calc	Máx	
1,15	>	20,64		24,94	>	17,11	19,96
2,15	>	57,60		69,60	>	36,55	41,04
3,15	>	62,88		75,98	>	38,61	43,18
4,15	>	49,20		59,45	>	32,98	37,28
5,15	>	48,72		58,87	>	32,76	37,06
6,15	>	46,56		56,26	>	31,77	36,00
7,15	>	40,08		48,43	>	28,61	32,63
8,15	>	37,20		44,95	>	27,11	31,01
9,15	>	29,04		35,09	>	22,50	25,98
10,15	>	3,60		4,35	>	3,47	4,17
11,15	>	77,04		93,09	>	43,52	48,21
12,15	>	73,44		88,74	>	42,34	47,02
13,15	>	72,00		87,00	>	41,86	46,52
14,15	>	76,80		92,80	>	43,44	48,13
15,15	>	67,68		81,78	>	40,36	44,99

G_S min = 2,40 (t/m³) G_S máx = 2,90 (t/m³)





ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.

FFCC Belgrano Cargas

Puente : Cabeza de Vaca

SONDEO S 3

NF = (m)

$\gamma_h = 1,65$ (t/m³) (Valor promedio)

Profundidad de (m)	LL	IP	# 200	SUCS	O _{nat} (%)	N _F	σ'_{v} estim (t/m ²)	OCR	C _N	N _{cor} (Skempton)	ϕ (°)			c _u (t/m ²)			c _u (t/m ²) Preconsolidada		c _u (t/m ²) PROMEDIO	c _u (t/m ²) MINIMO	ϕ (°) PROMEDIO	ϕ (°) MINIMO	ENSAYOS															
											(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					c _u (t/m ²)	ϕ (°)	γ_d (t/m ³)													
1,00	2,00																																					
2,00	3,00	NP	0	10,30	SP-SM	14,70	4	4,95	4,03	1,38	5,5	29,3	30,5	28,7																								
3,00	4,00	29,3	13,3	92,10	CL	19,60	7	6,6	4,86	1,25	8,7				12,02	3,14	3,65	3,72	5,11	5,5	3,1																	
4,00	5,00	30	14	93,20	CL	17,80	6	8,25	3,75	1,14	6,8				10,75	2,69	3,20	3,84	5,01	5,1	2,7																	
5,00	6,00	31	14,4	93,50	CL	20,20	9	9,9	4,37	1,05	9,4				14,40	4,04	4,53	5,26	7,07	7,1	4,0																	
6,00	7,00	42,2	20	95,70	CL	27,80	11	11,55	4,52	0,97	10,7				16,64	4,94	5,41	7,10	9,60	8,7	4,9																	
7,00	8,00	40,8	18,8	95,00	CL	26,30	14	13,2	4,86	0,90	12,7				19,79	6,29	6,78	8,40	11,53	10,6	6,3																	
8,00	9,00	28,1	10	90,00	CL	19,50	16	14,85	4,92	0,85	13,6				21,79	7,18	7,80	7,80	10,73	11,1	7,2																	
9,00	10,00	38	18	94,20	CL	25,10	23	16,5	5,87	0,80	18,3				28,30	10,33	12,56	12,01	17,11	16,1	10,3																	
10,00	11,00	NP	0	11,50	SP-SM	14,50	6	18,15	2,18	0,75	4,5	26,3	29,5	28,4																								
11,00	12,00	NP	0	12,00	SP-SM	16,10	5	19,8	1,81	0,71	3,6	24,4	28,4	28,2																								
12,00	13,00	34	12,4	91,60	CL	30,60	7	21,45	2,16	0,67	4,7				12,02	3,14	3,65	6,19	7,22	6,4	3,1																	
13,00	14,00	58	32	99,20	CH	28,70	18	23,1	3,93	0,64	11,5				23,72	8,08	8,94	15,78	20,75	15,5	8,1																	
14,00	15,00	26	6,5	86,70	CL-ML	22,00	20	24,75	4,03	0,61	12,2				25,59	8,98	10,24	10,12	13,38	13,7	9,0																	
15,00	16,00	25	6	85,20	CL-ML	21,70	24	26,4	4,37	0,58	14,0				29,18	10,78	13,45	11,36	15,26	16,0	10,8																	

ϕ (°)	(1) $\tan^{-1}(N_F / (12.2 + 20.3(\sigma'_v/p_a)))^{0.34}$ Kulhawy y Mayne 1990 N _F = N° golpes en campo σ'_v = Presión vertical efectiva p _a = Presión atmosférica
	(2) $(20 \cdot N_{cor})^{0.5} + 20$ Hatanaka y Uchida 1996 N _{cor} = N _F / 2 / (1 + σ'_v) Skempton (1986)
	(3) $27,1 + 0,3 N_{cor} - 0,00054$ Peck, Hanson y Thornburn (1974)

c _u (t/m ²)	(1) $2.96 \cdot N^{0.72}$ Hara (1971)
	(2) $k \cdot N$ k = 0.449 (promedio) Stroud (1974)
	(3) Ver Tabla
	(4) $c_{u \text{ normalmente consolidada}} (OCR)^{0.8}$ Ladd (1977)
	(5) $(0.11 + 0.0037 IP) \cdot p_c$ Chandler (1988)

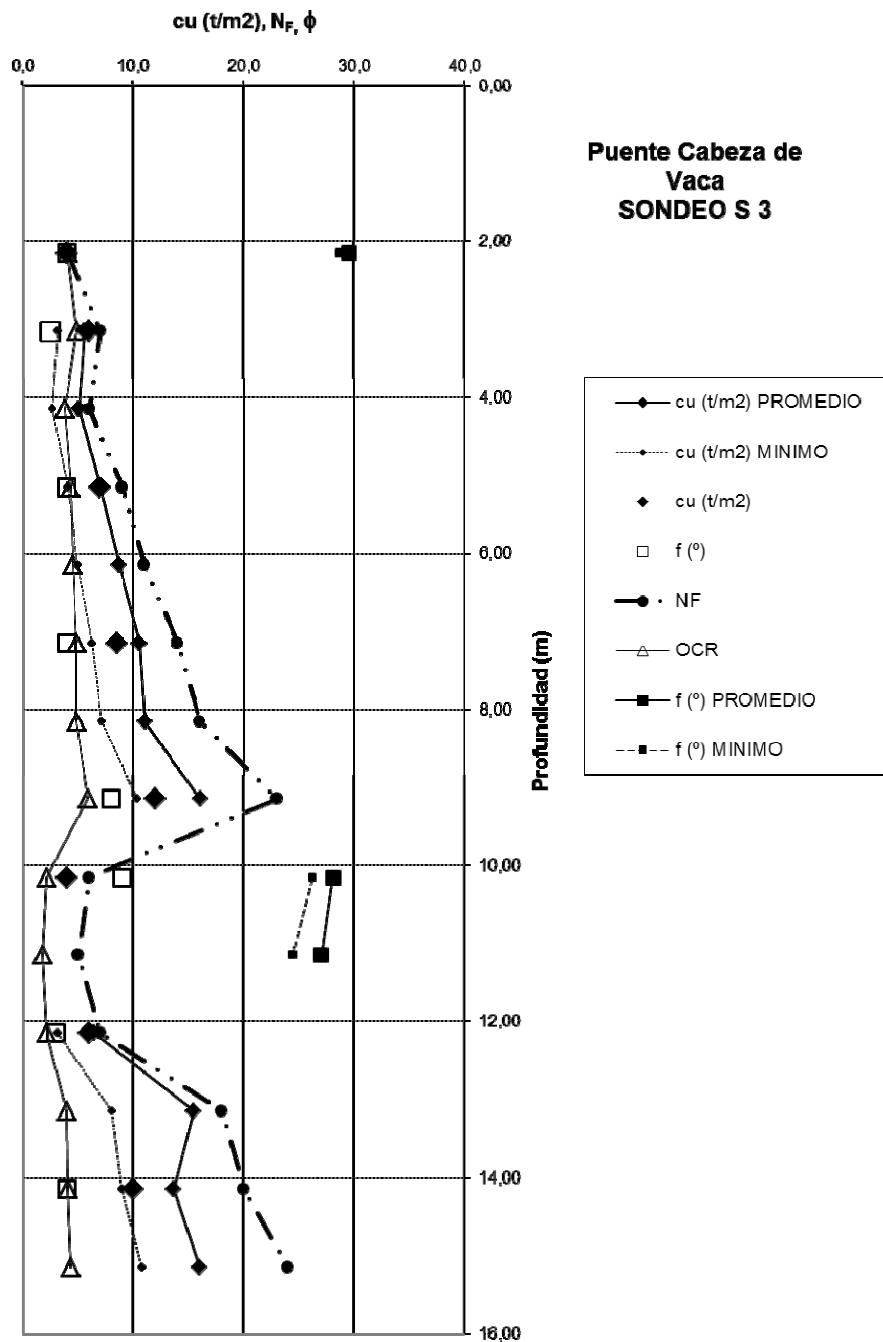
(3) Valores s/Terzaghi

N	Consistencia	q _u (kN/m ²)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
> 30	Dura	> 400

RELACIONES VOLUMÉTRICAS

Profundidad Media [m]	e [%]			n [%]			G _s (t/m ³)
	Min	Calc	Máx	Min	Calc	Máx	
1,15	>	0,00		0,00	>	0,00	0,00
2,15	>	35,28		42,63	>	26,08	29,89
3,15	>	47,04		56,84	>	31,99	36,24
4,15	>	42,72		51,62	>	29,93	34,05
5,15	>	48,48		58,58	>	32,65	36,94
6,15	>	66,72		80,62	>	40,02	44,64
7,15	>	63,12		76,27	>	38,70	43,27
8,15	>	46,80		56,55	>	31,88	36,12
9,15	>	60,24		72,79	>	37,59	42,13
10,15	>	34,80		42,05	>	25,82	29,60
11,15	>	38,64		46,69	>	27,87	31,83
12,15	>	73,44		88,74	>	42,34	47,02
13,15	>	68,88		83,23	>	40,79	45,42
14,15	>	52,80		63,80	>	34,55	38,95
15,15	>	52,08		62,93	>	34,25	38,62

G_S min = 2,40 (t/m³) G_S máx = 2,90 (t/m³)





ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.

FFCC Belgrano Cargas

Puente : Cabeza de Vaca

SONDEO S 4

NF = (m)

$\gamma_h = 1,65 \text{ (t/m}^3\text{)}$ (Valor promedio)

Profundidad de (m)	LL (%)	IP (%)	# 200 (%)	SUCS	ω_{nat} (%)	N_F	σ_v estim (t/m ²)	OCR	C_N	N_{cor} (Skempton)	ϕ (°)			c_u (t/m ²)			c_u (t/m ²) Preconsolidada		c_u (t/m ²) PROMEDIO	c_u (t/m ²) MINIMO	ϕ (°) PROMEDIO	ϕ (°) MINIMO	c_u (t/m ²) ϕ (°) ENSAYOS			γ_d (t/m ³)	
											(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					(1)	(2)	(3)		
1,00	2,00	NP	0	8,50	SP-SM	8,50	5	3,3	6,22	1,54	7,7	32,6	32,4	29,4													
2,00	3,00	28	6,4	71,60	CL-ML	26,00	1	4,95	1,55	1,38	1,4				2,96	0,45	0,61	0,94	1,03	1,2	0,4				3,5	2,0	1,49
3,00	4,00	48,6	29	98,70	CL	21,40	5	6,6	3,86	1,25	6,2				9,43	2,25	2,73	4,22	5,53	4,8	2,2				5,0	4,0	1,60
4,00	5,00	39,3	20,5	95,40	CL	28,20	2	8,25	1,76	1,14	2,3				4,88	0,90	1,19	2,41	2,70	2,4	0,9						
5,00	6,00	24,4	6,4	68,20	CL-ML	20,30	5	9,9	2,92	1,05	5,2				9,43	2,25	2,73	3,12	3,86	4,3	2,2				4,5	5,0	1,64
6,00	7,00	23,4	6,2	62,70	CL-ML	18,20	6	11,55	2,97	0,97	5,8				10,75	2,69	3,20	3,67	4,57	5,0	2,7						
7,00	8,00	19	3	56,00	CL-ML	15,30	9	13,2	3,59	0,90	8,1				14,40	4,04	4,53	4,44	5,73	6,6	4,0						
8,00	9,00	19,7	4,4	58,20	CL-ML	15,60	10	14,85	3,56	0,85	8,5				15,53	4,49	4,97	5,17	6,67	7,4	4,5				6,0	8,0	1,76
9,00	10,00	21,3	5,1	60,60	CL-ML	16,70	11	16,5	3,53	0,80	8,8				16,64	4,94	5,41	5,83	7,51	8,1	4,9						
10,00	11,00	21	5	60,50	CL-ML	16,80	17	18,15	4,46	0,75	12,8				22,76	7,63	8,35	7,72	10,41	11,4	7,6						
11,00	12,00	61,8	31,5	99,30	CH	36,00	9	19,8	2,71	0,71	6,4				14,40	4,04	4,53	9,97	12,17	9,0	4,0				7,5	3,0	1,42
12,00	13,00	63	33	99,50	CH	34,70	11	21,45	2,95	0,67	7,4				16,64	4,94	5,41	11,82	14,67	10,7	4,9						
13,00	14,00	47	17,4	94,20	ML	33,40	9	23,1	2,44	0,64	5,8				14,40	4,04	4,53	8,22	9,83	8,2	4,0				6,5	5,0	1,41
14,00	15,00	44,5	16,5	93,50	ML	32,90	10	24,75	2,50	0,61	6,1				15,53	4,49	4,97	8,81	10,59	8,9	4,5						
15,00	16,00	51,8	31,6	98,90	CH	21,20	13	26,4	2,87	0,58	7,6				18,76	5,84	6,31	13,91	17,17	12,4	5,8						
16,00	17,00	51,7	30,7	98,20	CH	25,10	15	28,05	3,03	0,56	8,4				20,80	6,74	7,28	15,24	19,03	13,8	6,7				9,5	5,0	1,61
17,00	18,00	52,8	32	99,00	CH	20,40	16	29,7	3,05	0,54	8,6				21,79	7,18	7,80	16,55	20,69	14,8	7,2						
18,00	19,00	45,6	27,3	97,60	CL	20,20	19	31,35	3,31	0,52	9,8				24,66	8,53	9,56	17,22	21,88	16,4	8,5						

ϕ (°)	(1) $\tan^{-1}(N_F / (12,2 + 20,3(\sigma_v/p_a)))^{0,34}$ Kulhavy y Mayne 1990 $N_F = N^{\circ}$ golpes en campo $\sigma_v =$ Presión vertical efectiva $p_a =$ Presión atmosférica
	(2) $(20 \cdot N_{cor})^{0,5} + 20$ Hatanaka y Uchida 1996 $N_{cor} = N_F \cdot 2 / (1 + \sigma_v)$ Skempton (1986)
	(3) $27,1 + 0,3 N_{cor} - 0,00054$ Peck, Hanson y Thornburn (1974)

c_u (t/m ²)	(1) $2,96 \cdot N^{0,72}$ Hara (1971)
	(2) $k \cdot N$ $k = 0,449$ (promedio) Stroud (1974)
	(3) Ver Tabla
	(4) c_u normalmente consolidada (OCR) ^{0,8} Ladd (1977)
	(5) $(0,11 + 0,0037 IP) \cdot p_c$ Chandler (1988)

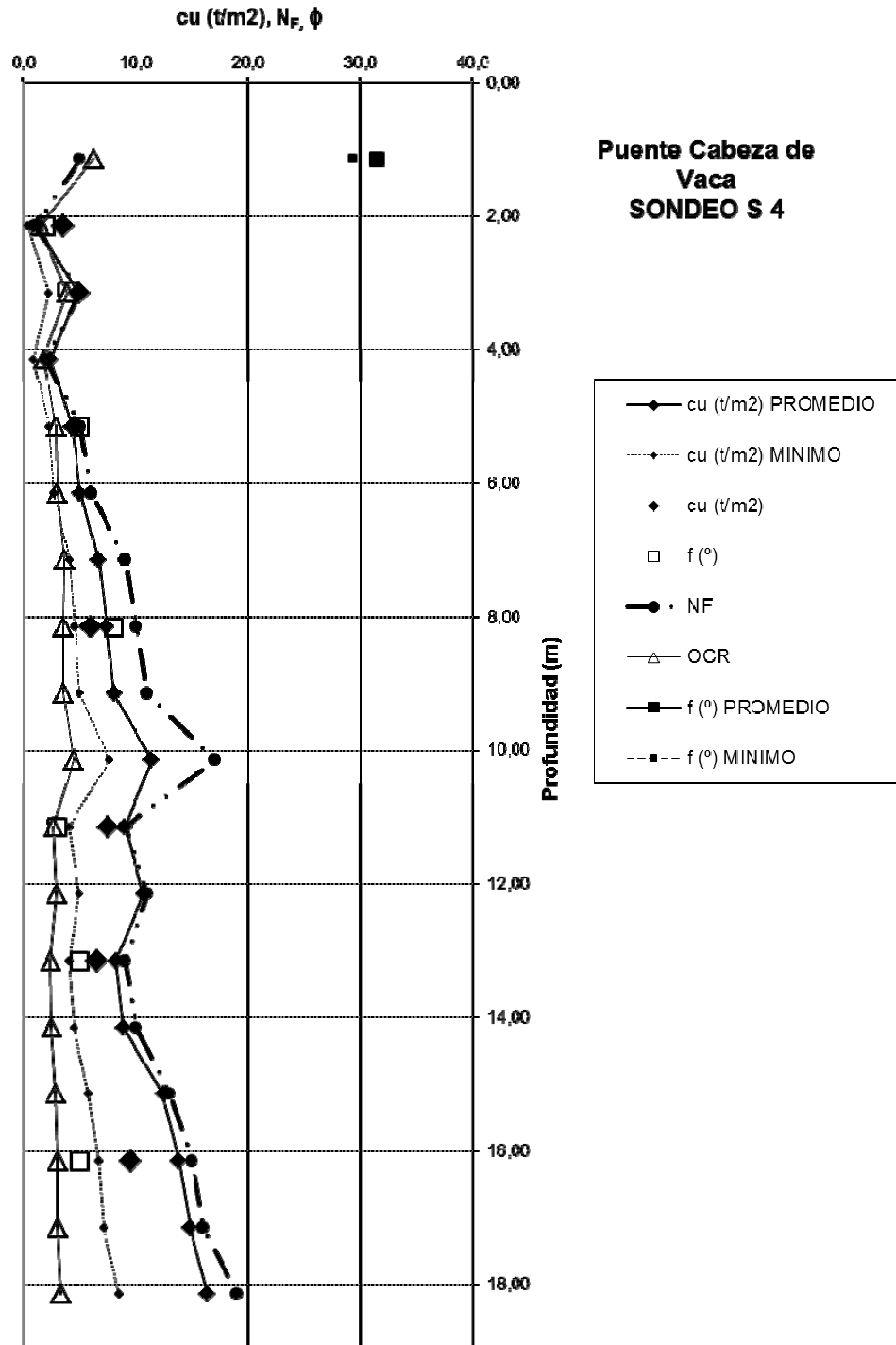
(3) Valores s/Terzaghi

N	Consistencia	q_u (kN/m ²)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
> 30	Dura	> 400

RELACIONES VOLUMÉTRICAS

Profundidad Media [m]	e [%]			n [%]			G_s (t/m ³)
	Min	Calc	Máx	Min	Calc	Máx	
1,15	> 20,40		24,65	> 16,94		19,78	
2,15	> 62,40		75,40	> 38,42		42,99	
3,15	> 51,36		62,06	> 33,93		38,29	
4,15	> 67,68		81,78	> 40,36		44,99	
5,15	> 48,72		58,87	> 32,76		37,06	
6,15	> 43,68		52,78	> 30,40		34,55	
7,15	> 36,72		44,37	> 26,86		30,73	
8,15	> 37,44		45,24	> 27,24		31,15	
9,15	> 40,08		48,43	> 28,61		32,63	
10,15	> 40,32		48,72	> 28,73		32,76	
11,15	> 86,40		104,40	> 46,35		51,08	
12,15	> 83,28		100,63	> 45,44		50,16	
13,15	> 80,16		96,86	> 44,49		49,20	
14,15	> 78,96		95,41	> 44,12		48,83	
15,15	> 50,88		61,48	> 33,72		38,07	
16,15	> 60,24		72,79	> 37,59		42,13	
17,15	> 48,96		59,16	> 32,87		37,17	
18,15	> 48,48		58,58	> 32,65		36,94	

$G_{s \text{ min}} = 2,40 \text{ (t/m}^3\text{)}$ $G_{s \text{ máx}} = 2,90 \text{ (t/m}^3\text{)}$





PUENTE RÍO DEL VALLE

ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.

FFCC Belgrano Cargas

Puente : Río del Valle

SONDEO S 1

NF = 14,50 (m)

$\gamma_h = 1,65$ (t/m³) (Valor promedio)

Profundidad de (m)	LL a (m)	IP (%)	# 200 (%)	SUCS	α_{nat} (%)	N _F	σ'_v estim (t/m ²)	OCR	C _N	N _{cor} (Skempton)	ϕ (°)			c _u (t/m ²)			c _u (t/m ²) Preconsolidada		c _u (t/m ²) PROMEDIO	c _u (t/m ²) MINIMO	ϕ (°) PROMEDIO	ϕ (°) MINIMO	c _u (t/m ²) ENSAYOS			γ_d (t/m ³)				
											(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)												
1,00	2,00	31	12,9	87,80	CL	14,20	6	3,3	7,05	1,54	9,2				10,75	2,69	3,20	2,48	3,67	4,6	2,5									
2,00	3,00	32,3	13,3	89,00	CL	15,30	7	4,95	5,93	1,38	9,6				12,02	3,14	3,65	3,27	4,67	5,4	3,1					4,5	9,0	1,65		
3,00	4,00	29	12,4	82,40	CL	8,30	8	6,6	5,33	1,25	10,0				13,23	3,59	4,10	3,92	5,49	6,1	3,6									
4,00	5,00	24,4	10	75,20	CL	7,60	7	8,25	4,17	1,14	8,0				12,02	3,14	3,65	3,80	5,06	5,5	3,1									
5,00	6,00																													
6,00	7,00	53,3	23,5	95,00	MH	26,50	20	11,55	6,82	0,97	19,4				25,59	8,98	10,24	10,56	15,51	14,2	9,0									
7,00	8,00	54,4	28	98,50	CH	20,40	20	13,2	6,22	0,90	18,1				25,59	8,98	10,24	12,16	17,53	14,9	9,0					12,0	8,0	1,66		
8,00	9,00	53,7	27,5	98,20	CH	28,30	9	14,85	3,31	0,85	7,6				14,40	4,04	4,53	8,19	10,40	8,3	4,0									
9,00	10,00	41,2	21,2	94,00	CL	24,20	7	16,5	2,59	0,80	5,6				12,02	3,14	3,65	6,65	8,04	6,7	3,1					6,0	4,0	1,61		
10,00	11,00	30,8	12,4	75,20	CL	21,00	6	18,15	2,18	0,75	4,5				10,75	2,69	3,20	5,27	6,16	5,6	2,7									
11,00	12,00	30	12	75,00	CL	21,20	5	19,8	1,81	0,71	3,6				9,43	2,25	2,73	4,91	5,53	5,0	2,2									
12,00	13,00	26,4	6,6	64,80	CL-ML	18,00	6	21,45	1,94	0,67	4,0				10,75	2,69	3,20	4,90	5,60	5,4	2,7					3,5	10,0	1,74		
13,00	14,00	26,3	6	66,00	CL-ML	21,00	5	23,1	1,63	0,64	3,2				9,43	2,25	2,73	4,51	4,97	4,8	2,2									
14,00	15,00	NP	0	18,00	SM	13,70	32	24,25	5,65	0,62	19,9	38,9	39,9	32,8	35,89	14,37	23,41	10,66	15,08	19,9	10,7	37,2	32,8							
15,00	16,00	32,7	13,4	76,20	CL	23,70	12	24,9	2,82	0,61	7,3				17,71	5,39	5,85	9,12	11,22	9,9	5,4					8,0	6,0	1,68		
16,00	17,00	23	4	56,00	CL-ML	19,80	20	25,55	3,94	0,60	12,0				25,59	8,98	10,24	9,56	12,58	13,4	9,0									
17,00	18,00	38	16,8	79,20	CL	23,80	17	26,2	3,47	0,59	10,0				22,76	7,63	8,35	12,19	15,64	13,3	7,6					9,0	7,0	1,65		
18,00	19,00	38	18	82,60	CL	21,50	22	26,85	4,07	0,58	12,7				27,41	9,88	11,73	14,58	19,30	16,6	9,9									
19,00	20,00	26,6	11,1	78,80	CL	17,60	17	27,5	3,35	0,57	9,7				22,76	7,63	8,35	10,93	13,93	12,7	7,6									
20,00	21,00	24	9	77,50	CL	17,40	19	28,15	3,56	0,56	10,6				24,66	8,53	9,56	11,14	14,37	13,7	8,5									

(1) $\tan^{-1}(N_F / (12.2 + 20.3(\sigma'_v / p_a)))^{0.34}$
 Kulhawy y Mayne 1990
 $N_F = N^{\circ}$ golpes en campo
 $\sigma'_v =$ Presión vertical efectiva
 $p_a =$ Presión atmosférica

(2) $(20 \cdot N_{cor})^{0.5} + 20$
 Hatanaka y Uchida 1996
 $N_{cor} = N_F \cdot 2 / (1 + \sigma'_v)$
 Skempton (1986)

(3) $27,1 + 0,3 N_{cor} - 0,00054$
 Peck, Hanson y Thornburn (1974)

(1) $2.96 \cdot N^{0.72}$ Hara (1971)
 (2) $k \cdot N$ $k = 0.449$ (promedio) Stroud (1974)
 (3) Ver Tabla
 (4) c_u normalmente consolidada (OCR)^{0.8} Ladd (1977)
 (5) $(0.11 + 0.0037 IP) \cdot p_c$ Chandler (1988)

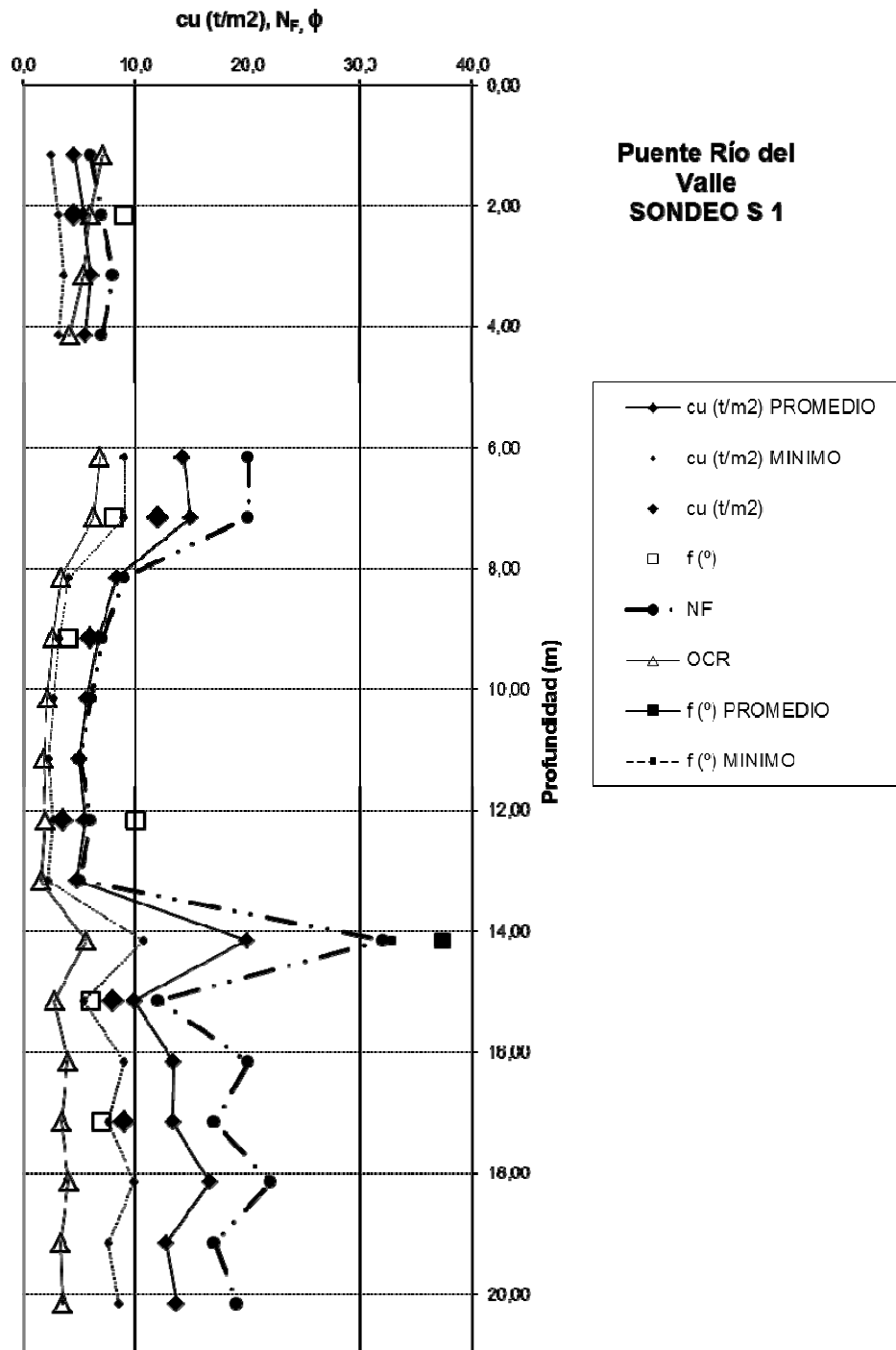
(3) Valores s/Terzaghi

N	Consistencia	q _u (kN/m ²)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
> 30	Dura	> 400

RELACIONES VOLUMÉTRICAS

Profundidad Media [m]	e [%]			n [%]			G _S (t/m ³)
	Min	Calc	Máx	Min	Calc	Máx	
1,15	>	34,08		41,18	>	25,42	29,17
2,15	>	36,72		44,37	>	26,86	30,73
3,15	>	19,92		24,07	>	16,61	19,40
4,15	>	18,24		22,04	>	15,43	18,06
5,15	>	0,00		0,00	>	0,00	0,00
6,15	>	63,60		76,85	>	38,88	43,45
7,15	>	48,96		59,16	>	32,87	37,17
8,15	>	67,92		82,07	>	40,45	45,08
9,15	>	58,08		70,18	>	36,74	41,24
10,15	>	50,40		60,90	>	33,51	37,85
11,15	>	50,88		61,48	>	33,72	38,07
12,15	>	43,20		52,20	>	30,17	34,30
13,15	>	50,40		60,90	>	33,51	37,85
14,15	>	32,88		39,73	>	24,74	28,43
15,15			66,10			39,80	2,79
16,15		47,52		57,42		32,21	36,48
17,15			64,70			39,30	2,72
18,15		51,60		62,35		34,04	38,40
19,15		42,24		51,04		29,70	33,79
20,15		41,76		50,46		29,46	33,54

G_{S min} = 2,40 (t/m³) G_{S máx} = 2,90 (t/m³)





ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA A PARTIR DE ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.

SONDEO S 2 FFCC Belgrano Cargas Puente : Río del Valle NF = 14,60 (m) $\gamma_h = 1,65$ (t/m³) (Valor promedio)

Profundidad de (m)	LL (%)	IP (%)	# 200 (%)	SUCS	ω_{nat} (%)	N _F	σ'_v estim (t/m ²)	OCR	C _N	N _{cor} (Skempton)	ϕ (°)			c _u (t/m ²)			c _u (t/m ²) Preconsolidada		c _u (t/m ²) PROMEDIO	c _u (t/m ²) MINIMO	ϕ (°) PROMEDIO	ϕ (°) MINIMO	c _u (t/m ²) ENSAYOS	ϕ (°) ENSAYOS	γ_d (t/m ³)		
											(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)									
1,00	2,00																										
2,00	3,00																										
3,00	4,00	26,6	12,2	83,60	CL	18,00	7	6,6	4,86	1,25	8,7					12,02	3,14	3,65	3,63	4,98	5,5	3,1			6,5	4,0	1,59
4,00	5,00	28	14	85,20	CL	19,40	6	8,25	3,75	1,14	6,8					10,75	2,69	3,20	3,84	5,01	5,1	2,7					
5,00	6,00	42	22,4	91,60	CL	24,00	4	9,9	2,50	1,05	4,2					8,03	1,80	2,24	3,98	4,78	4,2	1,8			6,0	3,0	1,58
6,00	7,00	35,6	16,6	88,40	CL	16,00	18	11,55	6,34	0,97	17,5					23,72	8,08	8,94	8,68	12,55	12,4	8,1			8,5	10,0	1,74
7,00	8,00	55,7	31	98,30	CH	23,00	16	13,2	5,33	0,90	14,5					21,79	7,18	7,80	11,32	15,81	12,8	7,2					
8,00	9,00	51	26	96,00	CH	26,60	5	14,85	2,21	0,85	4,2					9,43	2,25	2,73	5,77	6,75	5,4	2,2			6,5	5,0	1,61
9,00	10,00	52,3	26,7	96,40	CH	28,50	5	16,5	2,05	0,80	4,0					9,43	2,25	2,73	6,12	7,07	5,5	2,2					
10,00	11,00	24	11,2	73,20	CL	13,80	7	18,15	2,42	0,75	5,3					12,02	3,14	3,65	5,58	6,66	6,2	3,1			5,0	7,0	1,83
11,00	12,00	25	12	79,30	CL	16,40	3	19,8	1,27	0,71	2,1					6,53	1,35	1,73	3,71	3,89	3,4	1,3					
12,00	13,00	NP	0	43,20	SM	12,20	5	21,45	1,71	0,67	3,4					9,43	2,25	2,73	3,63	4,04	4,4	2,2			5,0	9,0	1,79
13,00	14,00	26,2	11,1	78,20	CL	10,00	6	23,1	1,84	0,64	3,8					10,75	2,69	3,20	5,70	6,44	5,8	2,7					
14,00	15,00	NP	0	39,80	SM	12,80	34	24,35	5,88	0,62	21,0					37,49	15,27	26,85	11,05	15,74	21,3	11,0			8,0	19,0	1,87
15,00	16,00	NP	0	19,50	SM	14,40	10	25	2,48	0,61	6,1	28,4	31,0	28,9	15,53	4,49	4,97	5,69	6,83	7,5	4,5	29,4	28,4				
16,00	17,00	18	4	62,50	CL-ML	14,60	17	25,65	3,52	0,60	10,1					22,76	7,63	8,35	8,76	11,26	11,8	7,6			9,0	9,0	1,81
17,00	18,00	45,3	22,1	94,30	CL	24,70	16	26,3	3,32	0,59	9,4					21,79	7,18	7,80	13,16	16,72	13,3	7,2					
18,00	19,00	41	19	90,00	CL	24,00	18	26,95	3,54	0,58	10,4					23,72	8,08	8,94	13,35	17,18	14,3	8,1					
19,00	20,00	21,4	5	72,20	CL-ML	18,20	16	27,6	3,21	0,57	9,1					21,79	7,18	7,80	9,01	11,38	11,4	7,2			8,0	10,0	1,79
20,00	21,00	20,8	4,8	71,40	CL-ML	17,80	18	28,25	3,42	0,56	10,0					23,72	8,08	8,94	9,66	12,35	12,6	8,1					

(1) $\tan^{-1}(N_F / (12.2 + 20.3(\sigma'_v / p_a)))^{0.34}$
 Kulhawy y Mayne 1990
 $N_F = N^0$ golpes en campo
 $\sigma'_v =$ Presión vertical efectiva
 $p_a =$ Presión atmosférica

(2) $(20 \cdot N_{cor})^{0.5} + 20$
 Hatanaka y Uchida 1996
 $N_{cor} = N_F \cdot 2 / (1 + \sigma'_v)$
 Skempton (1986)

(3) $27,1 + 0,3 N_{cor} - 0,00054$
 Peck, Hanson y Thornburn (1974)

(1) $2.96 \cdot N^{0.72}$ Hara (1971)
 (2) $k \cdot N$ $k = 0.449$ (promedio) Stroud (1974)
 (3) Ver Tabla
 (4) c_u normalmente consolidada (OCR)^{0.8} Ladd (1977)
 (5) $(0.11 + 0.0037 IP) \cdot p_c$ Chandler (1988)

(3) Valores s/Terzaghi

N	Consistencia	q _u (kN/m ²)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
> 30	Dura	> 400

RELACIONES VOLUMÉTRICAS

Profundidad Media [m]	e [%]			n [%]			G _s (t/m ³)	
	Min	Calc	Máx	Min	Calc	Máx		
1,15	>	0,00		0,00	>	0,00	0,00	
2,15	>	0,00		0,00	>	0,00	0,00	
3,15	>	43,20		52,20	>	30,17	34,30	
4,15	>	46,56		56,26	>	31,77	36,00	
5,15	>	57,60		69,60	>	36,55	41,04	
6,15	>	38,40		46,40	>	27,75	31,69	
7,15	>	55,20		66,70	>	35,57	40,01	
8,15	>	63,84		77,14	>	38,96	43,55	
9,15	>	68,40		82,65	>	40,62	45,25	
10,15	>	33,12		40,02	>	24,88	28,58	
11,15	>	39,36		47,56	>	28,24	32,23	
12,15	>	29,28		35,38	>	22,65	26,13	
13,15	>	24,00		29,00	>	19,35	22,48	
14,15	>	30,72		37,12	>	23,50	27,07	
15,15		34,56		41,76		25,68	29,46	
16,15			35,90			26,40	2,46	
17,15			59,28			71,63	37,22	41,74
18,15			57,60			69,60	36,55	41,04
19,15			48,20				32,50	2,65
20,15			42,72			51,62	29,93	34,05

G_s min = 2,40 (t/m³) G_s máx = 2,90 (t/m³)

