LOGOS
Ingeniería - Consultoría

ENSAYO DE CARGA DINÁMICA EN PILOTES

Ciudad de Belén – Concepción

Consorcio Vial Oriental.

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría
Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77
Asunción - Paraguay

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....2
2. ENSAYO DINAMICO DE CARGA.....3
3. OBJETIVO.....4
4. METODO DE ENSAYO.....4
5. PRECISION Y SENSIBILIDAD DEL ENSAYO.....7
6. RESULTADOS DEL ENSAYO.....8
   i. Sistema de Impacto 8
   ii. Análisis CAWPAP 8
   iii. Esfuerzos Máximos medidos en los ensayos.....9
7. CONCLUSION.....10
8. ANEXO.....11

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

1 INTRODUCCIÓN

En el reporte a continuación, se presenta el resultado del ensayo de carga dinámica realizados en tres pilotes para el CONSORCIO VIAL ORIENTAL.

El proyecto está ubicado en el Municipio de Belén, departamento Concepción, Paraguay, en las coordenadas geográficas (-23.477868, -57.259444), como en la Fig. 1

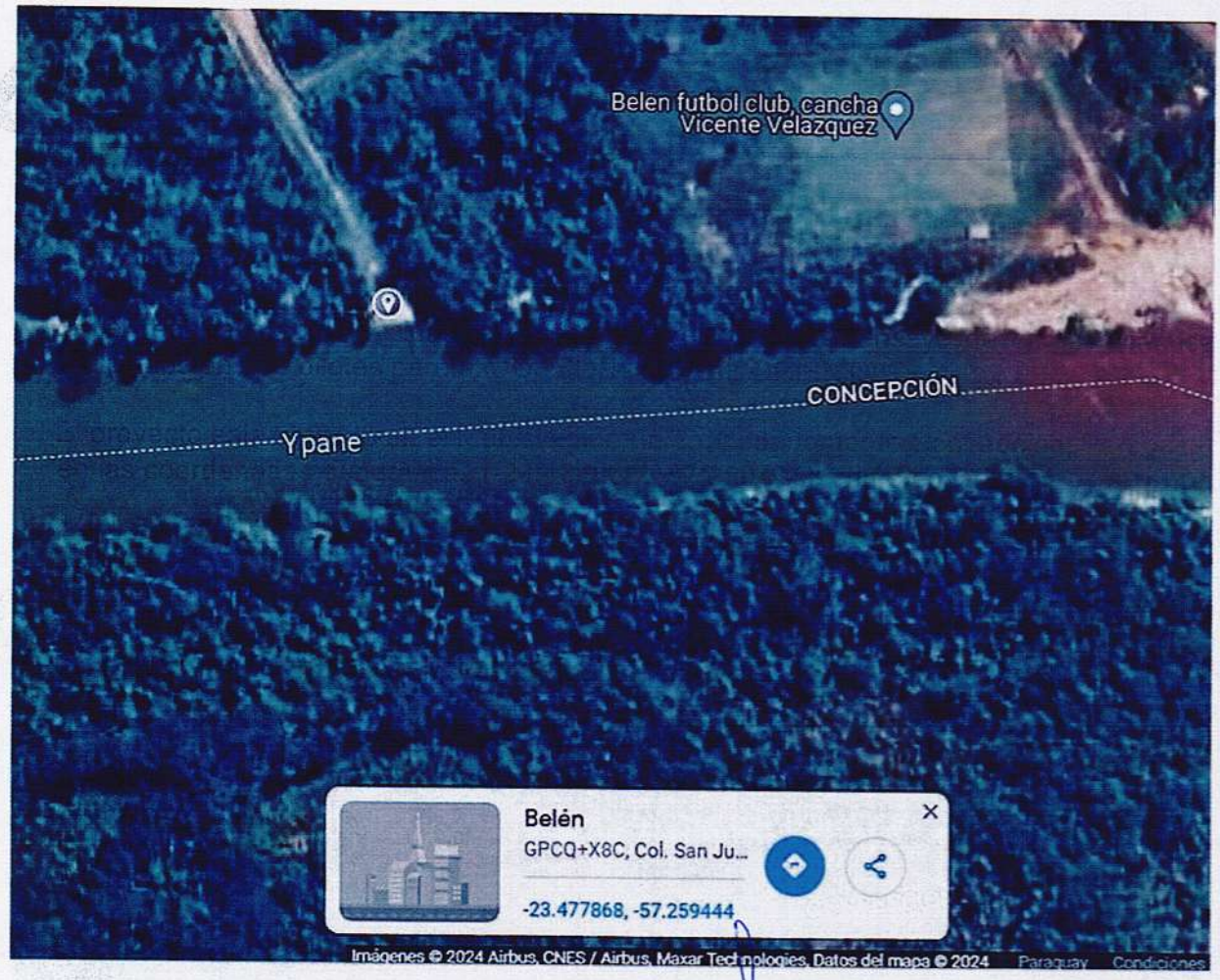


Fig. 1 Vista aérea del área de estudio (Fuente Google Maps).

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Los pilotes ensayados son cilíndrico, perforado y vaciado in situ. En el cuadro inferior se puede apreciar los datos del pilote.

Pilote	Diametro (mts)	Longitud del Pilote (mts)
Pilote 19	0,80	14,0
Pilote 34	0,80	12,8
Pilote 73	0,80	9,0

Fig. 2 Tabla informativa de Pilotes

2 ENSAYO DE CARGA DINÁMICA

El ensayo, también conocido como prueba de carga dinámica (DLT por sus siglas en inglés), tiene como principal objetivo el determinar la capacidad de rotura de la interfase entre el pilote y el suelo, para esfuerzos estáticos axiales. Es decir, busca la resistencia última del pilote. Difiere de la tradicional prueba de carga estática por el hecho de que la carga es aplicada dinámicamente, a través de golpes proporcionados por un sistema de percusión adecuado. En nuestro caso se hizo a través de un martillo/maza de caída libre.

En el fuste del pilote se instalan sensores que miden aceleración y deformaciones. Las señales obtenidas de los sensores son enviadas por cable al equipo de registro PDA, donde son almacenadas y procesadas.

El Ensayo Dinámico está basado en la teoría de la propagación de ondas en medios elásticos. Se sabe que una onda de tensión es generada cuando se le aplica un golpe a la cabeza de un pilote. Dicha onda recorre el pilote con una velocidad fija, dependiente solamente de las características elásticas del material. Las investigaciones que resultaron en el desarrollo del procesamiento PDA y del método de ensayo dinámico empezaron en el final de los años 60, comandadas por el Prof. George G. Goble, en la Universidad Case Western, EUA.

3 OBJETIVO

El principal objetivo del Ensayo Dinámico es obtener la capacidad de carga del pilote (o la capacidad de rotura del suelo). El ensayo se realizó en un pilote de servicio, buscando verificar que la carga de servicio sea igual o mayor que la del proyecto.

Sin embargo, paralelamente muchos otros datos pueden ser obtenidos por el ensayo los cuales no forman parte del presente informe ya que son servicios adicionales. Algunos de los datos más importantes son:

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

1. Tensiones máximas de compresión y de tracción en el material del pilote durante los golpes.
2. Nivel de flexión sufrido por el pilote en caso de haber excentricidad durante cada golpe.
3. Información sobre la integridad del pilote, incluso la localización de eventual daño y estimación de su magnitud.
4. Energía efectivamente trasferida para el pilote, permitiendo estimar la eficiencia del sistema de hinca.
5. Desplazamiento máximo del pilote durante el golpe.
6. Velocidad de aplicación de los golpes y estimativa de altura de caída para martillos Diesel simple acción para casos de pilotes hincados
7. A través del análisis CAPWAP® es posible diferenciar la parte de resistencia debida a fricción de la resistencia de punta, y determinar la distribución de fricción a lo largo del fuste. Ese análisis, hecho posteriormente en gabinete a partir de los datos almacenados por el PDA, permite también obtener otros datos de interés.

4 MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo, también conocido como prueba de carga dinámica, tiene como principal objetivo el de determinar la capacidad de rotura de la interface entre el pilote y el suelo, para esfuerzos estáticos axiales. Es decir que busca la resistencia última del pilote. Difiere de las tradicionales pruebas de carga estáticas por el hecho de que la carga es aplicada dinámicamente, a través de golpes proporcionados por un sistema de percusión adecuado.

En este caso se hizo a través de un martillo de caída libre. El equipo registra, a través de acelerómetros y deformímetros, la fuerza y velocidad de onda transmitida por el martillo al pilote. De esta información se obtienen las curvas carga-movimiento del pilote para cada golpe. En caso de que la energía del impacto no fuese suficiente para movilizar la capacidad de carga total, el sistema lo indica y grafica las curvas hasta los valores de capacidad movilizados.

Las señales de los sensores son enviadas por cable al equipo PDA, donde son almacenadas y procesadas.

El Ensayo Dinámico está basado en la teoría de la propagación de ondas en medios elásticos. Se sabe que una onda de tensión es generada cuando se le aplica un golpe a la cabeza de un pilote. Esa onda recorre el pilote con una velocidad fija, dependiente solamente de las características elásticas del material. Las investigaciones que resultaron en el desarrollo del PDA y del método de ensayo dinámico empezaron en el final de los años 60, comandadas por el Prof. George G. Goble, en la Universidad Case Western, EUA.

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

LOGOS
Ingenieria - Consultoria

Fig. 2 Posicionamiento de martillo en el pilote 73.

Logos S.R.L. - Ingenieria - Consultoria
Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77
Asunción - Paraguay

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Fig. 3 y 4 colocación de sensores en el pilote a ensayar

Generalmente son usados cuatro pares de sensores como los mostrados en la fotografía superior. El sensor de la izquierda es un transductor de deformación específica, que genera una tensión proporcional a la deformación sufrida por el material del pilote durante el golpe. El sensor de la derecha es un acelerómetro, que genera una tensión proporcional a la aceleración de las partículas del pilote.

La señal de cada uno de los transductores de deformación es multiplicada por el módulo de elasticidad del material del pilote y por el área de sección en la región de los sensores, para la obtención de la variación de la fuerza respecto al tiempo. Por ello esos transductores suelen ser llamados como sensores de fuerza. El PDA obtiene el promedio de las 2 señales de fuerza diametralmente opuestas así obtenidos, a fin de detectar y compensar los efectos de la excentricidad del golpe. Es decir, se obtienen dos señales promedio, una por cada par diametral de sensores. La señal de cada uno de los acelerómetros es integrada, para obtención de la variación de la velocidad de desplazamiento de la partícula con el tiempo. Por ello esos transductores a veces son llamados como sensores de velocidad. De la misma forma que las señales de fuerza, el PDA también trabaja con el promedio de las dos señales de velocidad diametralmente opuestas.

Los pares de sensores son instalados en posiciones opuestas con relación al eje de simetría del pilote. Para la fijación de los tornillos, en pilotes de hormigón, se instalan anclajes de expansión.

En pilotes VACIADOS "in situ", es realiza una preparación previa, la que consiste en el refuerzo de la parte superior de pilote previo a su vaciado. Este refuerzo se consigue con el incremento de estribos al menos en el primer metro del pilote y, cuando sea posible, un refuerzo exterior con camisa metálica al menos en 2 veces el diámetro del pilote.

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

5 PRECISIÓN Y SENSIBILIDAD DEL ENSAYO

El PDA informa en campo sobre diversos resultados, como ser máximas tensiones durante cada golpe, energía máxima trasferida, etc. Esos valores en general pueden ser usados directamente.

La capacidad de carga que se informa en campo debe ser considerada tan sólo como una orientación ya que las señales deben ser procesadas con el sistema CAPWAP®.

Es importante destacar que el Ensayo Dinámico considera que el desplazamiento rápido del pilote en un medio viscoso, como el suelo, produce una resistencia estática y una dinámica. Esa última es restada de la resistencia total medida, con lo que se obtiene sólo el valor de la resistencia estática. En el análisis CAPWAP®, la resistencia dinámica es determinada por medios matemáticos, a partir de la forma de las señales de fuerza y velocidad medidas.

Por otro lado, el sistema permite incluso inferir variaciones de sección debido a la colocación del hormigón, sobre todo si el mismo ha sido colocado a presión o se encuentran estratos de suelo muy blandos, los que el hormigón deforma. También es posible obtener resultados en pilotes de sección variable previamente determinada.

Así mismo, es importante destacar que existen innumerables correlaciones entre los ensayos dinámicos y estáticos. Diversas normas consideran estas correlaciones. La precisión de estos ensayos se considera mayor al 98%.

Los golpes son aplicados por algún sistema capaz de liberar un peso en caída libre. Este peso es, usualmente entre 2% y 3% de la carga de rotura esperada. Entre el martillo y el pilote debe ponerse un amortiguador preferentemente de madera contrachapada.

En general se inicia con golpes de baja altura, típicamente 20 a 30 cm, y se va incrementando la misma hasta llegar a la rotura del suelo o las tensiones máximas del hormigón.

Existen diversas normas internacionales que norman el ensayo, entre estas tenemos:

1. Australia (AS 2159-1995)
2. Alemania (Comité 2.1 de la DGGT-recomendaciones para futura inclusión en la norma DIN)
3. Brasil (NBR-13208)
4. China (JGJ 106-97)
5. Estados Unidos (ASTM D 4945-89 y otras)
6. Inglaterra (Specification for Piling - Institution of Civil Engineers - capítulo 11)
7. Perú (NTP E.050)

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

6 RESULTADOS DEL ENSAYO

Las pruebas de carga se ensayo en un pilote pre excavados de hormigón armado, con diámetro nominal de 0,30 metros. Para permitir la aplicación de los golpes se ejecutó un recrecido con tubo metálico rellenado con hormigón. Los sensores fueron instalados en el pilote, a una distancia correspondiente a por lo menos 1,5 veces el diámetro, por debajo de la superficie de impacto.

La Tabla 1 a continuación presenta las características de los pilotes, según las nuevas informaciones del cliente.

Pilote	Diámetro (cm)	Longitud total (m)	Longitud debajo de los sensores (m)	Penetración en el suelo (m)	Fecha del ensayo PDA
19	80	14,0	12,4	12,0	19/03/2024
34	80	12,8	11,2	10,8	18/03/2024
73	80	9,0	7,4	7,0	19/03/2024

Sistema de Impacto

Para realizar el ensayo de carga dinámica se usó un sistema para permitir la caída por gravedad de diferentes alturas, de mazo de peso único. Entre el mazo y la cabeza del pilote se usó un sistema amortiguador con hojas de madera multi laminada.
Los diferentes pesos y alturas de caída están mostrados en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2: Pesos y alturas de caída

Pilote	Peso del mazo (tons)	Alturas de caída (cm)	Asentamientos (mm)
19	6,2	30/60/90/105[1]	0/1/1/1
34	6,2	30/60/90/90[1]	0/1/3/1
73	6,2	30/60/90/105[1]	1/1/0/1

1- Señal analizada por el CAPWAP.

Análisis CAPWAP

Las señales correspondientes a los golpes indicados en la Tabla 2 fueron analizadas por el programa CAPWAP. Este programa resuelve la ecuación de la onda usando el método propuesto por E.A. Smith (1960), usando como datos de entrada la señal de velocidad medida, los parámetros conocidos del pilote, y un modelo asumido del suelo. El modelo del suelo es iterativamente cambiado, hasta obtener una buena coincidencia entre la curva de fuerza calculada y la curva de fuerza medida por el PDA. Este modelo final del suelo es la solución del análisis CAPWAP, y representa el comportamiento del suelo en el momento del ensayo

Los resultados de los análisis CAPWAP están en el Anexo A de este informe. La Tabla 3 a continuación resume los resultados principales.

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Tabla 3: Resultados de los análisis CAPWAP

Pilote	Fricción lateral (ton)	Resistencia de punta (ton)	**Capacidad total (ton)**	Energía transferida (ton-m)	Asentamiento en el golpe (mm)
19	155,34	39,77	**195,11**	1,78	1,0
34	136,30	50,53	**186,83**	1,86	1,0
73	149,16	130,37	**279,53**	2,13	1,0

Las curvas para la deformación en la cabeza y en la punta de cada pilote claramente demuestra que los pilotes están casi en el régimen elástico ya que a la descarga la deformación residual es muy baja. Esto implica que para esos pilotes las cargas máximas del ensayo pueden también ser consideradas como cargas de servicio y en todos los casos es mayor que la carga de diseño.

Esfuerzos máximos medidos en los ensayos

La Tabla 4 a continuación presenta los esfuerzos máximos medidos en campo

Tabla 4: Esfuerzos máximos medidos en los ensayos

Pilote	Compresión máxima (Mpa)		Tracción máxima (Mpa)
	Promedio de los sensores	Máximo de los sensores	
19	10,0	20,7	3,2
34	10,8	23,0	2,7
73	8,4	16,0	1,0

No se detectaron indicios de daños estructurales en los pilotes durante los ensayos.

7 Conclusión

La carga total movilizada en el golpe analizado del pilote ensayado está en negrilla en la Tabla 3 presentada más arriba.

Debido al bajo asentamiento del pilote en los golpes analizados, puede decirse que estas cargas son inferiores a las cargas de rotura del suelo.

Cuando se realiza el ensayo en un pilote que estará en servicio, se lo ensaya para comprobar que la carga de diseño cumple.

En el presente ensayos esas cargas de servicio cumplen con creces los valores estimados de proyecto.

Asunción, 26 de Marzo de 2.024

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Ing. César López Bosio

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

ANEXO

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría
Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77
Asunción - Paraguay

JWB Consulting LLC

Cleveland, 24 de marzo de 2024

Srs.
Logos SRL
Avenida Señora de la Asunción, 930
Asunción, Paraguay

A/C Ing. Cesar Lopez Bosio

N/Ref. Informe 24-002 – Análisis de datos obtenidos en pruebas de carga dinámica en la obra del Puente sobre el Río Ypané, próximo de la ciudad de Belén, entre los departamentos de Concepción y San Pedro

Estimados Señores,

Por el presente se describe y presenta los resultados de análisis de los datos obtenidos en ensayos de prueba de carga dinámica con el equipo PDA (Pile Driving Analyzer), efectuados en la obra en referencia, el 18 y 19 de marzo de 2024. El equipamiento utilizado pertenece al cliente, y el ensayo de campo fue realizado por su personal. Los archivos con los datos recogidos por el PDA, y demás informaciones, nos fueron enviados para elaboración de este informe.

Norma de Referencia

Los ensayos se ejecutaron según la norma ASTM D4945-17 (Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations).

Equipamiento utilizado

Para los ensayos se usó un PDA modelo 8g, 4 sensores de deformación, 2 acelerómetros piezoeléctricos (PE) y 2 acelerómetros piezo-resistivos (PR).

Características de los pilotes

Se ensayaron pilotes pre excavados de hormigón armado, con diámetro nominal de 0,80 m. La Tabla 1 a continuación presenta las características de los pilotes, según informaciones del cliente.

Tabla 1: Características del pilote

Pilote	Diámetro (cm)	Longitud total (m)	Longitud debajo de los sensores (m)	Penetración en el suelo (m)	Fecha del ensayo PDA
19	80	14,0	12,4	12,0	19/03/2024
34	80	12,8	11,2	10,8	18/03/2024
73	80	9,0	7,4	7,0	19/03/2024

Sistema de impacto

Para realizar el ensayo de carga dinámica se usó un sistema para permitir la caída por gravedad de diferentes alturas, de un mazo de 6,2 tons. Entre el mazo y la cabeza del pilote se usó un sistema amortiguador con hojas de madera multi laminada.

Las diferentes alturas de caída están mostradas en la Tabla 2 a continuación.

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Cleveland, Ohio, USA +1-440-684-4360 jbeim@jwbcleveland.com

JWB Consulting LLC

Tabla 2: Pesos y alturas de caída

Pilote	Peso del mazo (tons)	Alturas de caída (cm)	Asentamientos (mm)
19	6,2	30/60/90/105[1]	0/1/1/1
34	6,2	30/60/90/90[1]	0/1/3/1
73	6,2	30/60/90/105[1]	1/1/0/1

1- Señal analizada por el CAPWAP.

Análisis CAPWAP

Las señales correspondientes a los golpes indicados en la Tabla 2 fueron analizadas por el programa CAPWAP. Este programa resuelve la ecuación de la onda usando el método propuesto por E.A. Smith (1960), usando como datos de entrada la señal de velocidad medida, los parámetros conocidos del pilote, y un modelo asumido del suelo. El modelo del suelo es iterativamente cambiado, hasta obtener una buena coincidencia entre la curva de fuerza calculada y la curva de fuerza medida por el PDA. Este modelo final del suelo es la solución del análisis CAPWAP, y representa el comportamiento del suelo en el momento del ensayo.

Los resultados de los análisis CAPWAP están en el Anexo A de este informe. La Tabla 3 a continuación resume los resultados principales.

Tabla 3: Resultados de los análisis CAPWAP

Pilote	Fricción lateral (ton)	Resistencia de punta (ton)	**Capacidad total (ton)**	Energía transferida (ton-m)	Asentamiento en el golpe (mm)
19	155,34	39,77	**195,11**	1,78	1,0
34	136,30	50,53	**186,83**	1,86	1,0
73	149,16	130,37	**279,53**	2,13	1,0

Esfuerzos máximos medidos en los ensayos

La Tabla 4 a continuación presenta los esfuerzos máximos medidos en campo.

Tabla 4: Esfuerzos máximos medidos en los ensayos

Pilote	Compresión máxima (Mpa)		Tracción máxima (Mpa)
	Promedio de los sensores	Máximo de los sensores	
19	10,0	20,7	3,2
34	10,8	23,0	2,7
73	8,4	16,0	1,0

No se detectaron indicios de daños estructurales en los pilotes durante los ensayos.

Conclusiones

Las cargas totales movilizadas en los golpes analizados están en negrilla en la Tabla 3 arriba. Debido al bajo asentamiento del pilote en los golpes analizados, puede decirse que estas cargas son inferiores a las cargas de rotura del suelo.

Cleveland, Ohio, USA +1-440-684-4360 jbeim@jwbcleveland.com

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Local

LOGOS

Ingenieria - Consultoria

JWB Consulting LLC

Nos quedamos a su disposición en caso de cualquier duda o inquietud.

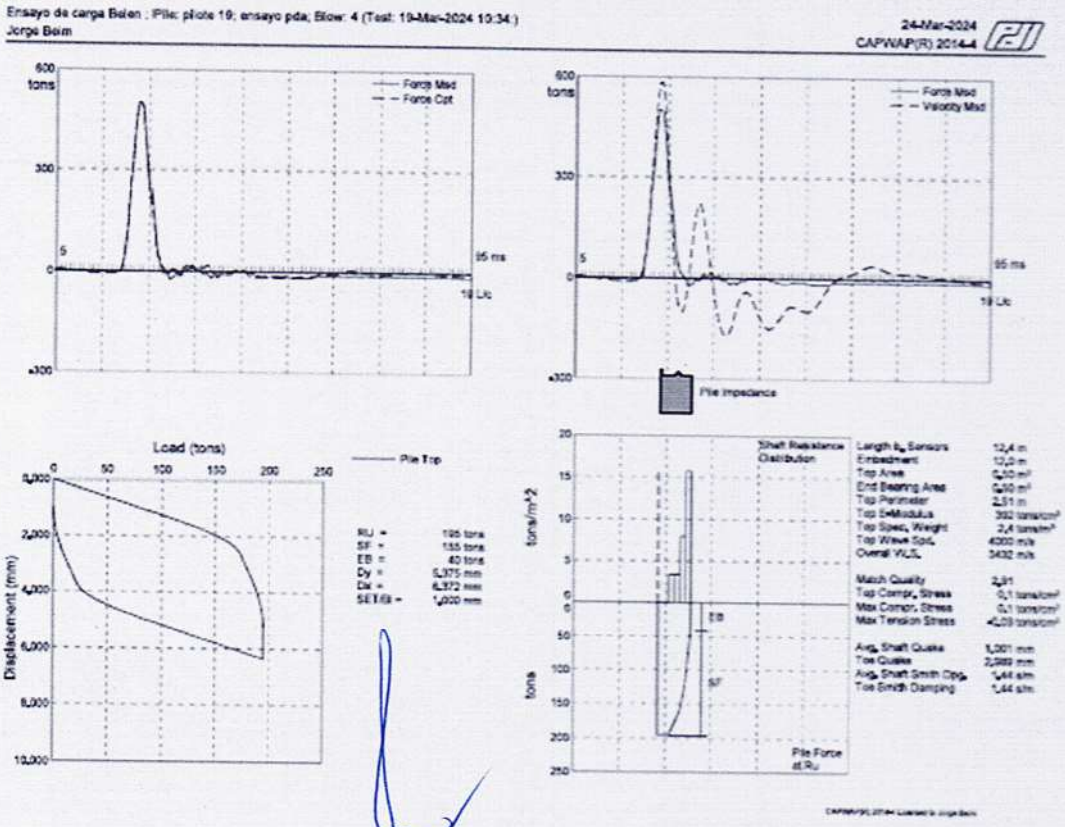
Atentamente,

Ing. Jorge Beim

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Cleveland, Ohio, USA +1-440-684-4360 jbeim@jwbcleveland.com

LOGOS
Ingeniería - Consultoría



ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 19 — Test: 19-Mar-2024 10:34
ensayo pda; Blow: 4 — CAPWAP(R) 2014-4
Jorge Beim — OP: Pedro Escalona

CAPWAP SUMMARY RESULTS

CAPWAP Capacity: 195.11; along Shaft 155.34; at Toe 39.77 tons

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru tons	Force in Pile tons	Sum of Ru tons	Unit Resist. (Depth) tons/m	Unit Resist. (Area) tons/m²	Smith Damping Factor s/m	Quake mm
				195.1					
1	2.2	1.8	0.00	195.1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000
2	4.3	3.9	0.00	195.1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.001
3	6.3	5.9	17.26	177.8	17.26	8.48	3.37	1.44	1.001
4	8.3	7.9	17.26	160.6	34.52	8.48	3.37	1.44	1.001
5	10.4	10.0	40.45	120.1	74.97	19.87	7.91	1.44	1.001
6	12.4	12.0	80.37	39.8	155.34	39.48	15.71	1.44	1.001
Avg. Shaft			25.89			12.95	5.15	1.44	1.001
Toe			39.77				79.12	1.44	2.989

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Case Damping Factor		0.45	0.12
Damping Type		Viscous	Smith
Unloading Quake	(% of loading quake)	254	105
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	82	
Resistance Gap (included in Toe Quake) (mm)			0.003
Soil Plug Weight	(tons)	0.150	1.195
Soil Support Dashpot		0.379	0.000
Soil Support Weight	(tons)	2.61	0.00

CAPWAP match quality = 2.91 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: Final Set = 1.000 mm; Blow Count = 1000 b/m
Computed: Final Set = 1.290 mm; Blow Count = 775 b/m

Transducer F1 (Y332) CAL: 93.9; RF: 1.00; F3 (Y330) CAL: 93.7; RF: 1.00
F5 (Y334) CAL: 93.1; RF: 1.00; F7 (Y331) CAL: 92.5; RF: 1.00
A2*(K13108) CAL: 383; RF: 1.00; A4 (K13109) CAL: 423; RF: 1.00
Not Active A6(74956) CAL: 991; RF: 1.00; A8 (74957) CAL: 1045; RF: 1.00

max. Top Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (T= 23.8 ms, max= 1.096 x Top)
max. Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (Z= 6.3 m, T= 25.4 ms)
max. Tens. Stress = -0.03 tons/cm² (Z= 6.8 m, T= 30.0 ms)
max. Energy (EMX) = 1.78 tons-m; max. Measured Top Displ. (DMX)= 5.474 mm

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Page 1 — Analysis: 24-Mar-2024

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 19
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 19-Mar-2024 10:34
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force tons	min. Force tons	max. Comp. Stress tons/cm²	max. Tens. Stress tons/cm²	max. Trnsfd. Energy tons-m	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	0.6	501.5	-16.0	0.1	-0.00	1.78	1.2	5.446
2	1.2	504.3	-36.9	0.1	-0.01	1.76	1.2	5.716
4	2.2	511.6	-66.3	0.1	-0.01	1.76	1.2	5.642
6	3.2	519.8	-92.5	0.1	-0.02	1.75	1.1	5.531
7	3.7	524.8	-109.4	0.1	-0.02	1.75	1.1	5.463
8	4.3	531.1	-123.1	0.1	-0.02	1.75	1.1	5.390
9	4.8	536.8	-131.5	0.1	-0.03	1.75	1.1	5.313
10	5.3	542.0	-137.6	0.1	-0.03	1.75	1.1	5.234
11	5.8	546.7	-144.3	0.1	-0.03	1.76	1.1	5.154
12	6.3	549.8	-145.8	0.1	-0.03	1.76	1.1	5.073
13	6.8	511.0	-160.0	0.1	-0.03	1.60	1.1	5.009
14	7.3	508.8	-153.6	0.1	-0.03	1.60	1.1	4.973
15	7.8	503.9	-144.0	0.1	-0.03	1.61	1.1	4.950
16	8.3	498.6	-130.6	0.1	-0.03	1.61	1.1	4.954
17	8.8	452.0	-131.6	0.1	-0.03	1.44	1.1	4.993
18	9.3	440.8	-111.2	0.1	-0.02	1.44	1.2	5.030
19	9.9	426.8	-89.1	0.1	-0.02	1.44	1.2	5.063
20	10.4	411.7	-68.7	0.1	-0.01	1.44	1.2	5.091
21	10.9	311.1	-72.4	0.1	-0.01	1.05	1.3	5.121
22	11.4	300.4	-50.8	0.1	-0.01	1.05	1.3	5.144
23	11.9	289.1	-28.0	0.1	-0.01	1.05	1.3	5.158
24	12.4	274.4	-21.2	0.1	-0.00	0.36	1.3	5.163
Absolute	6.3			0.1			(T =	25.4 ms)
	6.8				-0.03		(T =	30.0 ms)

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Page 2

Analysis: 24-Mar-2024

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 19 — Test: 19-Mar-2024 10:34
ensayo pda; Blow: 4 — CAPWAP(R) 2014-4
Jorge Beim — OP: Pedro Escalona

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RX	510	452	395	338	281	224	173	171	169	167
RU	610	563	516	469	422	375	328	281	233	186

RAU = 0 (tons); RA2 = 0 (tons)

Current CAPWAP Ru = 195 (tons); J(RX)= 0.56

VMX m/s	TVP ms	VT1*Z tons	FT1 tons	FMX tons	DMX mm	DFN mm	SET mm	EMX tons-m	QUS tons	KEB tons/mm
1.2	23.49	585	496	502	5.474	0.987	1.000	1.78	551	13

PILE PROFILE AND PILE MODEL

Depth m	Area m²	E-Modulus tons/cm²	Spec. Weight tons/m³	Perim. m
0.0	0.50	392.0	2.403	2.51
1.2	0.50	392.0	2.403	2.51
1.2	0.50	280.0	2.403	2.51
12.4	0.50	280.0	2.403	2.51

Toe Area 0.50 m²

Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance tons/m/s	Imped. Change %	Slack tons	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Wave Speed m/s	Soil Plug tons
1	0.6	492.64	0.00	16	1.000	-0.00	0.000	2.51	3999.7	0.000
2	1.2	492.09	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3995.2	0.000
3	1.7	416.36	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
13	6.8	437.23	5.01	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
14	7.3	458.10	10.03	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
15	7.8	456.06	9.54	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
16	8.3	436.53	4.84	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
17	8.8	416.36	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
24	12.4	416.36	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.150

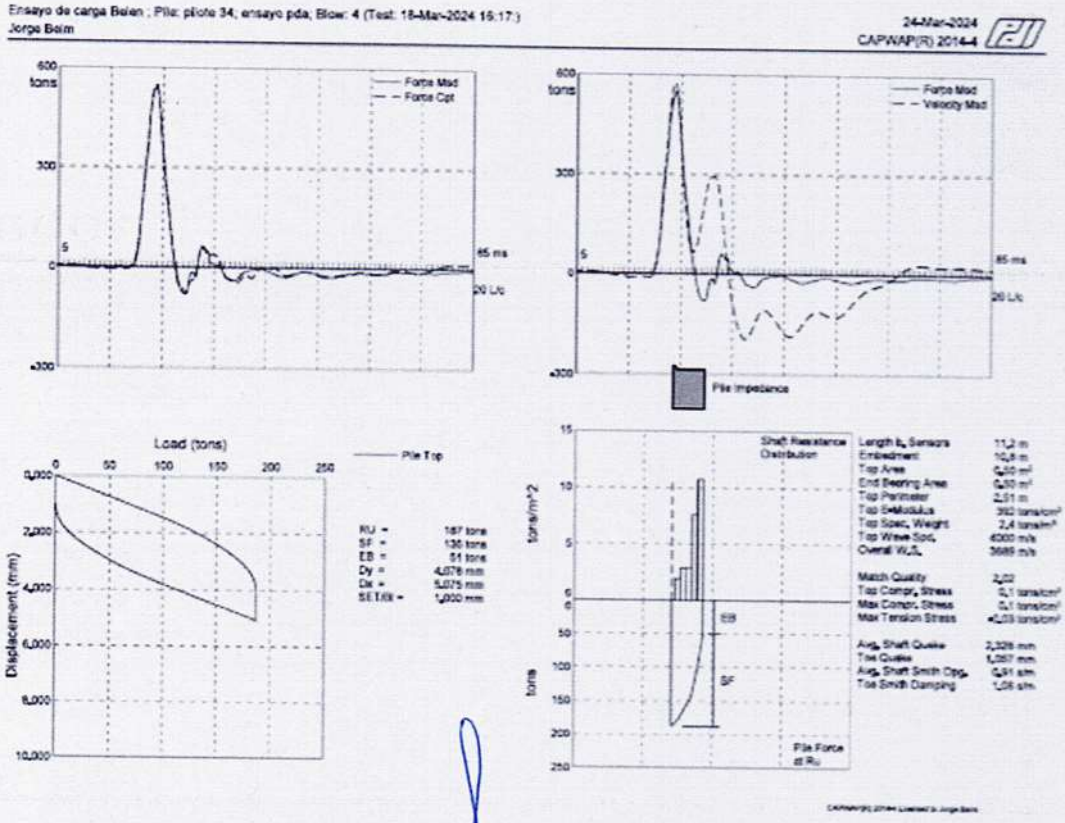
Wave Speed: Pile Top 4000.0, Elastic 3431.8, Overall 3431.8 m/s
Pile Damping 3.00 %
Total volume: 6.308 m³; Volume ratio considering added impedance: 1.012

Time (ms)	0.0	32.5	37.0
Time Incr	0.151	0.242	0.152

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría
Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77
Asunción - Paraguay

LOGOS
Ingeniería - Consultoría



ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 34
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beiz

Test: 18-Mar-2024 16:17
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

CAPWAP SUMMARY RESULTS

CAPWAP Capacity: 186.83; along Shaft 136.30; at Toe 50.53 tons

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru tons	Force in Pile tons	Sum of Ru tons	Unit Resist. (Depth) tons/m	Unit Resist. (Area) tons/m²
				186.8			
1	3.1	2.7	13.14	173.7	13.14	4.87	1.94
2	5.1	4.7	14.68	159.0	27.82	7.25	2.88
3	7.1	6.7	14.93	144.1	42.75	7.37	2.93
4	9.2	8.8	38.73	105.4	81.48	19.12	7.61
5	11.2	10.8	54.82	50.5	136.30	27.06	10.77
Avg. Shaft			27.26			12.62	5.02
Toe			50.53				100.53

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Smith Damping Factor		0.91	1.08
Quake	(mm)	2.328	1.057
Case Damping Factor		0.25	0.11
Damping Type		Sm+Visc	Sm+Visc
Unloading Quake	(% of loading quake)	224	30
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	48	
Resistance Gap (included in Toe Quake) (mm)			0.057
Soil Plug Weight	(tons)		1.418
Soil Support Dashpot		0.446	0.000
Soil Support Weight	(tons)	2.60	0.00

CAPWAP match quality = 2.02 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: Final Set = 1.000 mm; Blow Count = 1000 b/m
Computed: Final Set = 0.100 mm; Blow Count = 9999 b/m

Transducer
F1 (T332) CAL: 93.9; RF: 1.00; F3 (T330) CAL: 93.7; RF: 1.00
F5 (T334) CAL: 93.1; RF: 1.00; F7 (T331) CAL: 92.5; RF: 1.00
A2 (K13108) CAL: 383; RF: 1.00; A4 (K13109) CAL: 423; RF: 1.00
A6 (74956) CAL: 991; RF: 1.00; A8 (74957) CAL: 1045; RF: 1.00

max. Top Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (T= 24.2 ms, max= 1.026 x Top)
max. Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (Z= 3.1 m, T= 24.8 ms)
max. Tens. Stress = -0.03 tons/cm² (Z= 5.6 m, T= 29.4 ms)
max. Energy (EMX) = 1.86 tons-m; max. Measured Top Displ. (DMX)= 7.045 mm

Page 1

Analysis: 24-Mar-2024

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 34
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 18-Mar-2024 16:17
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force tons	min. Force tons	max. Comp. Stress tons/cm²	max. Tens. Stress tons/cm²	max. Trnsfd. Energy tons-m	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	0.6	548.0	-91.6	0.1	-0.02	1.86	1.2	7.048
2	1.1	550.2	-104.1	0.1	-0.02	1.87	1.2	7.000
3	1.6	552.6	-114.7	0.1	-0.02	1.87	1.2	6.938
4	2.1	555.4	-123.4	0.1	-0.02	1.87	1.2	6.861
5	2.6	558.5	-130.2	0.1	-0.03	1.87	1.1	6.775
6	3.1	562.1	-136.0	0.1	-0.03	1.88	1.1	6.680
7	3.6	539.3	-158.0	0.1	-0.03	1.77	1.1	6.587
8	4.1	540.5	-160.1	0.1	-0.03	1.78	1.1	6.497
9	4.6	539.6	-159.3	0.1	-0.03	1.78	1.1	6.414
10	5.1	535.9	-155.6	0.1	-0.03	1.78	1.1	6.341
11	5.6	507.9	-166.9	0.1	-0.03	1.67	1.2	6.280
12	6.1	500.3	-158.4	0.1	-0.03	1.67	1.2	6.229
13	6.6	489.9	-146.2	0.1	-0.03	1.67	1.3	6.188
14	7.1	475.2	-128.6	0.1	-0.03	1.67	1.3	6.161
15	7.7	435.8	-126.0	0.1	-0.03	1.55	1.3	6.146
16	8.2	410.0	-101.1	0.1	-0.02	1.55	1.4	6.131
17	8.7	388.0	-72.8	0.1	-0.01	1.55	1.4	6.111
18	9.2	381.1	-45.7	0.1	-0.01	1.55	1.4	6.091
19	9.7	314.8	-49.2	0.1	-0.01	1.22	1.4	6.083
20	10.2	301.8	-41.3	0.1	-0.01	1.22	1.5	6.079
21	10.7	279.7	-36.0	0.1	-0.01	1.22	1.5	6.073
22	11.2	259.3	-32.6	0.1	-0.01	0.74	1.5	6.061
Absolute	3.1			0.1			(T =	24.8 ms)
	5.6				-0.03		(T =	29.4 ms)

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Analysis: 24-Mar-2024

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría
Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77
Asunción - Paraguay

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 34 — Test: 18-Mar-2024 16:17
ensayo pda; Blow: 4 — CAPWAP(R) 2014-4
Jorge Beim — OP: Pedro Escalona

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RX	416	346	276	213	208	202	197	192	187	181
RU	416	346	276	206	136	66	0	0	0	0

RAU = 102 (tons); RA2 = 94 (tons)

Current CAPWAP Ru = 187 (tons); J(RX)= 0.79

VMX m/s	TVP ms	VT1*Z tons	FT1 tons	FMX tons	DMX mm	DFN mm	SET mm	EMX tons-m	QUS tons	KEB tons/mm
1.2	23.88	578	539	555	7.045	1.133	1.000	1.89	469	51

PILE PROFILE AND PILE MODEL

Depth m	Area m²	E-Modulus tons/cm²	Spec. Weight tons/m³	Perim. m
0.0	0.50	392.0	2.403	2.51
0.7	0.50	392.0	2.403	2.51
0.7	0.50	330.0	2.403	2.51
11.2	0.50	330.0	2.403	2.51

Toe Area 0.50 m²

Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance tons/m/s	Imped. Change %	Slack tons	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Wave Speed m/s
1	0.6	492.64	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3999.7
2	1.1	462.90	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3758.2
3	1.6	452.00	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3669.8
22	11.2	452.00	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3669.8

Wave Speed: Pile Top 4000.0, Elastic 3688.8, Overall 3688.8 m/s
Pile Damping 3.00 %
Total volume: 5.630 m³ Volume ratio considering added impedance: 1.000

Time (ms)	0.0	30.0	34.0	45.0	51.0	59.0
Time Incr	0.138	0.193	0.207	0.138	0.207	0.138

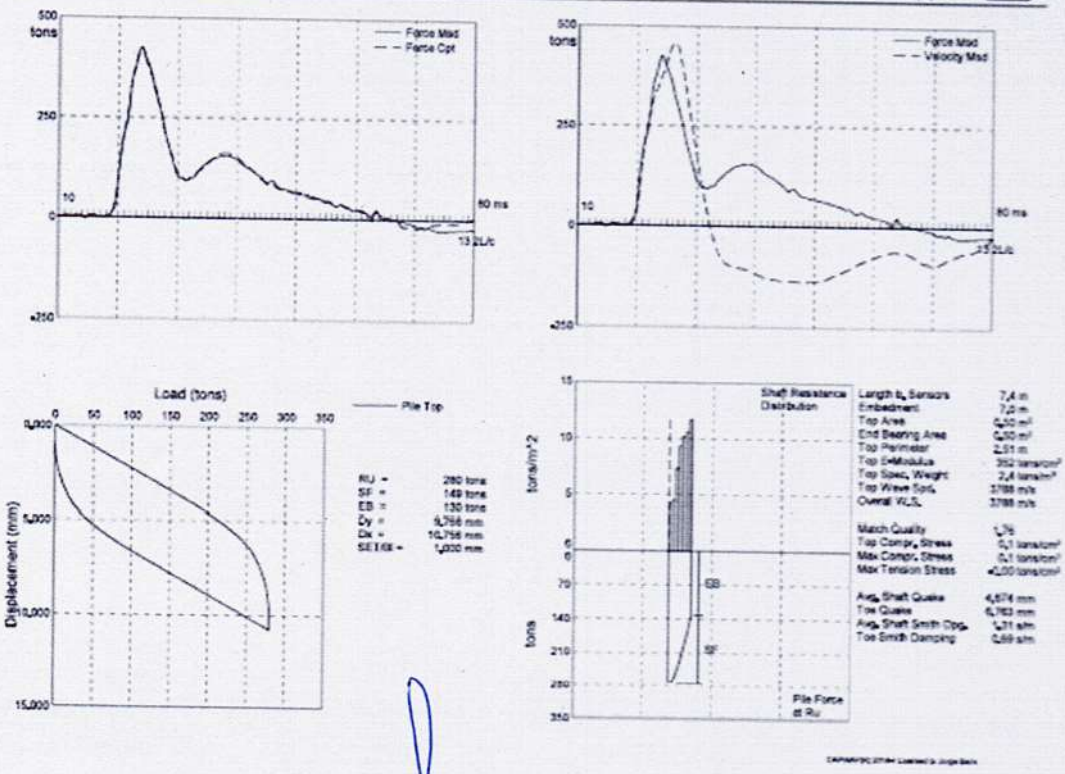
ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría
Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77
Asunción - Paraguay

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 73; ensayo pda; Blow: 4 (Test: 19-Mar-2024 15:08)
Jorge Beim

24-Mar-2024
CAPWAP(R) 2014-4



ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 73
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 19-Mar-2024 16:08
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

CAPWAP SUMMARY RESULTS

CAPWAP Capacity: 279.53; along Shaft 149.16; at Toe 130.37 tons

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru tons	Force in Pile tons	Sum of Ru tons	Unit Resist. (Depth) tons/m	Unit Resist. (Area) tons/m²
				279.5			
1	1.1	0.7	6.83	272.7	6.83	10.39	4.14
2	2.1	1.7	12.10	260.6	18.93	11.45	4.55
3	3.2	2.8	19.38	241.2	38.31	18.33	7.29
4	4.2	3.8	24.72	216.5	63.03	23.38	9.30
5	5.3	4.9	26.94	189.6	89.97	25.48	10.14
6	6.3	5.9	28.09	161.5	118.06	26.57	10.57
7	7.4	7.0	31.10	130.4	149.16	29.42	11.71
Avg. Shaft			21.31			21.31	8.48
Toe			130.37				259.36

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Smith Damping Factor		1.31	0.69
Quake	(mm)	4.874	6.763
Case Damping Factor		0.42	0.19
Damping Type		Viscous	Smith
Unloading Quake	(% of loading quake)	222	86
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	75	
Soil Plug Weight	(tons)		1.154
Soil Support Dashpot		0.408	0.000
Soil Support Weight	(tons)	1.36	0.00

CAPWAP match quality = 1.76 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: Final Set = 1.000 mm; Blow Count = 1000 b/m
Computed: Final Set = 0.100 mm; Blow Count = 9999 b/m

Transducer F1 (Y332) CAL: 93.9; RF: 1.00; F3 (Y330) CAL: 93.7; RF: 1.00
F5*(Y334) CAL: 93.1; RF: 1.00; F7*(Y331) CAL: 92.5; RF: 1.00
A2 (K13108) CAL: 383; RF: 1.00; A4*(K13109) CAL: 423; RF: 1.00
Not Active A6 (74956) CAL: 991; RF: 1.00; A8(74957) CAL: 1045; RF: 1.00

max. Top Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (T= 24.0 ms, max= 1.000 x Top)
max. Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (Z= 1.1 m, T= 24.0 ms)
max. Tens. Stress = -0.00 tons/cm² (Z= 1.1 m, T= 70.8 ms)
max. Energy (EMX) = 2.13 tons-m; max. Measured Top Displ. (DMX)= 7.312 mm

Page 1

Analysis: 24-Mar-2024

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

LOGOS
Ingeniería - Consultoría

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 73
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beix

Test: 19-Mar-2024 16:08
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force tons	min. Force tons	max. Comp. Stress tons/cm²	max. Tens. Stress tons/cm²	max. Trnsfd. Energy tons-m	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	1.1	409.2	-20.6	0.1	-0.00	2.13	1.0	7.295
2	2.1	374.8	-19.4	0.1	-0.00	2.05	1.0	7.222
3	3.2	333.2	-18.3	0.1	-0.00	1.91	1.0	7.144
4	4.2	280.5	-16.8	0.1	-0.00	1.71	1.0	7.064
5	5.3	235.7	-15.2	0.0	-0.00	1.46	1.0	6.984
6	6.3	207.9	-13.4	0.0	-0.00	1.20	1.0	6.905
7	7.4	183.5	-9.6	0.0	-0.00	0.68	1.0	6.827
Absolute	1.1			0.1			(T =	24.0 ms)
	1.1				-0.00		(T =	70.8 ms)

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RX	370	331	294	259	228	217	213	213	213	213
RU	367	326	285	243	202	161	120	78	37	0

RAU = 213 (tons); RA2 = 209 (tons)

Current CAPWAP Ru = 280 (tons); J(RX)= 0.24

VMX m/s	TVP ms	VT1*Z tons	FT1 tons	FMX tons	DMX mm	DFN mm	SET mm	EMX tons-m	QUS tons	KEB tons/mm
1.0	26.24	459	321	429	7.312	1.002	1.000	2.13	512	19

PILE PROFILE AND PILE MODEL

	Depth m	Area m²	E-Modulus tons/cm²	Spec. Weight tons/m³	Perim. m
	0.0	0.50	351.5	2.403	2.51
	7.4	0.50	351.5	2.403	2.51

Toe Area 0.50 m²

Top Segment Length 1.06 m, Top Impedance 466 tons/m/s

Wave Speed: Pile Top 3787.7, Elastic 3787.7, Overall 3787.7 m/s

Pile Damping 3.00 %

Total volume: 3.720 m³, Volume ratio considering added impedance: 1.000

Time (ms)	0.0	33.0	50.0
Time Incr	0.279	0.447	0.279

Page 2

Analysis: 24-Mar-2024

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Asunción, 26 de Septiembre de 2.023

Ing. César López Bosio

JWB Consulting LLC

Cleveland, 24 de marzo de 2024

Srs.
Logos SRL
Avenida Señora de la Asunción, 930
Asunción, Paraguay

A/C Ing. Cesar Lopez Bosio

N/Ref. Informe 24-002 – Análisis de datos obtenidos en pruebas de carga dinámica en la obra del Puente sobre el Río Ypané, próximo de la ciudad de Belén, entre los departamentos de Concepción y San Pedro

Estimados Señores,

Por el presente se describe y presenta los resultados de análisis de los datos obtenidos en ensayos de prueba de carga dinámica con el equipo PDA (Pile Driving Analyzer), efectuados en la obra en referencia, el 18 y 19 de marzo de 2024. El equipamiento utilizado pertenece al cliente, y el ensayo de campo fue realizado por su personal. Los archivos con los datos recogidos por el PDA, y demás informaciones, nos fueron enviados para elaboración de este informe.

Norma de Referencia

Los ensayos se ejecutaron según la norma ASTM D4945-17 (Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations).

Equipamiento utilizado

Para los ensayos se usó un PDA modelo 8g, 4 sensores de deformación, 2 acelerómetros piezoeléctricos (PE) y 2 acelerómetros piezo-resistivos (PR).

Características de los pilotes

Se ensayaron pilotes pre excavados de hormigón armado, con diámetro nominal de 0,80 m. La Tabla 1 a continuación presenta las características de los pilotes, según informaciones del cliente.

Tabla 1: Características del pilote

Pilote	Diámetro (cm)	Longitud total (m)	Longitud debajo de los sensores (m)	Penetración en el suelo (m)	Fecha del ensayo PDA
19	80	14,0	12,4	12,0	19/03/2024
34	80	12,8	11,2	10,8	18/03/2024
73	80	9,0	7,4	7,0	19/03/2024

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Sistema de impacto

Para realizar el ensayo de carga dinámica se usó un sistema para permitir la caída por gravedad de diferentes alturas, de un mazo de 6,2 tons. Entre el mazo y la cabeza del pilote se usó un sistema amortiguador con hojas de madera multi laminada.

Las diferentes alturas de caída están mostradas en la Tabla 2 a continuación.

JWB Consulting LLC

Tabla 2: Pesos y alturas de caída

Pilote	Peso del mazo (tons)	Alturas de caída (cm)	Asentamientos (mm)
19	6,2	30/60/90/105[1]	0/1/1/1
34	6,2	30/60/90/90[1]	0/1/3/1
73	6,2	30/60/90/105[1]	1/1/0/1

1- Señal analizada por el CAPWAP.

Análisis CAPWAP

Las señales correspondientes a los golpes indicados en la Tabla 2 fueron analizadas por el programa CAPWAP. Este programa resuelve la ecuación de la onda usando el método propuesto por E.A. Smith (1960), usando como datos de entrada la señal de velocidad medida, los parámetros conocidos del pilote, y un modelo asumido del suelo. El modelo del suelo es iterativamente cambiado, hasta obtener una buena coincidencia entre la curva de fuerza calculada y la curva de fuerza medida por el PDA. Este modelo final del suelo es la solución del análisis CAPWAP, y representa el comportamiento del suelo en el momento del ensayo.

Los resultados de los análisis CAPWAP están en el Anexo A de este informe. La Tabla 3 a continuación resume los resultados principales.

Tabla 3: Resultados de los análisis CAPWAP

Pilote	Fricción lateral (ton)	Resistencia de punta (ton)	**Capacidad total (ton)**	Energía transferida (ton-m)	Asentamiento en el golpe (mm)
19	155,34	39,77	**195,11**	1,78	1,0
34	136,30	50,53	**186,83**	1,86	1,0
73	149,16	130,37	**279,53**	2,13	1,0

Esfuerzos máximos medidos en los ensayos

La Tabla 4 a continuación presenta los esfuerzos máximos medidos en campo.

Tabla 4: Esfuerzos máximos medidos en los ensayos

Pilote	Compresión máxima (Mpa)		Tracción máxima (Mpa)
	Promedio de los sensores	Máximo de los sensores	
19	10,0	20,7	3,2
34	10,8	23,0	2,7
73	8,4	16,0	1,0

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

No se detectaron indicios de daños estructurales en los pilotes durante los ensayos.

Conclusiones

Las cargas totales movilizadas en los golpes analizados están en negrilla en la Tabla 3 arriba. Debido al bajo asentamiento del pilote en los golpes analizados, puede decirse que estas cargas son inferiores a las cargas de rotura del suelo.

JWB Consulting LLC

Nos quedamos a su disposición en caso de cualquier duda o inquietud.

Atentamente,

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Ing. Jorge Beim

Cleveland, Ohio, USA +1-440-684-4360 jbeim@jwbcleveland.com

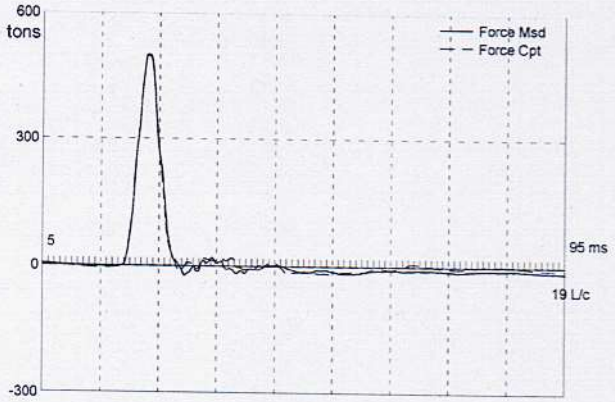
JWB Consulting LLC

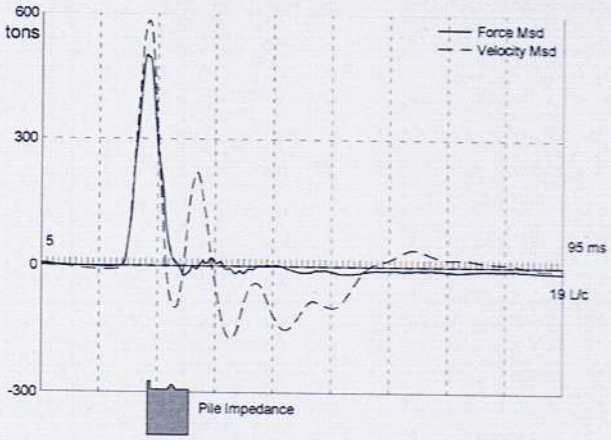
ANEXO A

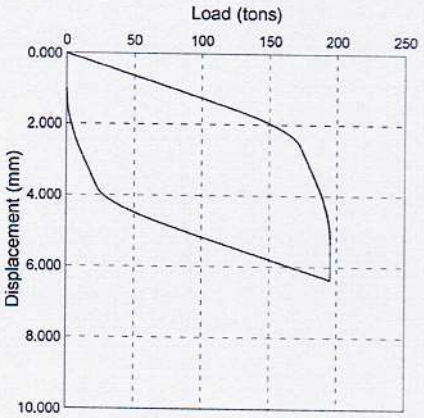
ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 19; ensayo pda; Blow: 4 (Test: 19-Mar-2024 10:34:)
Jorge Beim

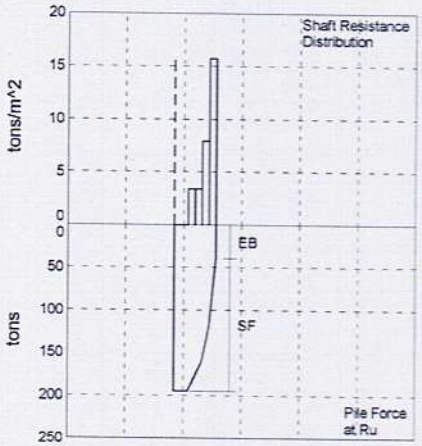
24-Mar-2024
CAPWAP(R) 2014-4







RU =	195 tons
SF =	155 tons
EB =	40 tons
Dy =	5.375 mm
Dx =	6.372 mm
SET/BI =	1.000 mm



Length b. Sensors	12.4 m
Embedment	12.0 m
Top Area	0.50 m²
End Bearing Area	0.50 m²
Top Perimeter	2.51 m
Top E-Modulus	392 tons/cm²
Top Spec. Weight	2.4 tons/m³
Top Wave Spd.	4000 m/s
Overall W.S.	3432 m/s
Match Quality	2.91
Top Compr. Stress	0.1 tons/cm²
Max Compr. Stress	0.1 tons/cm²
Max Tension Stress	-0.03 tons/cm²
Avg. Shaft Quake	1.001 mm
Toe Quake	2.989 mm
Avg. Shaft Smith Dpg.	1.44 s/m
Toe Smith Damping	1.44 s/m

CAPWAP(R) 2014-4 Licensed to Jorge Beim

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 19
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 19-Mar-2024 10:34
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

CAPWAP SUMMARY RESULTS

CAPWAP Capacity: 195.11; along Shaft 155.34; at Toe 39.77 tons

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru tons	Force in Pile tons	Sum of Ru tons	Unit Resist. (Depth) tons/m	Unit Resist. (Area) tons/m²	Smith Damping Factor s/m	Quake mm
				195.1					
1	2.2	1.8	0.00	195.1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000
2	4.3	3.9	0.00	195.1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.001
3	6.3	5.9	17.26	177.8	17.26	8.48	3.37	1.44	1.001
4	8.3	7.9	17.26	160.6	34.52	8.48	3.37	1.44	1.001
5	10.4	10.0	40.45	120.1	74.97	19.87	7.91	1.44	1.001
6	12.4	12.0	80.37	39.8	155.34	39.48	15.71	1.44	1.001
Avg. Shaft			25.89			12.95	5.15	1.44	1.001
Toe			39.77				79.12	1.44	2.989

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Case Damping Factor		0.45	0.12
Damping Type		Viscous	Smith
Unloading Quake	(% of loading quake)	254	105
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	82	
Resistance Gap (included in Toe Quake) (mm)			0.003
Soil Plug Weight	(tons)	0.150	1.195
Soil Support Dashpot		0.379	0.000
Soil Support Weight	(tons)	2.61	0.00

CAPWAP match quality = 2.91 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: Final Set = 1.000 mm; Blow Count = 1000 b/m
Computed: Final Set = 1.290 mm; Blow Count = 775 b/m

Transducer F1 (Y332) CAL: 93.9; RF: 1.00; F3 (Y330) CAL: 93.7; RF: 1.00
F5 (Y334) CAL: 93.1; RF: 1.00; F7 (Y331) CAL: 92.5; RF: 1.00
A2*(K13108) CAL: 383; RF: 1.00; A4 (K13109) CAL: 423; RF: 1.00
Not Active A6(74956) CAL: 991; RF: 1.00; A8 (74957) CAL: 1045; RF: 1.00

max. Top Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (T= 23.8 ms, max= 1.096 x Top)
max. Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (Z= 6.3 m, T= 25.4 ms)
max. Tens. Stress = -0.03 tons/cm² (Z= 6.8 m, T= 30.0 ms)
max. Energy (EMX) = 1.78 tons-m; max. Measured Top Displ. (DMX)= 5.474 mm

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Analysis: 24-Mar-2024

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 19
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 19-Mar-2024 10:34
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force tons	min. Force tons	max. Comp. Stress tons/cm²	max. Tens. Stress tons/cm²	max. Trnsfd. Energy tons-m	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	0.6	501.5	-16.0	0.1	-0.00	1.78	1.2	5.446
2	1.2	504.3	-36.9	0.1	-0.01	1.76	1.2	5.716
4	2.2	511.6	-66.3	0.1	-0.01	1.76	1.2	5.642
6	3.2	519.8	-92.5	0.1	-0.02	1.75	1.1	5.531
7	3.7	524.8	-109.4	0.1	-0.02	1.75	1.1	5.463
8	4.3	531.1	-123.1	0.1	-0.02	1.75	1.1	5.390
9	4.8	536.8	-131.5	0.1	-0.03	1.75	1.1	5.313
10	5.3	542.0	-137.6	0.1	-0.03	1.75	1.1	5.234
11	5.8	546.7	-144.3	0.1	-0.03	1.76	1.1	5.154
12	6.3	549.8	-145.8	0.1	-0.03	1.76	1.1	5.073
13	6.8	511.0	-160.0	0.1	-0.03	1.60	1.1	5.009
14	7.3	508.8	-153.6	0.1	-0.03	1.60	1.1	4.973
15	7.8	503.9	-144.0	0.1	-0.03	1.61	1.1	4.950
16	8.3	498.6	-130.6	0.1	-0.03	1.61	1.1	4.954
17	8.8	452.0	-131.6	0.1	-0.03	1.44	1.1	4.993
18	9.3	440.8	-111.2	0.1	-0.02	1.44	1.2	5.030
19	9.9	426.8	-89.1	0.1	-0.02	1.44	1.2	5.063
20	10.4	411.7	-68.7	0.1	-0.01	1.44	1.2	5.091
21	10.9	311.1	-72.4	0.1	-0.01	1.05	1.3	5.121
22	11.4	300.4	-50.8	0.1	-0.01	1.05	1.3	5.144
23	11.9	289.1	-28.0	0.1	-0.01	1.05	1.3	5.158
24	12.4	274.4	-21.2	0.1	-0.00	0.36	1.3	5.163
Absolute	6.3			0.1			(T =	25.4 ms)
	6.8				-0.03		(T =	30.0 ms)

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Analysis: 24-Mar-2024

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 19
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 19-Mar-2024 10:34
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RX	510	452	395	338	281	224	173	171	169	167
RU	610	563	516	469	422	375	328	281	233	186

RAU = 0 (tons); RA2 = 0 (tons)

Current CAPWAP Ru = 195 (tons); J(RX)= 0.56

VMX m/s	TVP ms	VT1*Z tons	FT1 tons	FMX tons	DMX mm	DFN mm	SET mm	EMX tons-m	QUS tons	KEB tons/mm
1.2	23.49	585	496	502	5.474	0.987	1.000	1.78	551	13

PILE PROFILE AND PILE MODEL

Depth m	Area m^2	E-Modulus $tons/cm^2$	Spec. Weight $tons/m^3$	Perim. m
0.0	0.50	392.0	2.403	2.51
1.2	0.50	392.0	2.403	2.51
1.2	0.50	280.0	2.403	2.51
12.4	0.50	280.0	2.403	2.51

Toe Area 0.50 m^2

Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance tons/m/s	Imped. Change %	Tension Slack tons	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Wave Speed m/s	Soil Plug tons
1	0.6	492.64	0.00	16	1.000	-0.00	0.000	2.51	3999.7	0.000
2	1.2	492.09	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3995.2	0.000
3	1.7	416.36	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
13	6.8	437.23	5.01	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
14	7.3	458.10	10.03	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
15	7.8	456.06	9.54	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
16	8.3	436.53	4.84	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
17	8.8	416.36	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.000
24	12.4	416.36	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3380.4	0.150

Wave Speed: Pile Top 4000.0, Elastic 3431.8, Overall 3431.8 m/s
Pile Damping 3.00 %
Total volume: 6.308 m^3; Volume ratio considering added impedance: 1.012

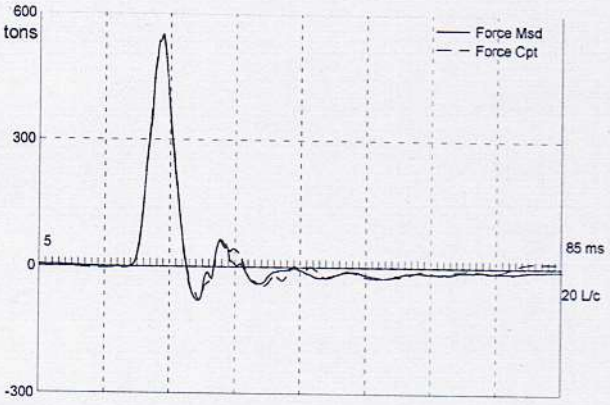
Time (ms)	0.0	32.5	37.0
Time Incr	0.151	0.242	0.152

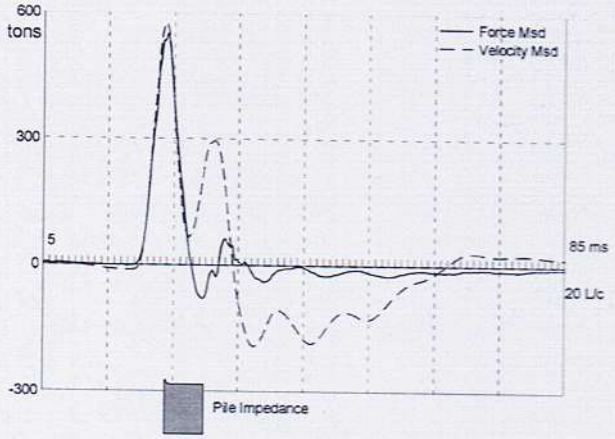
ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

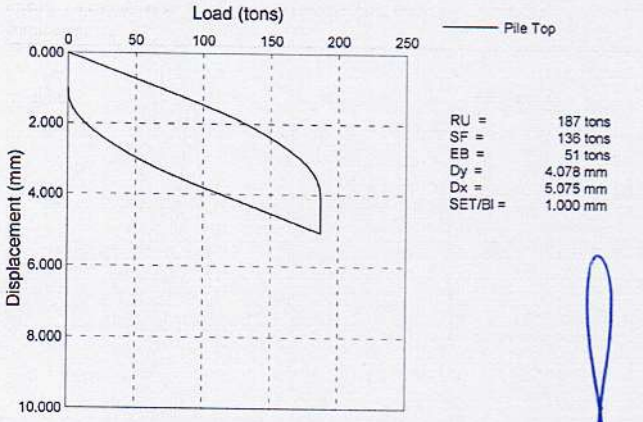
Analysis: 24-Mar-2024

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 34; ensayo pda; Blow: 4 (Test: 18-Mar-2024 16:17:)
Jorge Beim

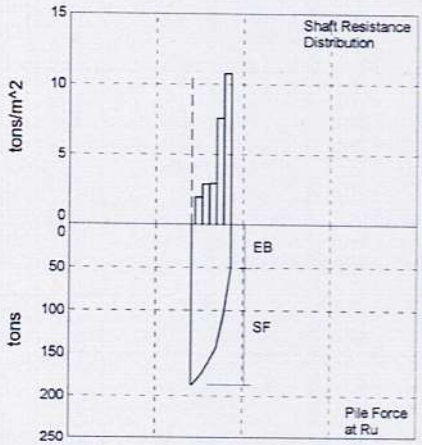
24-Mar-2024
CAPWAP(R) 2014-4







RU =	187 tons
SF =	136 tons
EB =	51 tons
Dy =	4.078 mm
Dx =	5.075 mm
SET/BI =	1.000 mm



Length b. Sensors	11.2 m
Embedment	10.8 m
Top Area	0.50 m²
End Bearing Area	0.50 m²
Top Perimeter	2.51 m
Top E-Modulus	392 tons/cm²
Top Spec. Weight	2.4 tons/m³
Top Wave Spd.	4000 m/s
Overall W.S.	3689 m/s
Match Quality	2.02
Top Compr. Stress	0.1 tons/cm²
Max Compr. Stress	0.1 tons/cm²
Max Tension Stress	-0.03 tons/cm²
Avg. Shaft Quake	2.328 mm
Toe Quake	1.057 mm
Avg. Shaft Smith Dpg.	0.91 s/m
Toe Smith Damping	1.08 s/m

CAPWAP(R) 2014-4 Licensed to Jorge Beim

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 34
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 18-Mar-2024 16:17
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

CAPWAP SUMMARY RESULTS

CAPWAP Capacity: 186.83; along Shaft 136.30; at Toe 50.53 tons

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru tons	Force in Pile tons	Sum of Ru tons	Unit Resist. (Depth) tons/m	Unit Resist. (Area) tons/m²
				186.8			
1	3.1	2.7	13.14	173.7	13.14	4.87	1.94
2	5.1	4.7	14.68	159.0	27.82	7.25	2.88
3	7.1	6.7	14.93	144.1	42.75	7.37	2.93
4	9.2	8.8	38.73	105.4	81.48	19.12	7.61
5	11.2	10.8	54.82	50.5	136.30	27.06	10.77
Avg. Shaft			27.26			12.62	5.02
Toe			50.53				100.53

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Smith Damping Factor		0.91	1.08
Quake	(mm)	2.328	1.057
Case Damping Factor		0.25	0.11
Damping Type		Sm+Visc	Sm+Visc
Unloading Quake	(% of loading quake)	224	30
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	48	
Resistance Gap (included in Toe Quake)	(mm)		0.057
Soil Plug Weight	(tons)		1.418
Soil Support Dashpot		0.446	0.000
Soil Support Weight	(tons)	2.60	0.00

CAPWAP match quality = 2.02 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: Final Set = 1.000 mm; Blow Count = 1000 b/m
Computed: Final Set = 0.100 mm; Blow Count = 9999 b/m

Transducer
F1 (Y332) CAL: 93.9; RF: 1.00; F3 (Y330) CAL: 93.7; RF: 1.00
F5 (Y334) CAL: 93.1; RF: 1.00; F7 (Y331) CAL: 92.5; RF: 1.00
A2 (K13108) CAL: 383; RF: 1.00; A4 (K13109) CAL: 423; RF: 1.00
A6 (74956) CAL: 991; RF: 1.00; A8 (74957) CAL: 1045; RF: 1.00

max. Top Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (T= 24.2 ms, max= 1.026 x Top)
max. Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (Z= 3.1 m, T= 24.8 ms)
max. Tens. Stress = -0.03 tons/cm² (Z= 5.6 m, T= 29.4 ms)
max. Energy (EMX) = 1.86 tons-m; max. Measured Top Displ. (DMX)= 7.045 mm

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Analysis: 24-Mar-2024

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 34
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 18-Mar-2024 16:17
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force tons	min. Force tons	max. Comp. Stress tons/cm²	max. Tens. Stress tons/cm²	max. Trnsfd. Energy tons-m	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	0.6	548.0	-91.6	0.1	-0.02	1.86	1.2	7.048
2	1.1	550.2	-104.1	0.1	-0.02	1.87	1.2	7.000
3	1.6	552.6	-114.7	0.1	-0.02	1.87	1.2	6.938
4	2.1	555.4	-123.4	0.1	-0.02	1.87	1.2	6.861
5	2.6	558.5	-130.2	0.1	-0.03	1.87	1.1	6.775
6	3.1	562.1	-136.0	0.1	-0.03	1.88	1.1	6.680
7	3.6	539.3	-158.0	0.1	-0.03	1.77	1.1	6.587
8	4.1	540.5	-160.1	0.1	-0.03	1.78	1.1	6.497
9	4.6	539.6	-159.3	0.1	-0.03	1.78	1.1	6.414
10	5.1	535.9	-155.6	0.1	-0.03	1.78	1.1	6.341
11	5.6	507.9	-166.9	0.1	-0.03	1.67	1.2	6.280
12	6.1	500.3	-158.4	0.1	-0.03	1.67	1.2	6.229
13	6.6	489.9	-146.2	0.1	-0.03	1.67	1.3	6.188
14	7.1	475.2	-128.6	0.1	-0.03	1.67	1.3	6.161
15	7.7	435.8	-126.0	0.1	-0.03	1.55	1.3	6.146
16	8.2	410.0	-101.1	0.1	-0.02	1.55	1.4	6.131
17	8.7	388.0	-72.8	0.1	-0.01	1.55	1.4	6.111
18	9.2	381.1	-45.7	0.1	-0.01	1.55	1.4	6.091
19	9.7	314.8	-49.2	0.1	-0.01	1.22	1.4	6.083
20	10.2	301.8	-41.3	0.1	-0.01	1.22	1.5	6.079
21	10.7	279.7	-36.0	0.1	-0.01	1.22	1.5	6.073
22	11.2	259.3	-32.6	0.1	-0.01	0.74	1.5	6.061
Absolute	3.1			0.1			(T =	24.8 ms)
	5.6				-0.03		(T =	29.4 ms)

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Analysis: 24-Mar-2024

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 34
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 18-Mar-2024 16:17
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RX	416	346	276	213	208	202	197	192	187	181
RU	416	346	276	206	136	66	0	0	0	0

RAU = 102 (tons); RA2 = 94 (tons)

Current CAPWAP Ru = 187 (tons); J(RX)= 0.79

VMX m/s	TVP ms	VT1*Z tons	FT1 tons	FMX tons	DMX mm	DFN mm	SET mm	EMX tons-m	QUS tons	KEB tons/mm
1.2	23.88	578	539	555	7.045	1.133	1.000	1.89	469	51

PILE PROFILE AND PILE MODEL

Depth m	Area m^2	E-Modulus $tons/cm^2$	Spec. Weight $tons/m^3$	Perim. m
0.0	0.50	392.0	2.403	2.51
0.7	0.50	392.0	2.403	2.51
0.7	0.50	330.0	2.403	2.51
11.2	0.50	330.0	2.403	2.51

Toe Area 0.50 m^2

Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance tons/m/s	Imped. Change %	Slack tons	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Wave Speed m/s
1	0.6	492.64	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3999.7
2	1.1	462.90	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3758.2
3	1.6	452.00	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3669.8
22	11.2	452.00	0.00	0	0.000	-0.00	0.000	2.51	3669.8

Wave Speed: Pile Top 4000.0, Elastic 3688.8, Overall 3688.8 m/s
Pile Damping 3.00 %
Total volume: 5.630 m^3; Volume ratio considering added impedance: 1.000

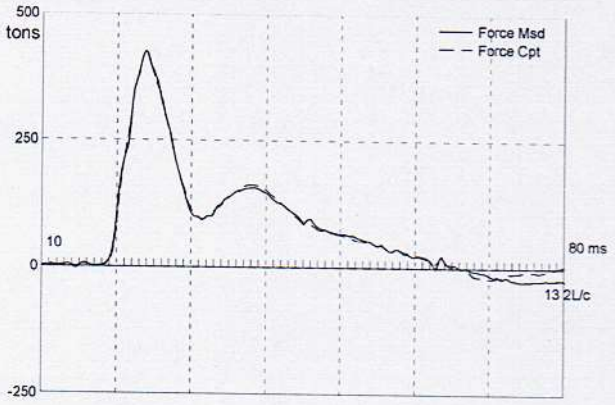
Time (ms)	0.0	30.0	34.0	45.0	51.0	59.0
Time Incr	0.138	0.193	0.207	0.138	0.207	0.138

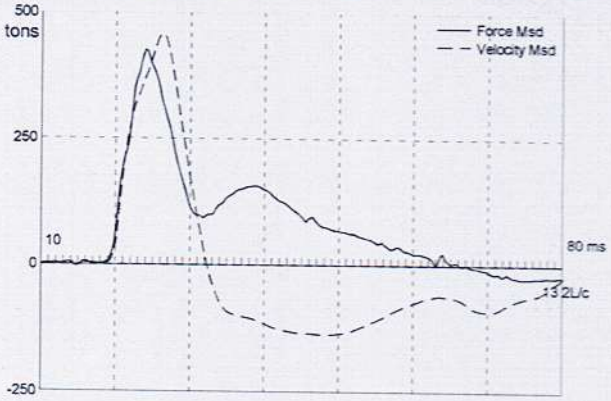
ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

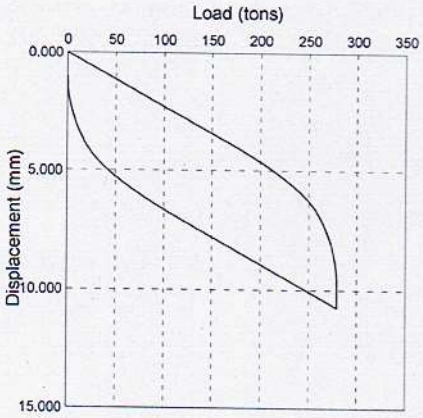
Analysis: 24-Mar-2024

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 73; ensayo pda; Blow: 4 (Test: 19-Mar-2024 16:08:)
Jorge Beim

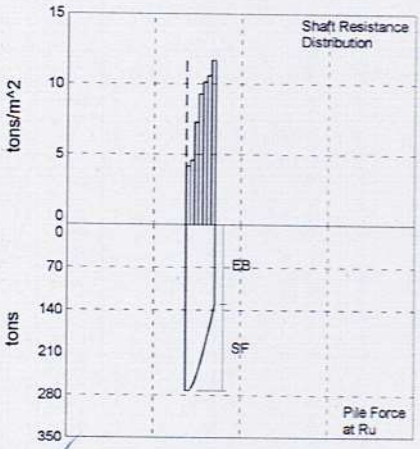
24-Mar-2024
CAPWAP(R) 2014-4







RU =	280 tons
SF =	149 tons
EB =	130 tons
Dy =	9.768 mm
Dx =	10.756 mm
SET/BI =	1.000 mm



Length b. Sensors	7.4 m
Embedment	7.0 m
Top Area	0.50 m²
End Bearing Area	0.50 m²
Top Perimeter	2.51 m
Top E-Modulus	352 tons/cm²
Top Spec. Weight	2.4 tons/m³
Top Wave Spd.	3788 m/s
Overall W.S.	3788 m/s
Match Quality	1.76
Top Compr. Stress	0.1 tons/cm²
Max Compr. Stress	0.1 tons/cm²
Max Tension Stress	-0.00 tons/cm²
Avg. Shaft Quake	4.874 mm
Toe Quake	6.763 mm
Avg. Shaft Smith Dpg.	1.31 s/m
Toe Smith Damping	0.69 s/m

CAPWAP(R) 2014-4 Licensed to Jorge Beim

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 73
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 19-Mar-2024 16:08
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

CAPWAP SUMMARY RESULTS

CAPWAP Capacity: 279.53; along Shaft 149.16; at Toe 130.37 tons

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru tons	Force in Pile tons	Sum of Ru tons	Unit Resist. (Depth) tons/m	Unit Resist. (Area) tons/m²
				279.5			
1	1.1	0.7	6.83	272.7	6.83	10.39	4.14
2	2.1	1.7	12.10	260.6	18.93	11.45	4.55
3	3.2	2.8	19.38	241.2	38.31	18.33	7.29
4	4.2	3.8	24.72	216.5	63.03	23.38	9.30
5	5.3	4.9	26.94	189.6	89.97	25.48	10.14
6	6.3	5.9	28.09	161.5	118.06	26.57	10.57
7	7.4	7.0	31.10	130.4	149.16	29.42	11.71
Avg. Shaft			21.31			21.31	8.48
Toe			130.37				259.36

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Smith Damping Factor		1.31	0.69
Quake	(mm)	4.874	6.763
Case Damping Factor		0.42	0.19
Damping Type		Viscous	Smith
Unloading Quake	(% of loading quake)	222	86
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	75	
Soil Plug Weight	(tons)		1.154
Soil Support Dashpot		0.408	0.000
Soil Support Weight	(tons)	1.36	0.00

CAPWAP match quality = 1.76 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: Final Set = 1.000 mm; Blow Count = 1000 b/m
Computed: Final Set = 0.100 mm; Blow Count = 9999 b/m

Transducer F1 (Y332) CAL: 93.9; RF: 1.00; F3 (Y330) CAL: 93.7; RF: 1.00
F5*(Y334) CAL: 93.1; RF: 1.00; F7*(Y331) CAL: 92.5; RF: 1.00
A2 (K13108) CAL: 383; RF: 1.00; A4*(K13109) CAL: 423; RF: 1.00
Not Active A6 (74956) CAL: 991; RF: 1.00; A8(74957) CAL: 1045; RF: 1.00

max. Top Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (T= 24.0 ms, max= 1.000 x Top)
max. Comp. Stress = 0.1 tons/cm² (Z= 1.1 m, T= 24.0 ms)
max. Tens. Stress = -0.00 tons/cm² (Z= 1.1 m, T= 70.8 ms)
max. Energy (EMX) = 2.13 tons-m; max. Measured Top Displ. (DMX)= 7.312 mm

ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Analysis: 24-Mar-2024

Ensayo de carga Belen ; Pile: pilote 73
ensayo pda; Blow: 4
Jorge Beim

Test: 19-Mar-2024 16:08
CAPWAP(R) 2014-4
OP: Pedro Escalona

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force tons	min. Force tons	max. Comp. Stress tons/cm²	max. Tens. Stress tons/cm²	max. Trnsfd. Energy tons-m	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	1.1	409.2	-20.6	0.1	-0.00	2.13	1.0	7.295
2	2.1	374.8	-19.4	0.1	-0.00	2.05	1.0	7.222
3	3.2	333.2	-18.3	0.1	-0.00	1.91	1.0	7.144
4	4.2	280.5	-16.8	0.1	-0.00	1.71	1.0	7.064
5	5.3	235.7	-15.2	0.0	-0.00	1.46	1.0	6.984
6	6.3	207.9	-13.4	0.0	-0.00	1.20	1.0	6.905
7	7.4	183.5	-9.6	0.0	-0.00	0.68	1.0	6.827
Absolute	1.1			0.1			(T =	24.0 ms)
	1.1				-0.00		(T =	70.8 ms)

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RX	370	331	294	259	228	217	213	213	213	213
RU	367	326	285	243	202	161	120	78	37	0

RAU = 213 (tons); RA2 = 209 (tons)

Current CAPWAP Ru = 280 (tons); J(RX)= 0.24

VMX m/s	TVP ms	VT1*Z tons	FT1 tons	FMX tons	DMX mm	DFN mm	SET mm	EMX tons-m	QUS tons	KEB tons/mm
1.0	26.24	459	321	429	7.312	1.002	1.000	2.13	512	19

PILE PROFILE AND PILE MODEL

Depth m	Area m²	E-Modulus tons/cm²	Spec. Weight tons/m³	Perim. m
0.0	0.50	351.5	2.403	2.51
7.4	0.50	351.5	2.403	2.51

Toe Area 0.50 m²

Top Segment Length 1.06 m, Top Impedance 466 tons/m/s

Wave Speed: Pile Top 3787.7, Elastic 3787.7, Overall 3787.7 m/s

Pile Damping 3.00 %

Total volume: 3.720 m³; Volume ratio considering added impedance: 1.000

Time (ms)	0.0	33.0	50.0
Time Incr	0.279	0.447	0.279

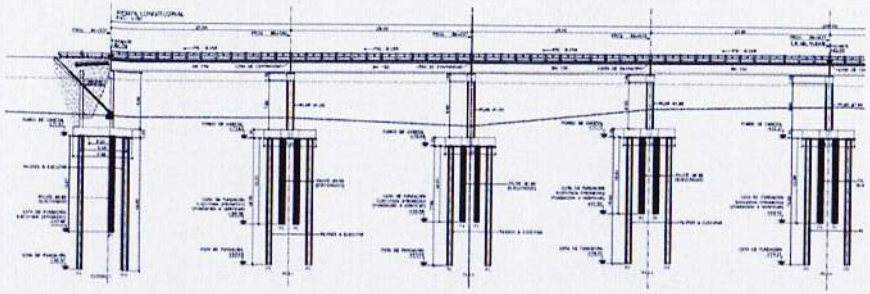
ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

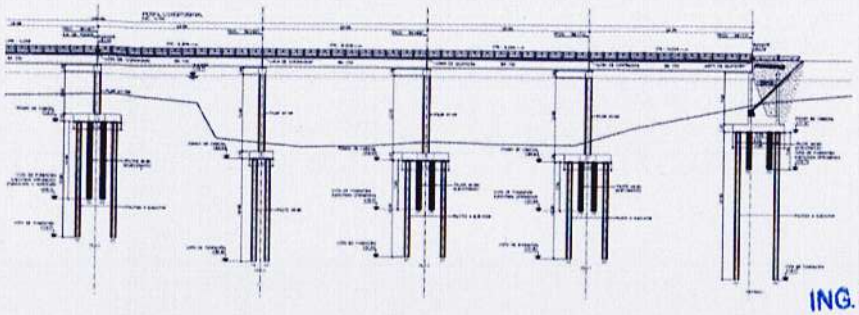
Analysis: 24-Mar-2024

Memoria de Cálculo Estructural

PUENTE RÍO YPANÉ L=8x25.00m= 200.00m

TRAMO: SAN PEDRO - BELÉN





ING. TEODORO RIVEROS
Representante Legal

Obra: Puente Río Ypané L=8x25.00m=200.00m - R4

Preparado para: Consorcio PROSUL - CONSULPAR

Abril - 2024

Asunción - Paraguay

Índice

1. Objeto	**3**
2. Descripción del puente	**3**
3. Normas utilizadas	**4**
4. Generación del modelo estructural del tablero	**7**
5. Diseño estructural de las vigas extremas (Viga V1 y Viga V4)	**8**
6. Diseño estructural de las vigas centrales (Viga V2 y Viga V3)	**13**
7. Diseño estructural de la losa tablero	**18**
8. Diseño estructural del Estribo 1 - H=8.00M. Fundación con pilotes	**27**
9. Diseño estructural del Estribo 2 - H=8.00M. Fundación con pilotes	**51**
10. Diseño estructural de las Pilas 1, 2 y 3	**75**
11. Diseño estructural de las Pilas 4, 5, 6 y 7	**96**

00061 (sesenta y uno)