Alcantarilla
Celular

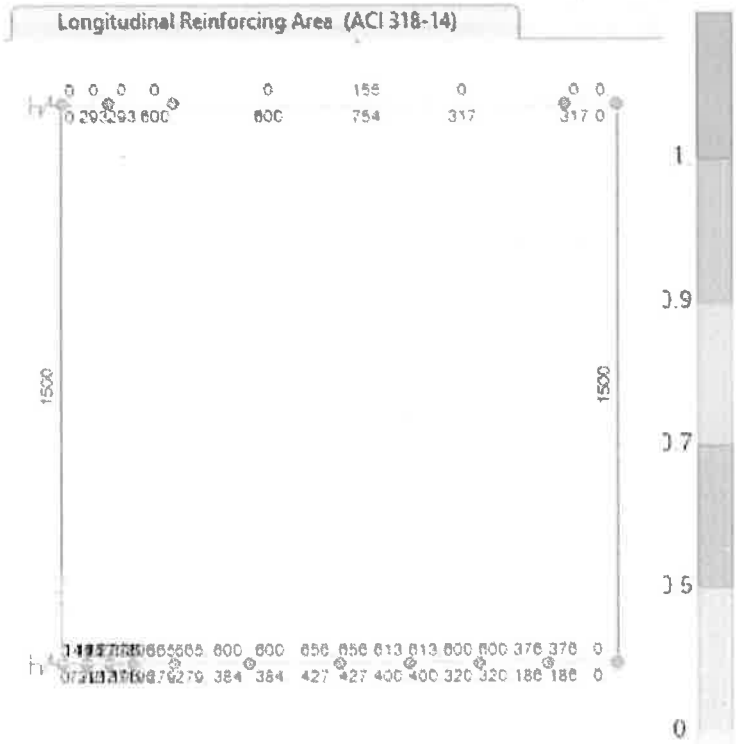


Figura : Intensidad de armadura en cm2,
comparando con la armadura propuesta de las alcantarillas celulares prefabricadas verifica.

Cantidad de armadura necesaria

$A_{sup} := 754mm^2$

$\phi := 12mm$

$$n := \frac{A_{sup}}{0.25 \cdot \phi^2 \cdot \pi} = 6.67$$

$A_{inf} := 658mm^2$

$\phi := 12mm$

$$n := \frac{A_{inf}}{0.25 \cdot \phi^2 \cdot \pi} = 5.82$$

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

8 Verificación al cortante
AASHTO Art. 5.14.5.3

Ing. Jorge Regueiro
CONSORCIO
Río Tembey

Área de acero en mm2 As

Alcantarilla
Celular

Altura de la sección mm	d_e
Esfuerzo de corte mayorado	V_u
Momento fector mayorado en la sección	M_u
Ancho de la sección	b

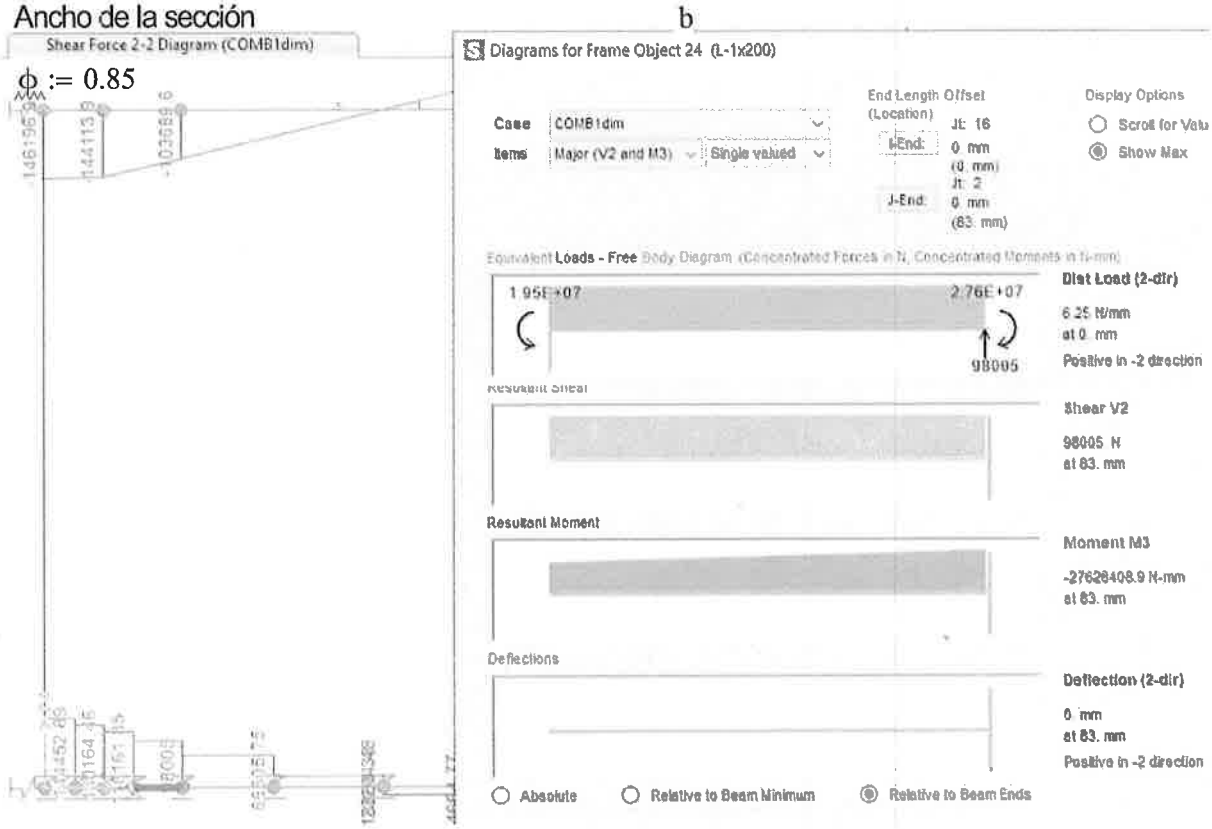


Figura : Esquema de esfuerzos cortantes, tomamos el mayor en la barra inferior

$V_u := 98005$ N

$M_u := 27.6 \cdot 10^6$ Nmm

$fc := 25$ N /mm2

$As := 10 \cdot 78.5 = 785$ mm2

$b := 1000$ mm

$recubrim := 20$ mm

$H := 200$ mm, altura bruta de losa

$d_e := H - recubrim = 180$

$\phi := 0.85$

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Reguerio

CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular

$$V_c := \left(\frac{1}{6}\cdot\sqrt{fc} + 4.6\cdot\frac{As}{b\cdot d_e}\cdot\frac{V_u\cdot d_e}{M_u}\right)\cdot b\cdot d_e = 152308.02 \qquad N$$

$$\phi\cdot V_c = 129461.82 \qquad N$$

Se verifica la capacidad de corte de la sección $\phi\cdot V_c > V_u$

9 CONCLUSIÓN :
SEGÚN LAS VERIFICACIONE REALIZADAS, EL CAMBIO PROPUESTO POR LA CONTRATISTA SOTEC S.A. CUMPLE LAS CONDICIONES DE USO DE LAS ALCANTARILLAS CELULARES PREFABRICADAS

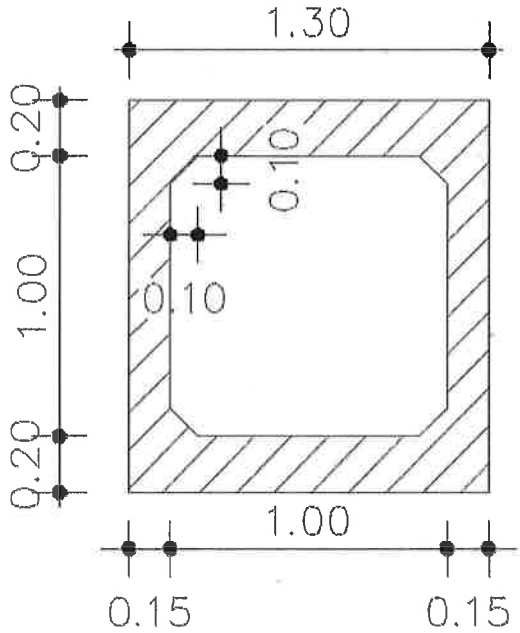


Figura : Sección transversal típica para alcantarilla 1 x 1 con tapada mínima 0,60 m

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Regueiro
CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular

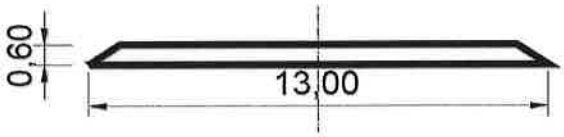
VERIFICACIÓN ALCANTARILLA

DIMENSIÓN: 2 x 100 X 100

COMITENTE: SOTEC S.A.

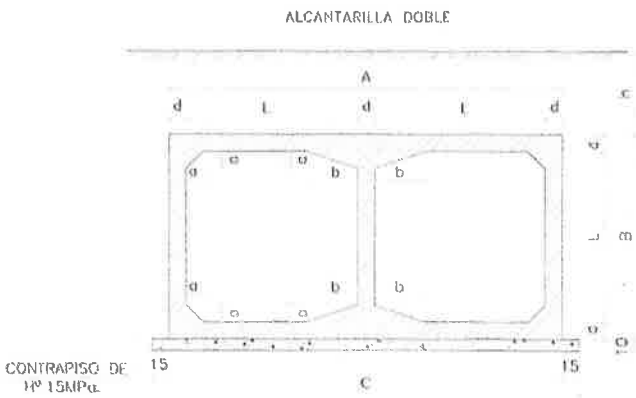
1 Objetivo: Verificar la capacidad de soporte al trafico estandar, de alcantarillas prefabricadas, celulares . Se verifica la alantarilla de mayor tapada, h= 2,77 m

1.1 Geometría



$h_{tapada} := 0.6$

Figura: longitud de base y altura de tapada del terraplen sobre la alcantarilla



Distancia entre centros de muros

$L_h := 1$ m

$d := 0.20$ m, losa superior

$B_c := L_h + 2 \cdot d = 1.4$

$L_v := 1$

$B_{cv} := L_v + 2 \cdot d = 1.4$

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Figura: Geometría típica, MOPC para alcantarillas pre fabricadas

Ing. Jorge Regueiro

CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular

ALCANTARILLA CELULAR DE 1.00 x 1.00

fs ≥ MPa		0.14	0.16	0.18
MEDIDAS	UNID	SIMPLE	DOBLE	TRIPLE
A	cm	130	245	360
B	cm	130	130	130
C	cm	160	275	390
a	cm.	10	10	10
b	cm.	—	20	20
d	cm.	15	15	15
CONTRAPISO	m²	0.16	0.28	0.39
ENCOFRADO	m²	6.24	7.80	13.75
HORMIGON	m³	0.73	1.245	1.78

Tabla: Características constructivas para alcantarillas

2 Datos de Suelo y Materiales

Módulo balasto, suelo, k (t/m3) $k := 9000$

Tensión admisible suelo base, σsuelo (t/m2) $\sigma_{admsuelo} := 14$

Densidad aparente, γsuelo (kN/m3) $\gamma_{suelo} := 18$

Ángulo de rozamiento interno, μsuelo (grados) $\phi := 30$

Cohesión (t/m2) $C := 0$

Rosamiento terreno - muro (grados) $\delta := 0$

Ángulo de transmisión de cargas (grados) $\alpha := 45$

Densidad hormigón (kN/m3) $\gamma_{horm} := 25$

Densidad asfalto (kN/m3) $\gamma_{asf} := 22$

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

3 Modelo de elementos finitos

Utilizando el programa SAP2000, Se elabora un modelo de barras siguiendo las dimensiones del plano medio de la estructura. Se considera apoyado sobre medio elástico.

Ing. Jorge Regueiro
CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular

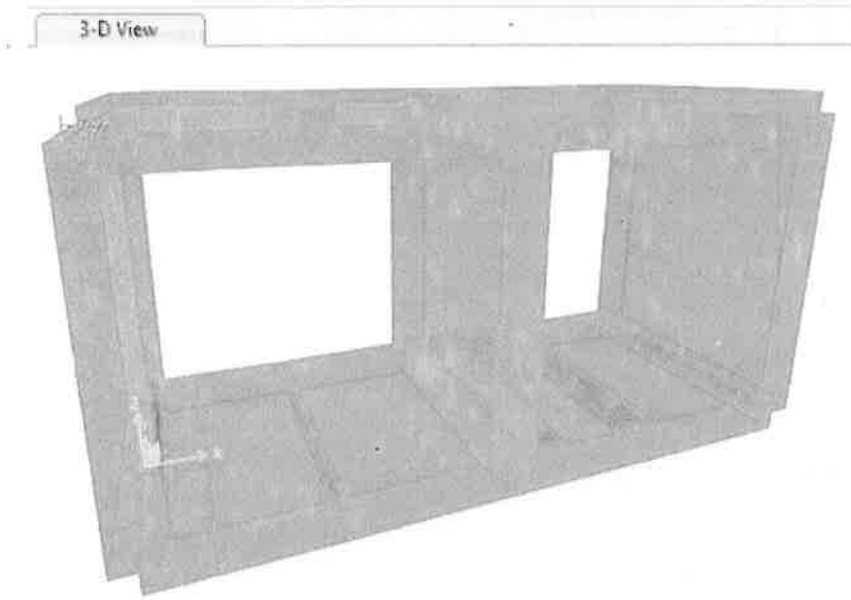


Figura: Modelo en 3D, según SAP2000

4 Factores de carga y combinaciones de cargas, AASHTO 3.4

La solicitación mayorada se tomará como:

$Q = \Sigma \eta_i \gamma_i Q_i$ (3.4.1-1)
donde:

η_i = modificador de las cargas especificado en el Artículo 1.3.2
Q_i = solicitaciones de las cargas aquí especificadas
γ_i = factores de carga

Factores de carga:

- Hormigón DC, = 1.25
- Asfalto DW, = 1.50
- Relleno suelo ES, EH, = 1.3
- Carga Viva LL, = 1.75

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Combinaciones de carga:

COMB1dim= DC x 1.25 + DW x 1.5 + ES x 1.3 + + EH x 1.3 + LL x 1.75

5 Factor de interacción estructura - suelo Fe, AASHTO Art.12.11.2.2

Tapada considerada, h= $h_{tapada} = 0.6$ m

Dim. exterior de alcantarilla, Bc= $B_c = 1.4$ m

Ing. Jorge Regueiro
CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular

$$F_{e1} := 1 + 0.2 \cdot \left(\frac{h_{tapada}}{B_c} \right) = 1.09$$

$F_e := 1.09$ Se asume el valor <= 1.15

5.1 Presión lateral del suelo , AASHTO, Art. 3.11.5.2

$$k_0 := 1 - \sin\left(\phi \cdot \frac{\pi}{180} \right) = 0.5$$

5.2 Sobrecarga lateral debida a la carga vehicular, AASHTO Art. 3.11.6.4-1

Se considera el valor del empuje para tapadas desde 5 pies hasta 10 pies, rango donde se encuentra el peor caso analizado.
Se hallara la carga de suelo equivalente heq

5.3 Carga vehicular, LL , = HS20 según AASHTO Art. 3.6.1.3.3
Se debe aplicar la carga de eje o tandem ya que B< 15 pies, ó 4.57 m
AASHTO Art. 3.6.1.2.1 Requisitos Generales, sobrecarga vehicular HL-93
AASHTO Art. 12.11.2.1 Trocha simple con factor de presencia múltiple η= 1, considerando 2 carriles

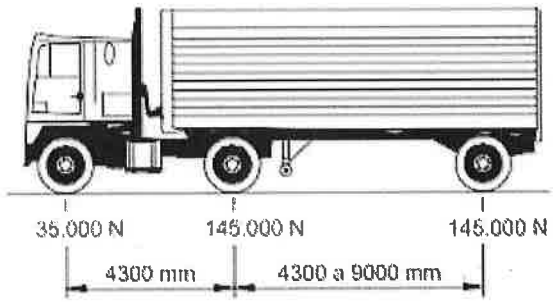


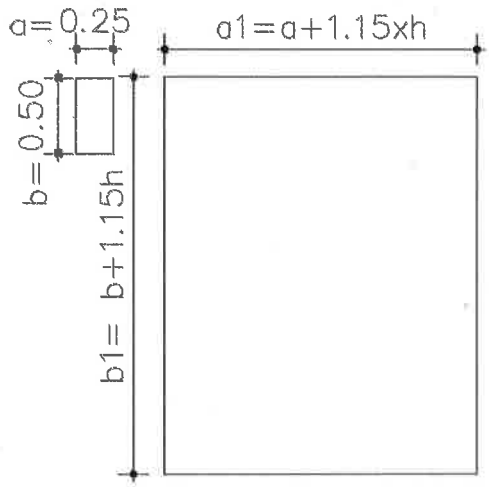
Figura: Vehiculo típico

5.4 Distribución de carga viva, LL a travez de suelo de relleno
AASHTO 3.6.12.6
Utilizando el área de contacto de los neumaticos, aumentamos en 1,15 veces la altura de tapada. A su vez se divide la carga en esa área resultante.

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Regueiro
CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular



$a1 := 0.25 + 1.15 \cdot h_{tapada}$

$a1 = 0.94$

$b1 := 0.50 + 1.15 \cdot h_{tapada}$

$b1 = 1.19$

Figura : Área de distribución de las cargas

6 Esquema de cálculo

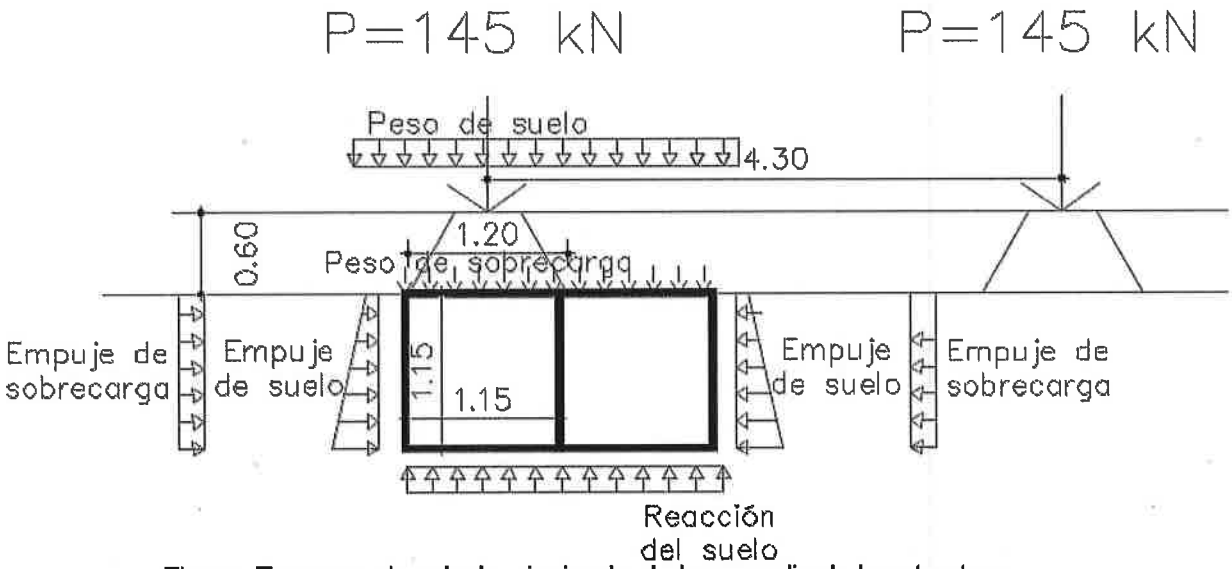


Figura: Esquema de calculo, siguiendo el plano medio de la estructura

Figura : posición del tren de carga respecto a la alcantarilla con distribución correspondiente de la carga de rueda

$$LL := \frac{145}{a1 \cdot b1} = 129.63$$ kN /m2

6.1 Incremento por carga dinámica para estructuras enterradas. AASHTO 3.6.2.2

Debe ser mayor o igual a 0%, considerada hasta altura de relleno de 8 pies= 2.44m

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Regueiro

CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular

$$IM := 33\cdot\left(1 - 0.125\cdot h_{tapada}\cdot\frac{1}{12\cdot 0.0254}\right) = 24.88$$

7.6 Empuje lateral debido a la carga móvil

$$E_{mov} := LL\cdot k_0 = 64.81$$

6.2 Empuje lateral de suelo

- En la parte superior de la alcantarilla

$$E_{sup} := \gamma_{suelo}\cdot h_{tapada}\cdot k_0 = 5.4$$

- En la parte inferior de la alcantarilla

$$E_{inf} := \gamma_{suelo}\cdot\left(h_{tapada} + L_v + d\right)\cdot k_0 = 16.2$$

6.3 Peso del terraplen sobre la alcantarilla
AASHTO 12.11.2.2.1

Profundidad del relleno, H (mm)	$h_{tapada} = 0.6$	m
Densidad del suelo, γterraplen (kg/m3)	$\gamma_{suelo} := 18$	t /m3
Factor de interacción suelo estructura, Fe	$F_e := 1.15$	

$$W_E := F_e\cdot\gamma_{suelo}\cdot h_{tapada} = 12.42$$

7 Resultados del procesamiento

Ing. Jorge Regueiro

CONSORCIO
Río Tembey

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Alcantarilla
Celular

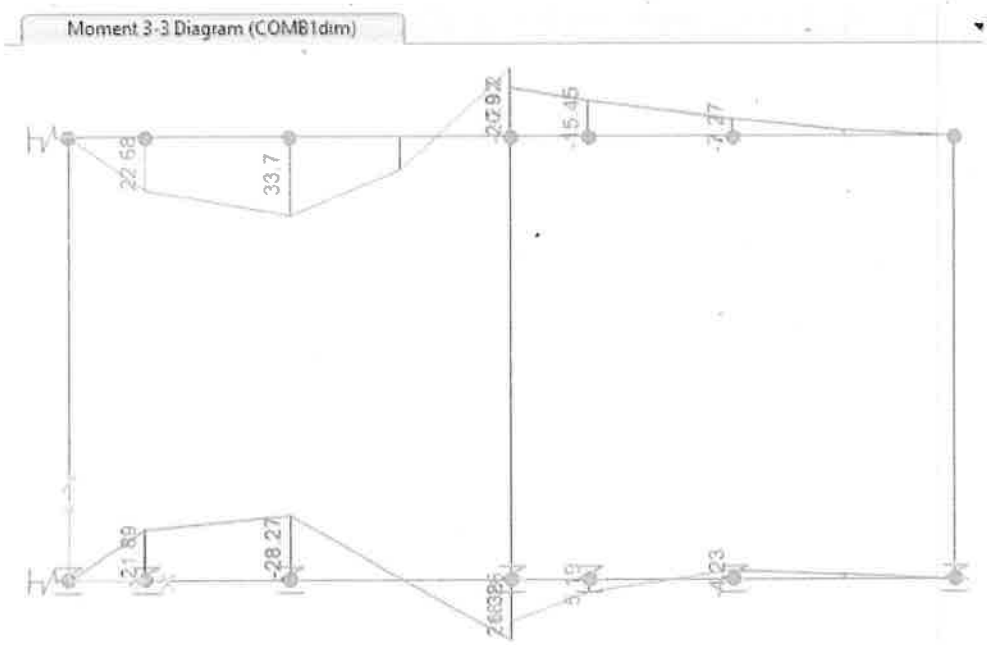


Figura: Diagrama de momentos flectores

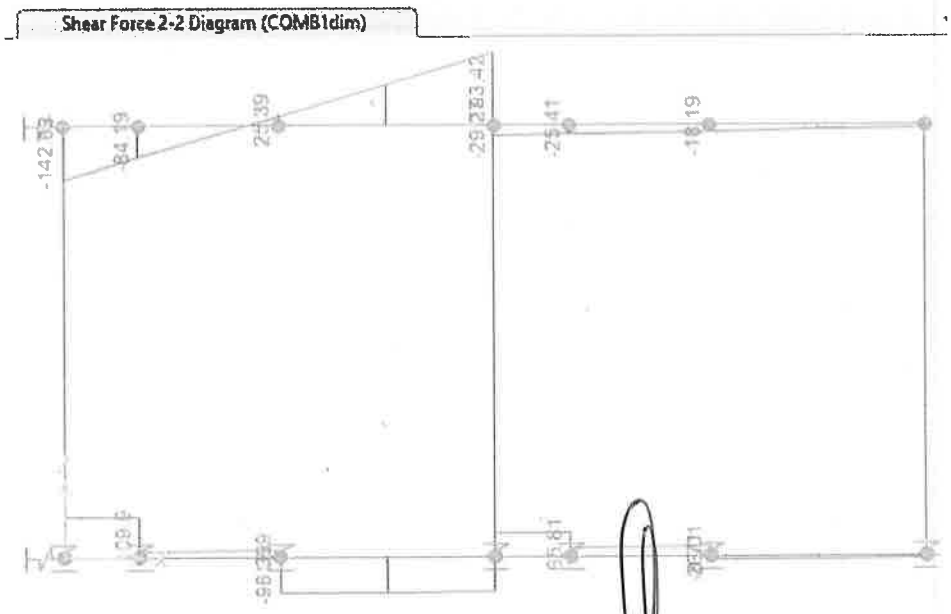


Figura: Diagrama de esfuerzos cortantes

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Regueiro
CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular

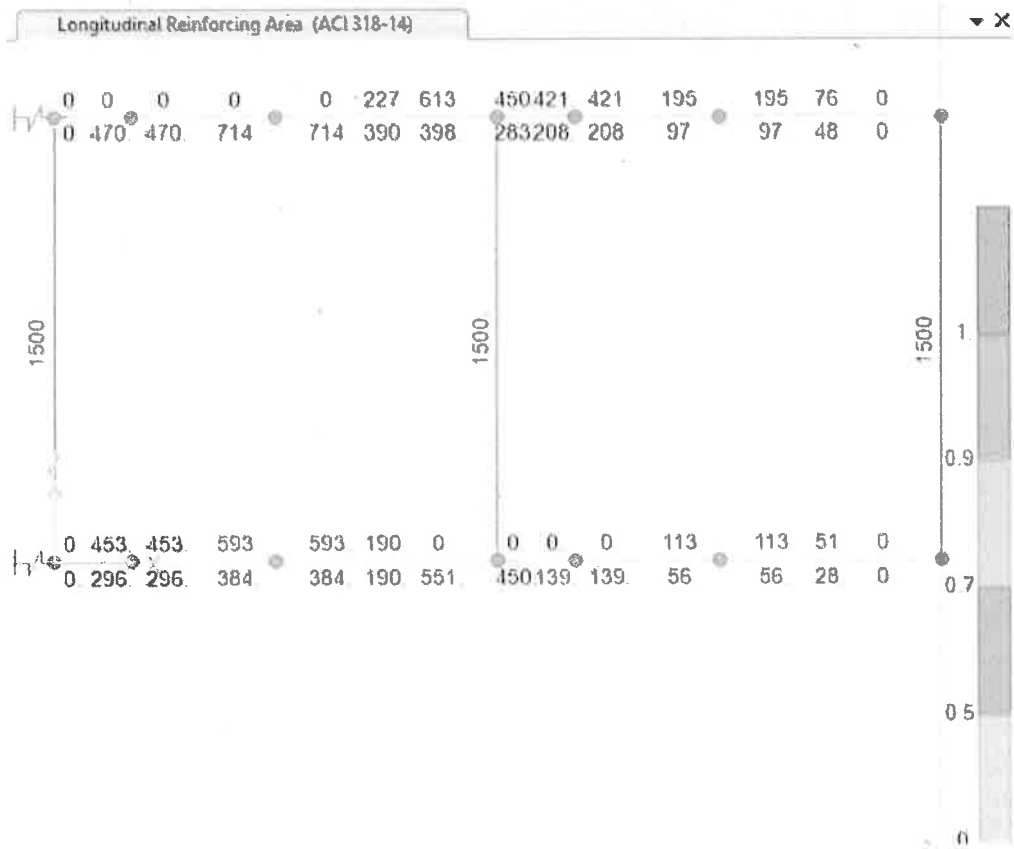


Figura : Intensidad de armadura en cm2,
comparando con la armadura propuesta de las alcantarillas celulares prefabricadas verifica.

Cantidad de armadura necesaria

$A_{sup} := 714mm^2$

$\phi := 10mm$

$$n := \frac{A_{sup}}{0.25 \cdot \phi^2 \cdot \pi} = 9.09$$

$A_{sup2} := 613mm^2$

$\phi := 10mm$

$$n := \frac{A_{sup}}{0.25 \cdot \phi^2 \cdot \pi} = 9.09$$

$A_{inf} := 593mm^2$

$\phi := 10mm$

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Reguairo

CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular

$$n := \frac{A_{inf}}{0.25 \cdot \phi^2 \cdot \pi} = 7.55$$

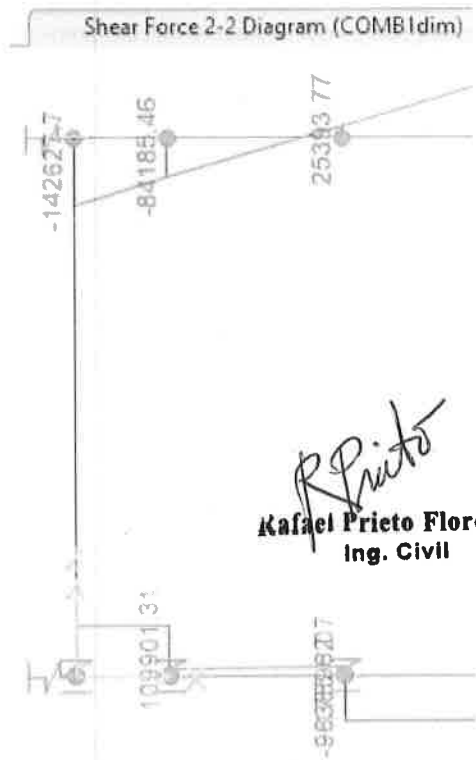
$$A_{inf} := 551mm^2$$

$$\phi := 10mm$$

$$n := \frac{A_{inf}}{0.25 \cdot \phi^2 \cdot \pi} = 7.02$$

8 Verificación al cortante
AASHTO Art. 5.14.5.3

Área de acero en mm2	As
Altura de la sección mm	d_e
Esfuerzo de corte mayorado	V_u
Momento fector mayorado en la sección	M_u
Ancho de la sección	b



$\phi := 0.85$

$V_u := 109901.3$ N

$M_u := 21.8 \cdot 10^6$ Nmm

$fc := 25$ N /mm2

$As := 10 \cdot 78.5 = 785$ mm2

$b := 1000$ mm

$recubrim := 20$ mm

$H := 200$ mm

$d_e := H - recubrim = 180$

$$V_c := \left(\frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc} + 4.6 \cdot \frac{As}{b \cdot d_e} \cdot \frac{V_u \cdot d_e}{M_u}\right) \cdot b \cdot d_e = 153276.77$$ N

$\phi \cdot V_c = 130285.26$ N

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Reguelro

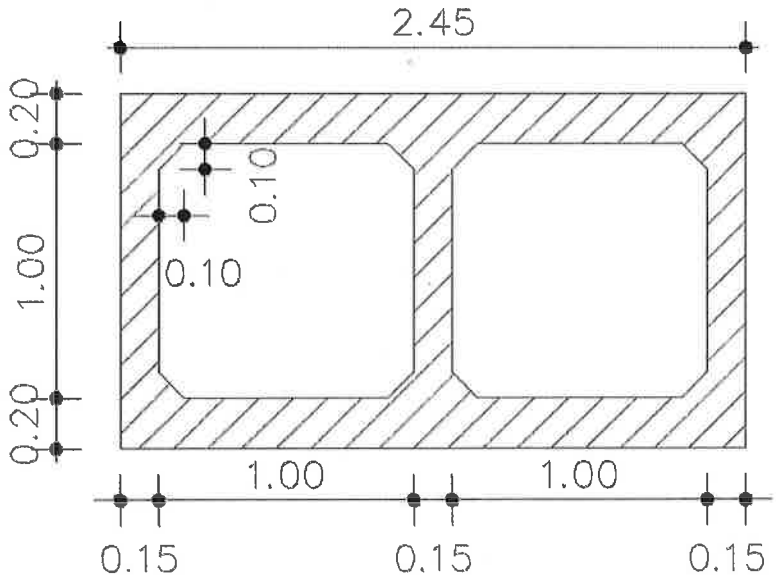
CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular

Se verifica la capacidad de corte de la sección $\phi \cdot V_c > V_u$

9 CONCLUSIÓN :

SEGÚN LAS VERIFICACIONE REALIZADAS, EL CAMBIO PROPUESTO POR LA CONTRATISTA SOTEC S.A. CUMPLE LAS CONDICIONES DE USO DE LAS ALCANTARILLAS CELULARES PREFABRICADAS

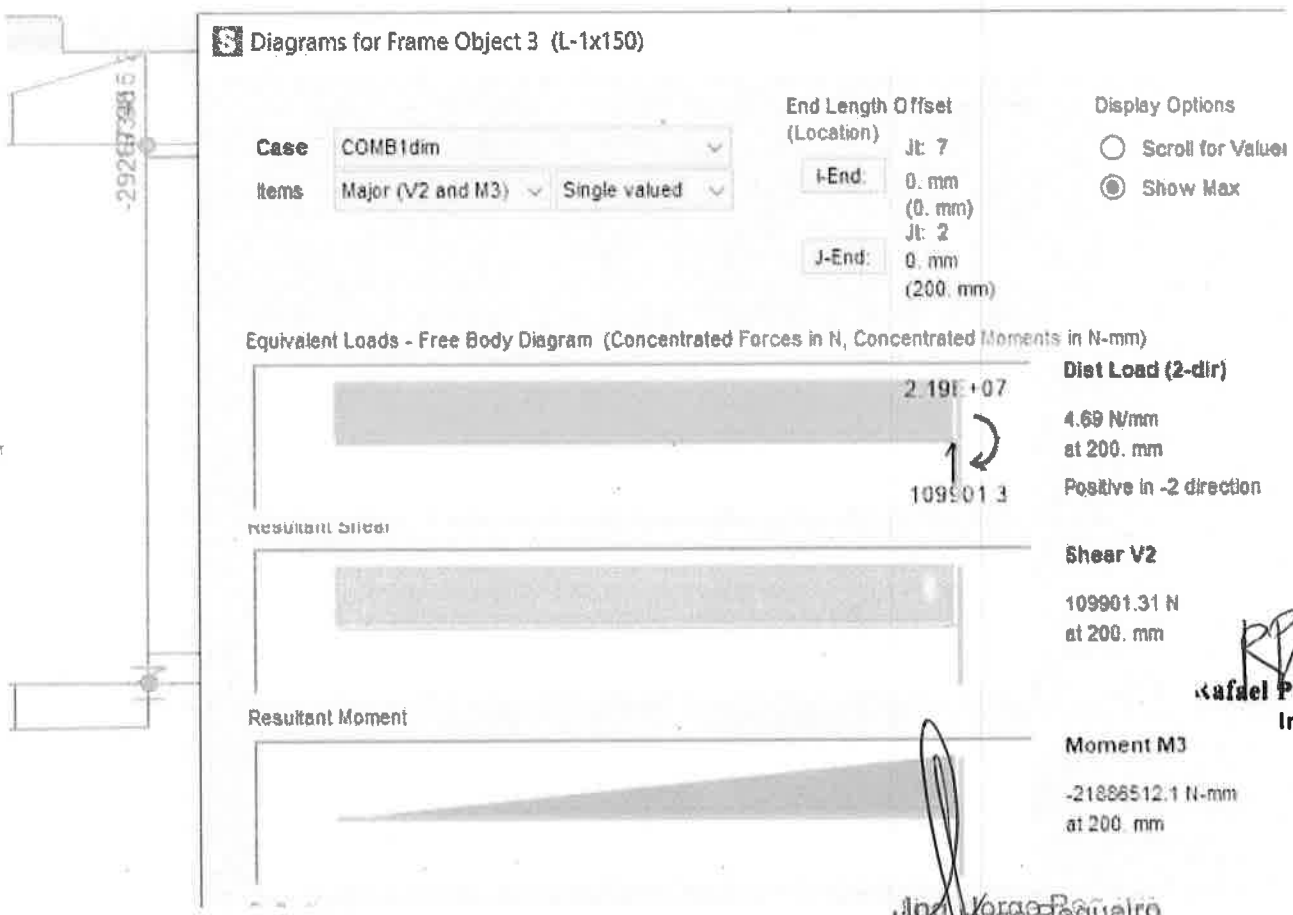


Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Figura : Sección transversal típica para alcantarilla 2 x 1 x 1 con tapada 0,60 m

Ing. Jorge Reguaire
CONSORCIO
Río Tembey

Alcantarilla
Celular



Rafael Prieto Florenti
Ing. Civil

Ing. Jorge Reguelro

CONSORCIO
Río Tembey

rDIC2020

MEMORIA DE CÁLCULO DE FUNDACIONES. PUENTE L= 25,00 m

FUNDACIONES - MEMORIA DE CÁLCULO

PUENTE Nº 25 m

Ubicación: Tramo San Vicente - Maracaná.
Distrito: San Pedro del Ycuamandiyu
Elaboro: Ing. Rafael Prieto Florentín

1. Introducción

Esta Memoria presenta los criterios aplicados y los cálculos realizados para el proyecto de las fundaciones del Puente Nº 2, sobre el Arroyo Sin Nombre, entre las localidades de Tramo San Vicente y Maracaá, en base a los datos proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) del Paraguay, en el *Manual con Diseños Estructurales Estandarizados para Puentes de Hormigón Armado.*

2. Características del Puente

El puente tiene un vano de 25,0 metros. El ancho del tablero es 10,0 m, siendo la calzada de 8,0 m, más dos veredas de 1,00 m cada una, con barandas de protección.

El puente está emplazado por las progresivas de las faces exteriores de los estribos, 2 + 811,5 y 2 + 836,5. El nivel de la rasante es 119,03 m y el nivel de aguas máximas bajo el puente es aproximadamente 116,10 m.

La losa del tablero se hormigonará en el lugar sobre vigas prefabricadas y podrá tener, o no, prelosas prefabricadas como encofrado.
Las fundaciones, de acuerdo al Informe Geotécnico, se harán con pilotes perforados.

3. Geometría

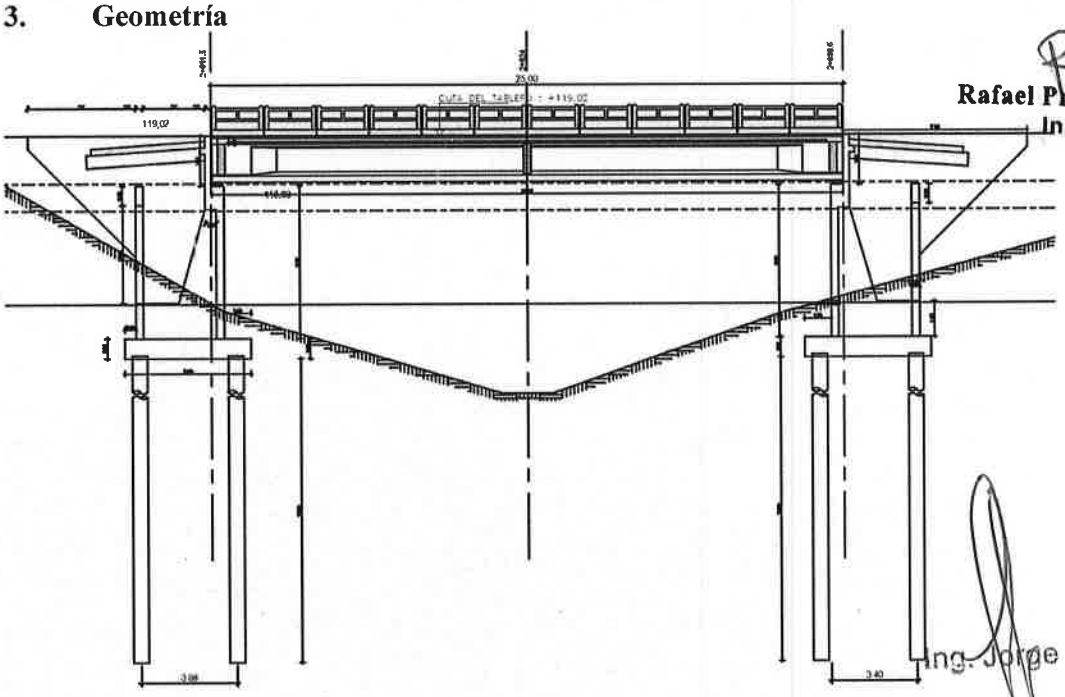


Figura: Vista longitudinal del puente

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Regueiro
CONSORCIO
Río Tembey

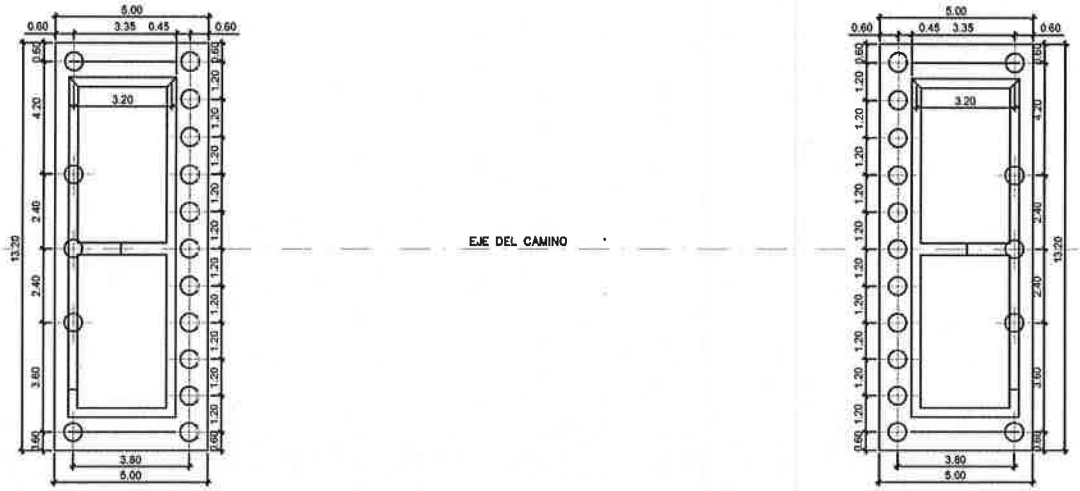


Figura: Planta de fundación, vista de losa platea y cantidad de pilotes

4. Criterio

El criterio aplicado para el proyecto de las fundaciones de los estribos fue el siguiente. En el Manual se menciona que "el modelo conceptual concebido de los estribos integra el conjunto losa platea de piso, muro frontal, muros laterales, contrafuertes y tirantes, con apoyos puntuales articulados para las cargas verticales y apoyos lineales continuos en la líneas frontal para los empujes horizontales." Para preservar el comportamiento estructural previsto, se han proyectado apoyos con pilotes en los puntos de carga dados. La losa platea distribuye la carga horizontal sobre todos los pilotes.

El criterio aplicado para el proyecto de la losa platea actuando como cabezal de pilotes se asume la diferencia de espesor con el proyecto original como una sobre carga distribuida de manera uniforme sobre los pilotes.

5. Norma aplicada

La norma aplicada es la establecida por el MOPC: la norma americana AASHTO 1996.

6. Materiales

Las resistencias especificadas para los materiales son:

Hormigón, a los 28 días,	f'c = 25 MPa
Acero	fy = 420 MPa

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

7. Coeficiente de mayoración

Para el dimensionamiento estructural de la fundación, como los esfuerzos suministrados en el Manual son los de servicio, se hizo necesario adoptar un coeficiente de mayoración global CMG.

Para el efecto, en el caso de los estribos, se consideró que sobre ellos cargan las ruedas traseras de dos vehículos que circulan en la misma dirección, lo que daría la mayor carga viva posible, y se analizaron todas las longitudes de las vigas dadas para las alturas de

CONSORCIO
Río Tembey
Ing. Jorge Regueiro

estribo máxima y mínima. Esta carga se restó de la suma de cargas verticales dadas en el Manual para determinar las cargas que corresponderían a las permanentes. Luego, simplificadamente se aplicó la siguiente relación:

1,3 (DL + 1,67 LL) = CMG (DL + LL) siendo CMG el coeficiente global.

Se halló que CMG varía entre 1,34 y 1,39 por lo que se optó por adoptar, por el lado de la seguridad, el valor CMG = 1,40.

8. Estudio de Suelo, perforaciones y evaluación SPT

Figura: Foto de ubicación de los sondeos, según informe estudio de suelo presentado por el ing. Julio C. Bareiro

Rafael Rrieto Florentín
Ing. Civil

CONSORCIO
Río Tembey
Ing. Jorge Regueiro

ING. JULIO C. BAREIRO M. Elgio Ayala #912, Fernando de la Mora - 2300	Prueba de penetración estándar (SPT)		P1
Proyecto: Puente 25 m			
ID del proyecto: ESTUDIO 27/2021	Anexo nro.:	Equipo de perforación: Torre SPT.	
Ubicación: San Vicente - Panchoto. San Pedro del Ycuamandyju.		Método de perforación: Manual.	
Perforador: Arnaldo Barboza.	Fecha de inicio: 12/03/2021	Profundidad global: 24,10 m	Coordenada X: 592858,00
Operador:	Fecha de fin: 21/03/2021	GWT perforado: 6,30; 7,50 m	Coordenada Y: 7336850,00
Documentado por:	Escala: dos páginas	NF estable:	Coordenada Z: 0,88 m
Procesado por: Julio Bareiro		Bit - tipo, tamaño:	
Perforación:		Forro:	
Examinador:	Jefe de muestreo	Peso: 63,50 kg	Caída: 0,76 m

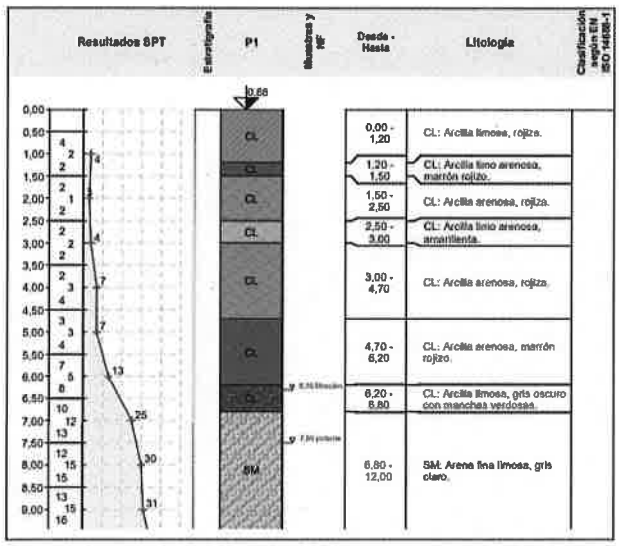


Figura: Resultado SPT sondeo P1

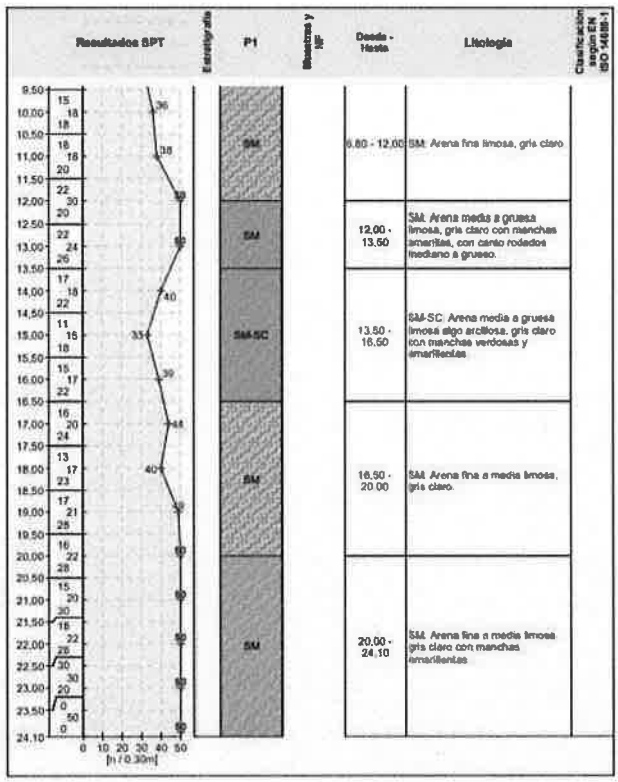


Figura: Resultado SPT sondeo P1

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Regueiro
CONSORCIO
Río Tembey

ING. JULIO C. BAREIRO M. Elgio Ayala #512, Fernando de la Mora, 2300	Prueba de penetración estándar (SPT)		P2
Proyecto: Puente 25 m			
ID del proyecto: ESTUDIO 27/2021	Anexo nro.:	Equipo de perforación: Torre de SPT	
Ubicación: San Vicente - Panchito, San Pedro del Ycuamandyju.		Método de perforación: Manual	
Perforador: Arnaldo Barboza	Fecha de inicio: 12/03/2021	Profundidad global: 22,10 m	Coordenada X: 592664,00
Operador:	Fecha de fin: 20/03/2021	Último perforado: 5,30 m	Coordenada Y: 7338620,00
Documentado por:	Escala: dos páginas	NF estable:	Coordenada Z: -2,22 m
Proyectado por: Julio Bareiro		Bit - tipo, tamaño:	
Perforación:		Forro:	
Examinador:	Martillo de muestreo:	Peso: 63,50 kg	Caída: 0,76 m

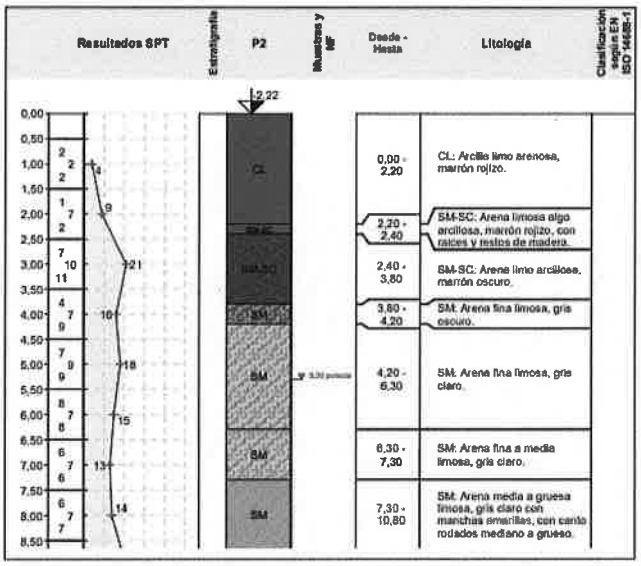


Figura: Resultado SPT sondeo P2

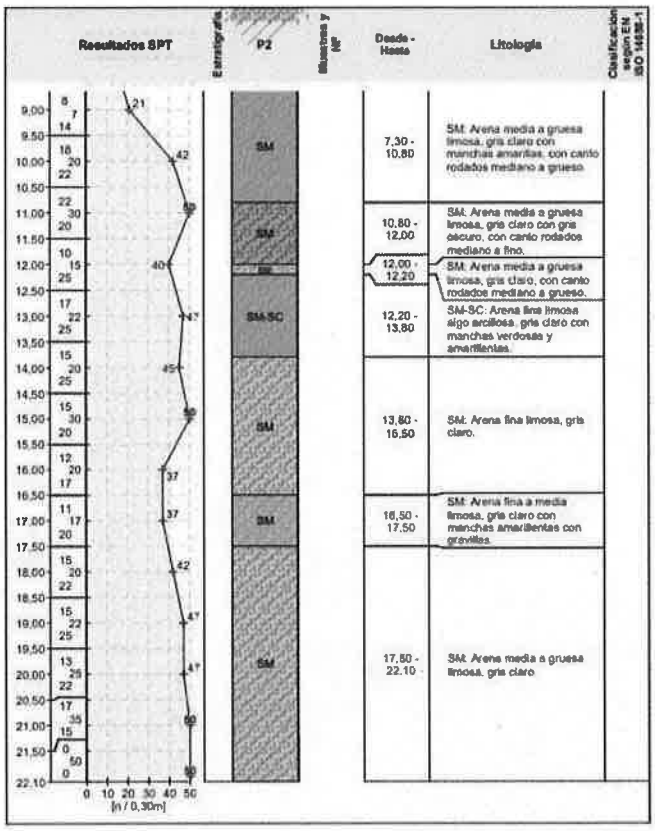


Figura: Resultado SPT sondeo P2

Rafael Prieto Florentín
Ing. Civil

Ing. Jorge Regueiro
CONSORCIO
Río Tembey