CÁLCULO DE PILOTE POR EL MÉTODO DE DÉCOURT - QUARESMA (1996)

Obra: PUENTE SOBRE ARROYO DE ORO
Proyecto: PUENTE L=3X15M=45M
Fecha: 25/05/2021

Datos del Pilote

Diámetro pilote (D):	0.80	m
Area de punta (Ap):	0.5027	m^2
Perímetro (U):	2.51	m

TABLA DE COEFICIENTES "C", "α" y "β" (DÉCOURT-QUARESMA) 1996

SUELO N°	TIPO DE SUELO	C (T/m^2)	α	β
1	ARCILLOSO	12	0.85	0.90
2	LIMO ARCILLOSO	20	0.60	0.75
3	LIMO ARENOSO	25	0.60	0.75
4	ARENOSO	40	0.50	0.60
Tipo de Pilote	Excavado con Lodo Bentonítico			

Resistencia por Punta

CAPA	SUELO N°	TIPO DE SUELO	α	C (T/m^2)	Nspt.punta	rp (T/m^2)	Ap (m^2)	Qpunta (T)
9	4	ARENOSO	0.50	40	40	800	0.5027	402

Resistencia por Fricción **SONDEO 1**

CAPA	SUELO N°	TIPO DE SUELO	Nspt REAL	Nspt MODIFICADO	rl (T/m^2)	β	ΔL (m)	U (m)	ΔRl (T)	ESQUEMA DE PILOTE	DATOS ADICIONALES
1	2	LIMO ARCILLOSO	3								COTA: +135.36
2	2	LIMO ARCILLOSO	4	4	2.33	0.75				1	
3	2	LIMO ARCILLOSO	4	4	2.33	0.75	1.0	2.51	4.40	2	
4	3	LIMO ARENOSO	6	6	3.00	0.75	1.0	2.51	5.65	3	
5	3	LIMO ARENOSO	6	6	3.00	0.75	1.0	2.51	5.65	4	
6	3	LIMO ARENOSO	15	15	6.00	0.75	1.0	2.51	11.31	5	
7	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	2.51	14.07	6	
8	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	2.51	14.07	7	COTA FUNDACIÓN
9	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60				8	CF=+127.36
							6.0	Qfricción (T)	55		

Carga Admisible del Pilote

Qpunta (T)	Qfricción (T)	Fs.punta	Fs.fricción	Qadm (T)	σ (kgf/cm^2)	σ.adm (kgf/cm^2)	Qadm (T)	Qadm (kN)
402	55	4.0	1.5	137.3	27.3	50	137	1347

4.2.2 Verificación de la capacidad portante del pilote

$L_p = 8.00\,m$ longitud del pilote

$D_p = 0.80\,m$ diámetro del pilote

$Q_{adm} := 1347 \cdot kN$ carga admisible a la compresión del pilote

$Q_{servicio} = 1077 \cdot kN$ carga de servicio del pilote

$Eval_{pilote} := if(Q_{adm} \geq Q_{servicio}, "El\ Pilote\ Verifica!!", "NO\ Verifica!!")$

$Eval_{pilote} = "El\ Pilote\ Verifica!!"$

$FS := \frac{Q_{adm}}{Q_{servicio}} = 1.25$ factor de seguridad del pilote (Cumple si FS>=1)

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

4.2.3 Cálculo de la capacidad portante del pilote (Cargas Verticales)

Datos generales del terreno y del pilote

$L_p := 8.00m$ longitud total del pilote

$h_o := 0.00 \cdot m$ longitud del pilote de la zona no enterrada

$h_s := 1.00 \cdot m$ altura de socavación estimada

$L_{ef} := 6.00m$ longitud efectiva del pilote que colabora a la fricción lateral

$D_p := 0.80 \cdot m$ diámetro del pilote

$A_p := \pi \cdot \frac{D_p^2}{4} = 0.5027 \cdot m^2$ área de punta

$\psi := \pi \cdot D_p = 2.51\,m$ perímetro del pilote

$W_p := 2.5 \cdot \frac{tf}{m^3} \cdot A_p \cdot L_p = 98.59 \cdot kN$ peso del pilote

$Q_{servicio} := \max\left(F'_1, F'_2, F_3, F_4\right) + W_p = 1076.59 \cdot kN$ carga máxima de servicio

CÁLCULO DE PILOTE POR EL MÉTODO DE DÉCOURT - QUARESMA (1996)

Obra: PUENTE SOBRE ARROYO DE ORO
Proyecto: PUENTE L=3X15M=45M
Fecha: 20/05/2021

Datos del Pilote

Diámetro pilote (D):	0.80	m
Area de punta (Ap):	0.5027	m^2
Perímetro (U):	2.51	m

TABLA DE COEFICIENTES "C", "α" y "β" (DÉCOURT-QUARESMA) 1996

SUELO N°	TIPO DE SUELO	C (T/m^2)	α	β
1	ARCILLOSO	12	0.85	0.90
2	LIMO ARCILLOSO	20	0.60	0.75
3	LIMO ARENOSO	25	0.60	0.75
4	ARENOSO	40	0.50	0.60
Tipo de Pilote	Excavado con Lodo Bentonítico			

Resistencia por Punta

CAPA	SUELO N°	TIPO DE SUELO	α	C (T/m^2)	Nspt.punta	rp (T/m^2)	Ap (m^2)	Qpunta (T)
9	4	ARENOSO	0.50	40	40	800	0.5027	402

Resistencia por Fricción **SONDEO 1**

CAPA	SUELO N°	TIPO DE SUELO	Nspt REAL	Nspt MODIFICADO	rl (T/m^2)	β	ΔL (m)	U (m)	ΔRl (T)	ESQUEMA DE PILOTE	DATOS ADICIONALES
1	2	LIMO ARCILLOSO	1								COTA: +135.36
2	2	LIMO ARCILLOSO	2	2	1.67	0.75				1	
3	3	LIMO ARENOSO	3	3	2.00	0.75	1.0	2.51	3.77	2	
4	3	LIMO ARENOSO	4	4	2.33	0.75	1.0	2.51	4.40	3	
5	3	LIMO ARENOSO	5	5	2.67	0.75	1.0	2.51	5.03	4	
6	3	LIMO ARENOSO	12	12	5.00	0.75	1.0	2.51	9.42	5	
7	3	LIMO ARENOSO	16	15	6.00	0.75	1.0	2.51	11.31	6	
8	4	ARENOSO	35	15	6.00	0.60	1.0	2.51	9.05	7	COTA FUNDACIÓN
9	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60				8	CF=+127.36
							6.0	Qfricción (T)	43		

Carga Admisible del Pilote

Qpunta (T)	Qfricción (T)	Fs.punta	Fs.fricción	Qadm (T)	σ (kgf/cm^2)	σ.adm (kgf/cm^2)	Qadm (T)	Qadm (kN)
402	43	4.0	1.5	129.2	25.7	50	**129**	**1267**

Ing. Héctor A. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

4.2.4 Verificación de la capacidad portante del pilote

$L_p = 8.00\,m$ longitud del pilote

$D_p = 0.80\,m$ diámetro del pilote

$Q_{adm} := 1267 \cdot kN$ carga admisible a la compresión del pilote

$Q_{servicio} = 1077 \cdot kN$ carga de servicio del pilote

$Eval_{pilote} := if(Q_{adm} \geq Q_{servicio}, "El\ Pilote\ Verifica!!", "NO\ Verifica!!")$

$Eval_{pilote} = "El\ Pilote\ Verifica!!"$

$FS := \frac{Q_{adm}}{Q_{servicio}} = 1.18$ factor de seguridad del pilote
(Cumple si FS>=1)

4.3 Cálculo del pilote a cargas horizontales

4.3.1. Cálculo del coeficiente β

a) Datos de SPT

$$Datos := \begin{pmatrix} "Capa" & "Cota\ (m)" & "Nspt" & "Tipo" \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 3 & 3 \\ 3 & 2 & 4 & 3 \\ 4 & 3 & 5 & 3 \\ 5 & 4 & 12 & 3 \\ 6 & 5 & 16 & 3 \\ 7 & 6 & 35 & 4 \\ 8 & 7 & 50 & 4 \end{pmatrix}$$

Capa 1: capa coincidente con el inicio de pilotes (Nivel inferior del cabezal de pilotes)

Perfil Sondeo N° 02

$N_m :=$ | $N_{spt1} \leftarrow Datos_{1,2}$ $= 3.5$

$N_{spt2} \leftarrow Datos_{2,2}$

$N_{spt3} \leftarrow Datos_{3,2}$

$N_{spt4} \leftarrow Datos_{4,2}$

$N_{spt5} \leftarrow Datos_{5,2}$

$N_{spt} \leftarrow \frac{N_{spt1} + N_{spt2} + N_{spt3} + N_{spt4}}{4}$ promedio de N_{spt} para en el rango de profundidad 1/β

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

b) Cálculo del Coeficiente β

$D := \frac{D_p}{cm} = 80 \quad cm$ diámetro del fuste

$E_p := 2.5 \cdot 10^5 \frac{kgf}{cm^2}$ módulo de elasticidad del pilote

$I_p := \frac{\pi \cdot D^4}{64} = 2.0106 \times 10^6 \quad cm^4$ momento de inercia de la sección transversal del pilote

$\alpha := 1$ parámetro para cálculo de coeficiente de reacción horizontal; α=1 para situación normal, sin acción sísmica

$E_o := 28 \cdot N_m = 98 \quad \frac{kgf}{cm^2}$ módulo de deformación del suelo

$$B_H := \left[\frac{4 \cdot E_p \cdot I_p \cdot D^3}{\sqrt[4]{\left(\frac{1}{30}\right)} \cdot \alpha \cdot E_o}\right]^{\left(\frac{4}{29}\right)} = 182.3 \quad cm$$

$$k_{Ho} := \frac{1}{30} \cdot \alpha \cdot E_o = 3.27 \quad \frac{kgf}{cm^3}$$

$$k_H := k_{Ho} \cdot \left[\left(\frac{B_H}{30}\right)^{\left(-\frac{3}{4}\right)}\right] = 0.84 \quad \frac{kgf}{cm^3}$$ coeficiente de reacción horizontal del pilote

$$\beta := \sqrt[4]{\left(\frac{k_H \cdot D}{4 \cdot E_p \cdot I_p}\right)} = 0.002407 \quad \frac{1}{cm}$$ coeficiente característico del pilote

$\frac{1}{\beta} = 415.4 \quad cm$

$k_H := k_H \cdot \left(\frac{kgf}{cm^3}\right) = 844 \cdot \frac{tf}{m^3}$ coeficiente de reacción horizontal del suelo

4.3.2 Carga horizontal debido a la fuerza f_x

$f_x = 125.00 \cdot \frac{kN}{m}$ fuerza distribuida horizontal extraída del manual de puentes del MOPC

$b_{muro} := 11.0 \cdot m$ ancho total del muro

$R_x := f_x \cdot b_{muro} = 1375 \cdot kN$ fuerza horizontal sobre el estribo

$n_p := n_{eje.A} + n_{eje.B} = 9.00$ cantidad de pilotes en la fundación

$F_{x.i} := \frac{R_x}{n_p} = 152.78 \cdot kN$ fuerza horizontal sobre los pilotes

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

4.3.3 Cálculo de desplazamientos y esfuerzos en el pilote

$$E_p := E_p \cdot \left(\frac{kgf}{cm^2}\right) = 3 \times 10^5 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$$

$$I_p := I_p \cdot \left(cm^4\right) = 2010619.30 \cdot cm^4$$

$$\beta := \beta \cdot \left(\frac{1}{cm}\right) = 0.00241 \cdot \frac{1}{cm}$$

$F_H := F_{x.i} = 152.78 \cdot kN$ fuerza horizontal total sobre un pilote

$$\delta := \frac{\left(1 + \beta \cdot h_s\right)^3 + 2}{12 \cdot E_p \cdot I_p \cdot \beta^3} \cdot F_H$$ desplazamiento del pilote debido a la carga horizontal

$\delta = 7.24 \cdot mm$ desplazamiento horizontal aceptable (La norma japonesa recomienda hasta un valor máximo de 15mm para pilotes con diámetro menor a 1.50m)

$$M_o := \left|\frac{1 + \beta \cdot h_s}{2 \cdot \beta} \cdot F_H\right|$$

$M_o = 393.71 \cdot kN \cdot m$ momento de empotramiento en la cabeza del pilote

$$l_m := \frac{1}{\beta} \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{1}{\beta \cdot h_s}\right) = 5.54\,m$$

$l_m = 5.54\,m$ profundidad desde el suelo hasta la ubicación del momento máximo en la zona enterrada del pilote

$$M_m := \left|\frac{-F_H}{2 \cdot \beta} \cdot \sqrt{1 + \left(\beta \cdot h_s\right)^2} \cdot \exp\left(-\beta \cdot l_m\right)\right|$$

$M_m = 85.93 \cdot kN \cdot m$ momento máximo en la zona enterrada del pilote

$M_{pilote} := \max\left(M_o, M_m\right) = 393.71 \cdot kN \cdot m$

4.3.4 Dimensionamiento a la Flexión Compuesta de la sección

a) Solicitaciones de servicio:

$M_{pilote} = 393.71 \cdot kN \cdot m$ momento en la cabeza del pilote

$F_H = 152.78 \cdot kN$ fuerza horizontal sobre el pilote

$F_{vmax} := \max\left(F'_1, F'_2, F_3, F_4\right) = 978.00 \cdot kN$ carga vertical máxima sobre el pilote

$F_{vmin} := \min\left(F'_1, F'_2, F_3, F_4\right) = 489.00 \cdot kN$ carga vertical máxima sobre el pilote

b) Solicitaciones de cálculo:

$\gamma_f := (1.35 \cdot 0.65 + 1.75 \cdot 0.35) = 1.49$ coeficiente de mayoración

$M_{od} := \gamma_f \cdot M_o = 586.63 \cdot kN \cdot m$ momento en la cabeza del pilote

$F_{H.d} := \gamma_f \cdot F_H = 227.64 \cdot kN$ fuerza horizontal sobre el pilote

Ing. Héctor G. Espínola
Supervisor de Obras
PCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y. YSY
VICE PRESIDENTE

$F_{Vmax.d} := \gamma_f \cdot F_{vmax} = 1457.22 \cdot kN$ Caso A: carga vertical máxima sobre el pilote

$F_{Vmin.d} := \gamma_f \cdot F_{vmin} = 728.61 \cdot kN$ Caso B: carga vertical mínima sobre el pilote

$n_{varilla} := 20$ cantidad de varillas en el pilote

$\phi_s := 20mm$ diámetro de la varilla

$A_s := n_{varilla} \cdot \pi \cdot \frac{\phi_s^2}{4} = 62.83 \cdot cm^2$ armadura total

$A_c := \pi \cdot \frac{(D \cdot cm)^2}{4} = 5026.55 \cdot cm^2$ sección bruta del pilote

$\rho := \frac{A_s}{A_c} = 1.25 \cdot \%$ cuantía de acero

	Esfuerzos totales de cálculo			Esfuerzos resistentes mayorados			F.S.
	N_d (kN)	M_{dy} (kNm)	M_{dy} (kNm)	N_r (kN)	M_{rx} (kNm)	M_{ry} (kNm)	
Hipótesis 1	1457.0	586.6	0.0	2438.1	981.6	0.0	1.67
Hipótesis 2	728.6	586.6	0.0	1127.8	908.0	-0.0	1.55

Armadura adoptada: 20Ø20 (A_s= 62.8cm^2) y Estribos Ø8-c/20

4.4 Dimensionamiento del cabezal de pilotes

4.4.1 Momento flector en el cabezal

$f'c := 25 \cdot MPa$ resistencia característica del hormigón

$fy := 420 \cdot MPa$ resistencia característica del acero

$L := 2.40 \cdot m$ separación entre eje de pilotes

$\gamma_t := 18 \cdot \frac{kN}{m^3}$ peso específico del relleno

$\gamma_c := 25 \cdot \frac{kN}{m^3}$ peso específico del hormigón

$H_{rell} := 4.69 \cdot m$ altura del relleno sobre el cabezal

$H_{sc} := 0.60 \cdot m$ altura del relleno considerado como sobrecarga

$H_{losa} := 0.70 \cdot m$ espesor del cabezal

$Q_{rell} := H_{rell} \cdot \gamma_t = 84.42 \cdot \frac{kN}{m^2}$

$Q_{sc} := H_{sc} \cdot \gamma_t = 10.80 \cdot \frac{kN}{m^2}$

$Q_{losa} := H_{losa} \cdot \gamma_c = 17.50 \cdot \frac{kN}{m^2}$

$Q_{Rd} := 1.25 \cdot (Q_{rell} + Q_{losa}) + 1.75 \cdot Q_{sc}$

$b := 1.0 \cdot m$

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

$Q_{Rd} := Q_{Rd} \cdot b = 146.30 \cdot \frac{kN}{m}$

$M_d := \frac{Q_{Rd} \cdot L^2}{8} = 105.34 \cdot kN \cdot m$ momento en el centro del cabezal

$M_u := M_d = 105.34 \cdot kN \cdot m$

$\phi_f := 0.90$ factor de reducción de la resistencia nominal para esfuerzos a flexión

$h_{cabezal} := H_{losa} = 700 \cdot mm$ altura del cabezal

$rec := 100 \cdot mm$ recubrimiento de armaduras

$dia_{var} := 16 \cdot mm$

$d := h_{cabezal} - rec - \frac{dia_{var}}{2} = 592 \cdot mm$ canto útil del cabezal

$b := 1000 \cdot mm$ ancho de cálculo

$f(As) := \frac{M_u}{\phi_f} - As \cdot fy \cdot d + As^2 \cdot \frac{fy^2}{(2 \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot b)}$ fórmula para armadura de flexión para secciones rectangulares s/ AASTHO

$As := 0.00 \cdot mm^2$

$As_1 := root(f(As), As)$

$As_1 = 474 \cdot mm^2$ Armadura adoptada ϕ 16-c/20 (As= 1005 mm²/m)

4.4.2. Esfuerzo Cortante en el cabezal

$V_{Rd} := \frac{Q_{Rd} \cdot L}{2} = 175.56 \cdot kN$

$V_u := V_{Rd} = 175.56 \cdot kN$ cortante de cálculo

$\phi_s := 0.90$ factor de reducción de la resistencia nominal para esfuerzos a cortante s/ AASHTO

$V_n := \frac{V_u}{\phi_s} = 195 \cdot kN$

$h_{cabezal} := 700 \cdot mm$ altura del cabezal

$rec := 100 \cdot mm$ recubrimiento de armaduras

$dia_{var} := 16 \cdot mm$

$d := h_{cabezal} - rec - \frac{dia_{var}}{2} = 592 \cdot mm$ canto útil del cabezal

$b_w := b = 1.00\,m$ ancho de cálculo

$V_c := 0.166 \cdot \sqrt{f'c \cdot \left(\frac{N}{mm^2}\right)} \cdot b_w \cdot d$ esfuerzo cortante resistido por el hormigón

$V_c = 491.36 \cdot kN$

$Eval_{Vc} := if(V_c > V_n, "No\ Requiere\ Armaduras\ de\ Corte", "Disponer\ Armaduras\ de\ Corte")$

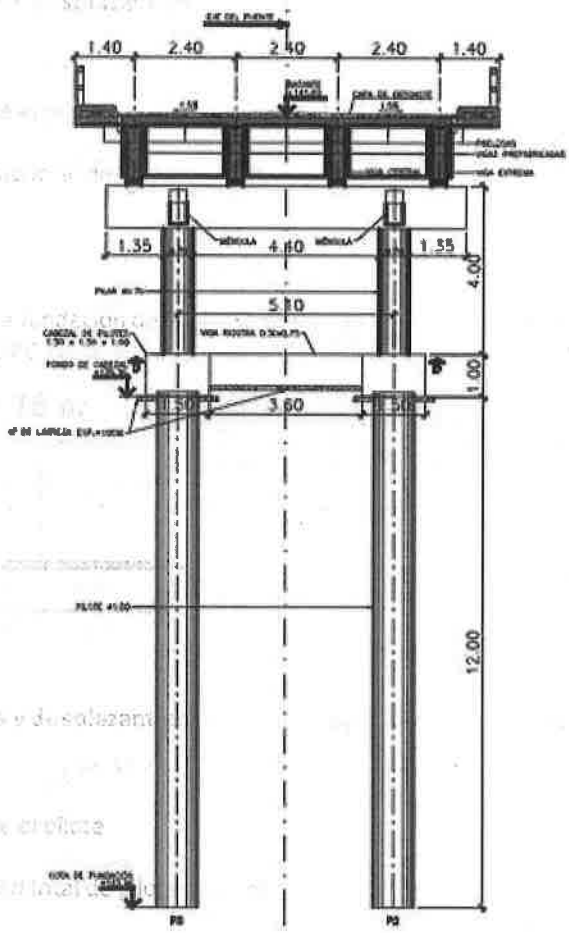
$Eval_{Vc} = "No\ Requiere\ Armaduras\ de\ Corte"$

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Héctor B. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

5. Diseño de la Pila. Fundación con Pilotes



Vista frontal de la pila

El dimensionamiento de la fundación de la pila se calcula a partir de 2 estados de carga, tabulados en el Manual de Diseño del MOPC

PUENTE VANO: 15 m

			ESTADO 1				ESTADO 2			
H máx (m)	Hi (m)	ø pilar (m)	F x (kN)	F y (kN)	F z (kN)	My (kN.m)	F x (kN)	F y (kN)	F z (kN)	My (kN.m)
4	4	0.7	±55	±45	2100	±400	±70	±20	1900	±570
	3	0.7	±55	±45	2100	±350	±70	±25	1900	±470

5.1 Cálculo de esfuerzos y desplazamientos horizontales del pilote (Estado 1)

$F_{x1} := 55kN$ $F_{y1} := 45kN$ $F_{z1} := 2100kN$ $M_{y1} := 400kN \cdot m$

Cálculo de esfuerzos sobre el pilote

$n_p := 1$ cantidad total de pilotes por pilar

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV-MOPC

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

$$R_{1.1} := \frac{F_{z1}}{n_p} = 2100.00 \cdot kN$$

$R_{v1} := R_{1.1} = 2100.00 \cdot kN$ carga vertical sobre el pilote

$M_{f1} := M_{y1} = 400.00 \cdot kN \cdot m$ momento en cabeza de pilote

5.2 Cálculo de esfuerzos y desplazamientos horizontales del pilote (Estado 2)

$F_{x2} := 70 \cdot kN$ $F_{y2} := 20 \cdot kN$ $F_{z2} := 1900 \cdot kN$ $M_{y2} := 570 \cdot kN \cdot m$

Cálculo de esfuerzos sobre el pilote

$n_p := 1$ cantidad total de pilotes por pilar

$$R_{2.1} := \frac{F_{z2}}{n_p} = 1900.00 \cdot kN$$

$R_{v2} := R_{2.1} = 1900.00 \cdot kN$ carga vertical sobre el pilote

$M_{f2} := M_{y2} = 570.00 \cdot kN \cdot m$ momento en cabeza de pilote

5.3 Cálculo de la capacidad portante del pilote (Cargas Verticales)

5.3.1 Datos generales del terreno y del pilote

$L_p := 12.00 \cdot m$ longitud total del pilote

$h_o := 0.00 \cdot m$ longitud del pilote de la zona no enterrada

$h_s := 1.00 \cdot m$ altura de socavación estimada

$L_{ef} := 10.00m$ longitud efectiva del pilote que colabora a la fricción lateral

$D_p := 1.00 \cdot m$ diámetro del pilote

$$A_p := \pi \cdot \frac{D_p^{\,2}}{4} = 0.7854 \cdot m^2$$ área de punta

$\psi := \pi \cdot D_p = 3.14\,m$ perímetro del pilote

$$W_p := (2.5) \cdot \frac{tf}{m^3} \cdot A_p \cdot L_p = 231.06 \cdot kN$$ peso adicional sobre el terreno, al reemplazar el suelo existente por hormigón

$R_{vmax} := \max\left(R_{v1}, R_{v2}\right) = 2100 \cdot kN$ carga máxima en la cabeza del pilote

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

CÁLCULO DE PILOTE POR EL MÉTODO DE DÉCOURT - QUARESMA (1996)

Obra: PUENTE SOBRE ARROYO DE ORO
Proyecto: PUENTE L=3X15M=45M
Fecha: 27/05/2021

Datos del Pilote

Diámetro pilote (D):	1.00	m
Area de punta (Ap):	0.7854	m^2
Perímetro (U):	3.14	m

TABLA DE COEFICIENTES "C", "α" y "β" (DÉCOURT-QUARESMA) 1996

SUELO N°	TIPO DE SUELO	C (T/m^2)	α	β
1	ARCILLOSO	12	0.85	0.90
2	LIMO ARCILLOSO	20	0.60	0.75
3	LIMO ARENOSO	25	0.60	0.75
4	ARENOSO	40	0.50	0.60
Tipo de Pilote	Excavado con Lodo Bentonítico			

Resistencia por Punta

CAPA	SUELO N°	TIPO DE SUELO	α	C (T/m^2)	Nspt.punta	rp (T/m^2)	Ap (m^2)	Qpunta (T)
13	4	ARENOSO	0.50	40	40	800	0.7854	628

Resistencia por Fricción **SONDEO 1**

CAPA	SUELO N°	TIPO DE SUELO	Nspt REAL	Nspt MODIFICADO	rl (T/m^2)	β	ΔL (m)	U (m)	ΔRl (T)	ESQUEMA DE PILOTE	DATOS ADICIONALES
1	2	LIMO ARCILLOSO	4								COTA: +134.96
2	2	LIMO ARCILLOSO	4	4	2.33	0.75				1	
3	2	LIMO ARCILLOSO	6	6	3.00	0.75	1.0	3.14	7.07	2	
4	3	LIMO ARENOSO	6	6	3.00	0.75	1.0	3.14	7.07	3	
5	3	LIMO ARENOSO	15	15	6.00	0.75	1.0	3.14	14.14	4	
6	3	LIMO ARENOSO	50	25	9.33	0.75	1.0	3.14	21.99	5	
7	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	6	
8	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	7	
9	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	8	
10	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	9	
11	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	10	
12	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	11	COTA FUNDACIÓN
13	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60				12	CF=+122.96
							10.0	Qfricción (T)	156		

Carga Admisible del Pilote

Qpunta (T)	Qfricción (T)	Fs.punta	Fs.fricción	Qadm (T)	σ (kgf/cm^2)	σ.adm (kgf/cm^2)	Qadm (T)	Qadm (kN)
628	156	4.0	1.5	261.0	33.2	50	261	2559

5.3.2 Verificación de la capacidad portante del pilote

$Q_{adm} := 2559kN$ carga admisible a la compresión del pilote (para pila 1)

$Q_{servicio} := R_{vmax} + W_p = 2331.06 \cdot kN$ carga máxima de servicio

$Eval_{pilote} := if(Q_{adm} \geq Q_{servicio}, "El\ Pilote\ Verifica!!", "NO\ Verifica!!")$

$Eval_{pilote} = "El\ Pilote\ Verifica!!"$

$FS := \frac{Q_{adm}}{Q_{servicio}} = 1.10$ factor de seguridad del pilote para pila 1 (Cumple si FS>=1)

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRA[illegible] Y.
VICE PRESIDENTE

CÁLCULO DE PILOTE POR EL MÉTODO DE DÉCOURT - QUARESMA (1996)

Obra: PUENTE SOBRE ARROYO DE ORO
Proyecto: PUENTE L=3X15M=45M
Fecha: 27/05/2021

Datos del Pilote

Diámetro pilote (D):	1.00	m
Area de punta (Ap):	0.7854	m^2
Perímetro (U):	3.14	m

TABLA DE COEFICIENTES "C", "α" y "β" (DÉCOURT-QUARESMA) 1996

SUELO N°	TIPO DE SUELO	C (T/m^2)	α	β
1	ARCILLOSO	12	0.85	0.90
2	LIMO ARCILLOSO	20	0.60	0.75
3	LIMO ARENOSO	25	0.60	0.75
4	ARENOSO	40	0.50	0.60
Tipo de Pilote	Excavado con Lodo Bentonítico			

Resistencia por Punta

CAPA	SUELO N°	TIPO DE SUELO	α	C (T/m^2)	Nspt.punta	rp (T/m^2)	Ap (m^2)	Qpunta (T)
13	4	ARENOSO	0.50	40	40	800	0.7854	628

Resistencia por Fricción **SONDEO 2**

CAPA	SUELO N°	TIPO DE SUELO	Nspt REAL	Nspt MODIFICADO	rl (T/m^2)	β	ΔL (m)	U (m)	ΔRl (T)	ESQUEMA DE PILOTE	DATOS ADICIONALES
1	2	LIMO ARCILLOSO	1								COTA: +134.96
2	2	LIMO ARCILLOSO	3	3	2.00	0.75				1	
3	3	LIMO ARENOSO	4	4	2.33	0.75	1.0	3.14	5.50	2	
4	3	LIMO ARENOSO	5	5	2.67	0.75	1.0	3.14	6.28	3	
5	3	LIMO ARENOSO	12	12	5.00	0.75	1.0	3.14	11.78	4	
6	3	LIMO ARENOSO	16	15	6.00	0.75	1.0	3.14	14.14	5	
7	3	LIMO ARENOSO	35	15	6.00	0.75	1.0	3.14	14.14	6	
8	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	7	
9	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	8	
10	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	9	
11	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	10	
12	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60	1.0	3.14	17.59	11	COTA FUNDACIÓN
13	4	ARENOSO	50	25	9.33	0.60				12	CF=+122.96
							10.0	Qfricción (T)	140		

Carga Admisible del Pilote

Qpunta (T)	Qfricción (T)	Fs.punta	Fs.fricción	Qadm (T)	σ (kgf/cm^2)	σ.adm (kgf/cm^2)	Qadm (T)	Qadm (kN)
628	140	4.0	1.5	250.3	31.9	50	250	2454

5.3.3 Verificación de la capacidad portante del pilote

$Q_{adm} := 2454kN$ carga admisible a la compresión del pilote (para pila 2)

$Q_{servicio} := R_{vmax} + W_p = 2331.06 \cdot kN$ carga máxima de servicio

$Eval_{pilote} := if(Q_{adm} \geq Q_{servicio}, "El\ Pilote\ Verifica!!", "NO\ Verifica!!")$

$Eval_{pilote} = "El\ Pilote\ Verifica!!"$

$FS := \frac{Q_{adm}}{Q_{servicio}} = 1.05$ factor de seguridad del pilote para pila 2 (Cumple si FS>=1)

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

5.4 Cálculo de pilotes sometido a cargas horizontales

5.4.1. Cálculo del coeficiente β

$$Datos := \begin{pmatrix} \text{"Capa"} & \text{"Cota (m)"} & \text{"Nspt"} & \text{"Tipo"} \\ 1 & 0 & 3 & 2 \\ 2 & 1 & 4 & 3 \\ 3 & 2 & 5 & 3 \\ 4 & 3 & 12 & 3 \\ 5 & 4 & 16 & 3 \\ 6 & 5 & 35 & 3 \\ 7 & 6 & 50 & 4 \\ 8 & 7 & 50 & 4 \\ 9 & 8 & 50 & 4 \\ 10 & 9 & 50 & 4 \\ 11 & 10 & 50 & 4 \end{pmatrix}$$

Perfil Sondeo N° 02

a) Datos de SPT

$N_{spt1} \leftarrow Datos_{1,2}$ $= 6$

$N_{spt2} \leftarrow Datos_{2,2}$

$N_{spt3} \leftarrow Datos_{3,2}$

$N_{spt4} \leftarrow Datos_{4,2}$

$N_{spt5} \leftarrow Datos_{5,2}$

$N_{spt} \leftarrow \frac{N_{spt1} + N_{spt2} + N_{spt3} + N_{spt4}}{4}$

promedio de N_{spt} para en el rango de profundidad 1/β

b) Cálculo del Coeficiente β

$D := \frac{D_p}{cm} = 100 \quad cm$ diámetro del fuste

$E_p := 2.5 \cdot 10^5 \quad \frac{kgf}{cm^2}$ módulo de elasticidad del pilote

$I_p := \frac{\pi \cdot D^4}{64} = 4.9087 \times 10^6 \quad cm^4$ momento de inercia de la sección transversal del pilote

$\alpha := 1$ parámetro para cálculo de coeficiente de reacción horizontal; α=1 para situación normal, sin acción sísmica

$E_o := 28 \cdot N_m = 168 \quad \frac{kgf}{cm^2}$ módulo de deformación del suelo

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

$$B_H := \left[\frac{4 \cdot E_p \cdot I_p \cdot D^3}{\sqrt[4]{\left(\frac{1}{30}\right)} \cdot \alpha \cdot E_o}\right]^{\left(\frac{4}{29}\right)}$$

$B_H = 209.92 \ \text{cm}$

$$k_{Ho} := \frac{1}{30} \cdot \alpha \cdot E_o = 5.60 \ \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^3}$$

$$k_H := k_{Ho} \cdot \left[\left(\frac{B_H}{30}\right)^{\left(-\frac{3}{4}\right)}\right] = 1.3 \ \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^3}$$ coeficiente de reacción horizontal del pilote

$$\beta := \sqrt[4]{\left(\frac{k_H \cdot D}{4 \cdot E_p \cdot I_p}\right)} = 0.002269 \ \frac{1}{\text{cm}}$$ coeficiente característico del pilote

$\frac{1}{\beta} = 440.7 \ \text{cm}$

$$k_H := k_H \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^3}\right) = 12764.51 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$ coeficiente de reacción horizontal del suelo

$D_p := D \cdot \text{cm} = 1.00 \ \text{m}$

$$E_p := E_p \cdot \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}\right) = 3 \times 10^5 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$I_p := I_p \cdot \left(\text{cm}^4\right) = 4908738.52 \cdot \text{cm}^4$$

$$\beta := \beta \cdot \left(\frac{1}{\text{cm}}\right) = 0.00227 \cdot \frac{1}{\text{cm}}$$

<u>Fuerza horizontal Estado 1</u>

$$F_{x1} := \frac{F_{x1}}{n_p} = 55 \cdot \text{kN}$$ $n_p = 1$

$F_H := F_{x1} = 55 \cdot \text{kN}$ fuerza horizontal sobre un pilote

$$\delta := \frac{\left(1 + \beta \cdot h_s\right)^3 + 2}{12 \cdot E_p \cdot I_p \cdot \beta^3} \cdot F_H$$ desplazamiento del pilote debido a la carga horizontal

$\delta = 1.25 \cdot \text{mm}$ desplazamiento horizontal aceptable (La norma japonesa recomienda hasta un valor máximo de 15mm para pilotes con diámetro menor a 1.50m)

$$M_{o1} := \frac{1 + \beta \cdot h_s}{2 \cdot \beta} \cdot F_H$$

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

$M_{o1} = 148.69 \cdot kN \cdot m$ momento de empotramiento en la cabeza del pilote

$$l_{m1} := \frac{1}{\beta} \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{1}{\beta \cdot h_s}\right) = 5.94\,m$$

$l_{m1} = 5.94\,m$ profundidad desde el suelo hasta la ubicación del momento máximo en la zona enterrada del pilote

$$M_{m1} := \left| \frac{-F_H}{2 \cdot \beta} \cdot \sqrt{1 + (\beta \cdot h_s)^2} \cdot \exp(-\beta \cdot l_{m1}) \right|$$

$M_{m1} = 32.29 \cdot kN \cdot m$ momento máximo en la zona enterrada del pilote

$$M_{pilote1} := M_{f1} + \max(M_{o1}, M_{m1}) = 548.69 \cdot kN \cdot m$$

Fuerza horizontal Estado 2

$$F_{x2} := \frac{F_{x2}}{n_p} = 70.00 \cdot kN$$ $n_p = 1.00$

$F_H := F_{x2} = 70.00 \cdot kN$ fuerza horizontal sobre un pilote

$$\delta := \frac{(1 + \beta \cdot h_s)^3 + 2}{12 \cdot E_p \cdot I_p \cdot \beta^3} \cdot F_H$$ desplazamiento del pilote debido a la carga horizontal

$\delta = 1.60 \cdot mm$ desplazamiento horizontal aceptable (La norma japonesa recomienda hasta un valor máximo de 15mm para pilotes con diámetro menor a 1.50m)

$$M_{o2} := \frac{1 + \beta \cdot h_s}{2 \cdot \beta} \cdot F_H$$

$M_{o2} = 189.24 \cdot kN \cdot m$ momento de empotramiento en la cabeza del pilote

$$l_{m2} := \frac{1}{\beta} \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{1}{\beta \cdot h_s}\right) = 5.94\,m$$

$l_{m2} = 5.94\,m$ profundidad desde el suelo hasta la ubicación del momento máximo en la zona enterrada del pilote

$$M_{m2} := \left| \frac{-F_H}{2 \cdot \beta} \cdot \sqrt{1 + (\beta \cdot h_s)^2} \cdot \exp(-\beta \cdot l_{m2}) \right|$$

$M_{m2} = 41.10 \cdot kN \cdot m$ momento máximo en la zona enterrada del pilote

$$M_{pilote2} := M_{f2} + \max(M_{o2}, M_{m2}) = 759.24 \cdot kN \cdot m$$

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

5.4.2 Dimensionamiento a Flexión Compuesta de la sección del pilote

a) Solicitaciones en Estado 1

Solicitaciones de servicio:

$M_o := M_{pilote1} = 548.69 \cdot kN \cdot m$ momento en la cabeza del pilote

$R_{v1} = 2100.00 \cdot kN$ carga vertical sobre el pilote

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Dimensionamiento del pilote:

$\gamma_f = 1.49$ coeficiente de mayoración

$M_{od} := \gamma_f \cdot M_o = 817.54 \cdot kN \cdot m$ momento en la cabeza del pilote

$R_{vd} := \gamma_f \cdot R_{v1} = 3129.00 \cdot kN$ carga vertical sobre el pilote

$D_{pilote.nec} := 1.00 \cdot m$ diámetro de pilote requerido estructuralmente

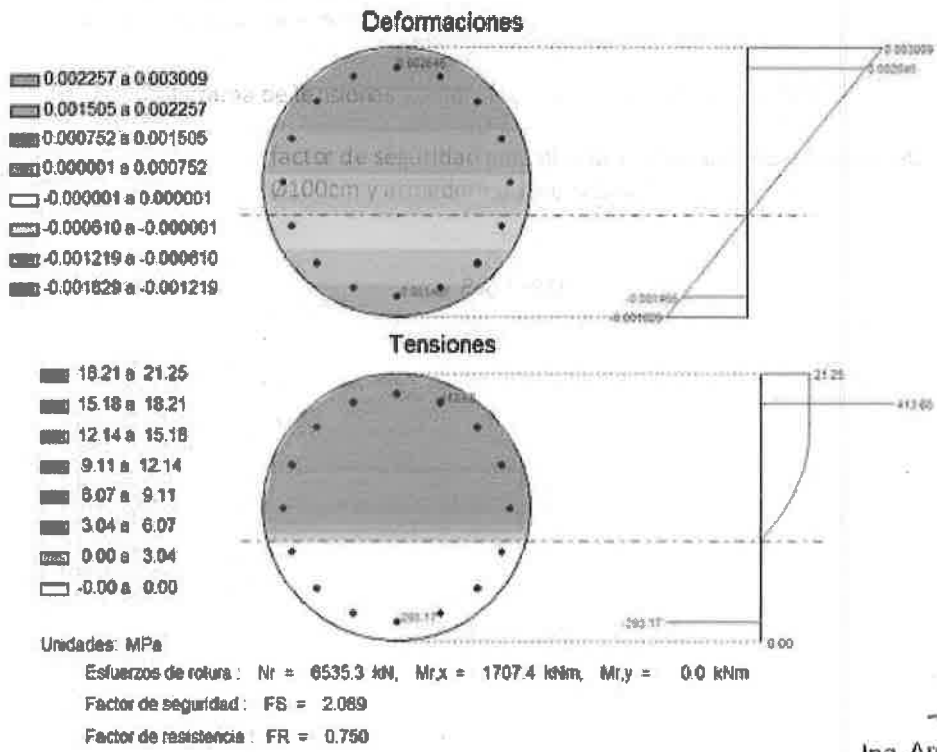
$n_{varilla} := 16$ cantidad de varillas en el pilote

$\phi_s := 25mm$ diámetro de la varilla

$A_s := n_{varilla} \cdot \pi \cdot \frac{\phi_s^2}{4} = 78.54 \cdot cm^2$ armadura total

$A_c := \pi \cdot \frac{(D_{pilote.nec})^2}{4} = 7853.98 \cdot cm^2$ sección bruta del pilote

$\rho := \frac{A_s}{A_c} = 1.00 \cdot \%$ cuantía de acero



Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

Diagrama de tensiones y deformaciones en rotura con Ø100cm

$FS := 2.09$ factor de seguridad para el pilote requerido estructuralmente con Ø100cm y armadura principal 16Ø25

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

b) Solicitaciones en Estado 2

Solicitaciones de servicio:

$M_o := M_{pilote2} = 759.24 \cdot kN \cdot m$ momento en la cabeza del pilote

$R_{v2} = 1900.00 \cdot kN$ carga vertical sobre el pilote

Dimensionamiento del pilote:

$\gamma_f = 1.49$ coeficiente de mayoración

$M_{od} := \gamma_f \cdot M_o = 1131.26 \cdot kN \cdot m$ momento en la cabeza del pilote

$R_{vd} := \gamma_f \cdot R_{v2} = 2831.00 \cdot kN$ carga vertical sobre el pilote

$D_{pilote.nec} := 1.00 \cdot m$ diámetro de pilote requerido estructuralmente

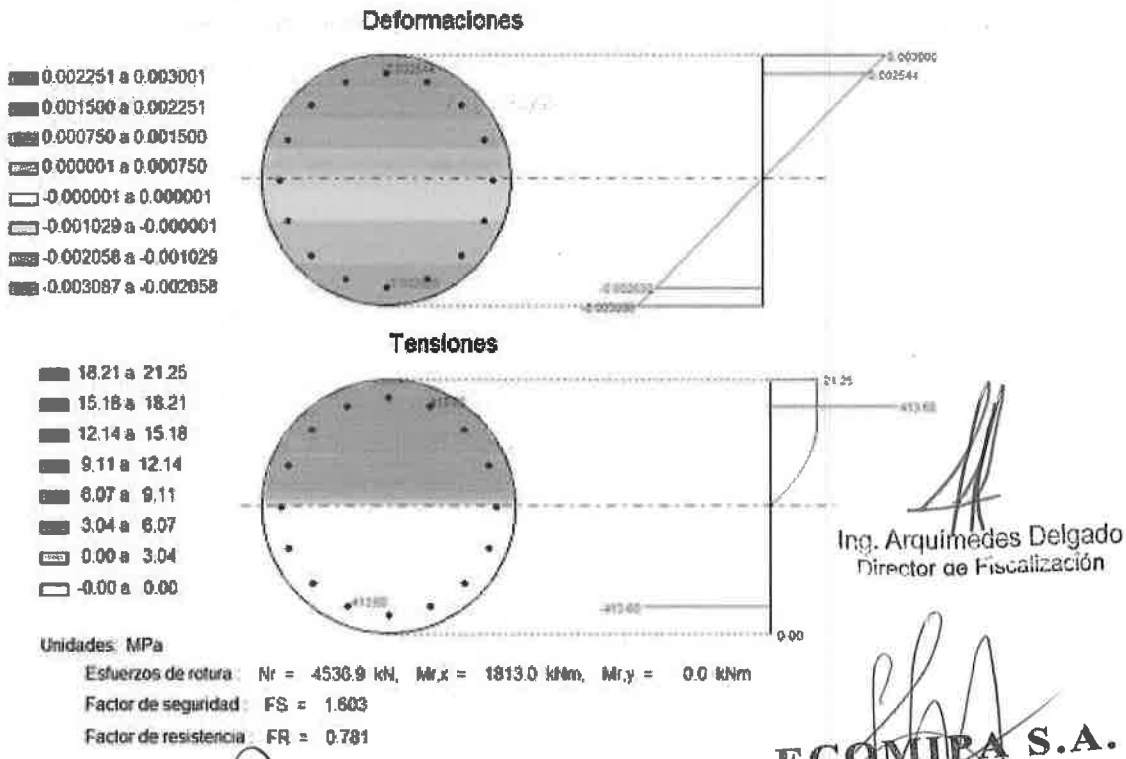
$n_{varilla} := 16$ cantidad de varillas en el pilote

$\phi_s := 25mm$ diámetro de la varilla

$A_s := n_{varilla} \cdot \pi \cdot \frac{\phi_s^2}{4} = 78.54 \cdot cm^2$ armadura total

$A_c := \pi \cdot \frac{(D_{pilote.nec})^2}{4} = 7853.98 \cdot cm^2$ sección bruta del pilote

$\rho := \frac{A_s}{A_c} = 1.00 \cdot \%$ cuantía de acero



Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DGV - M.O.P.C.

Diagrama de tensiones y deformaciones en rotura con Ø100cm

FS := 1.60 factor de seguridad para el pilote requerido estructuralmente con Ø100cm y armadura principal 16Ø25

c) Armaduras del pilote

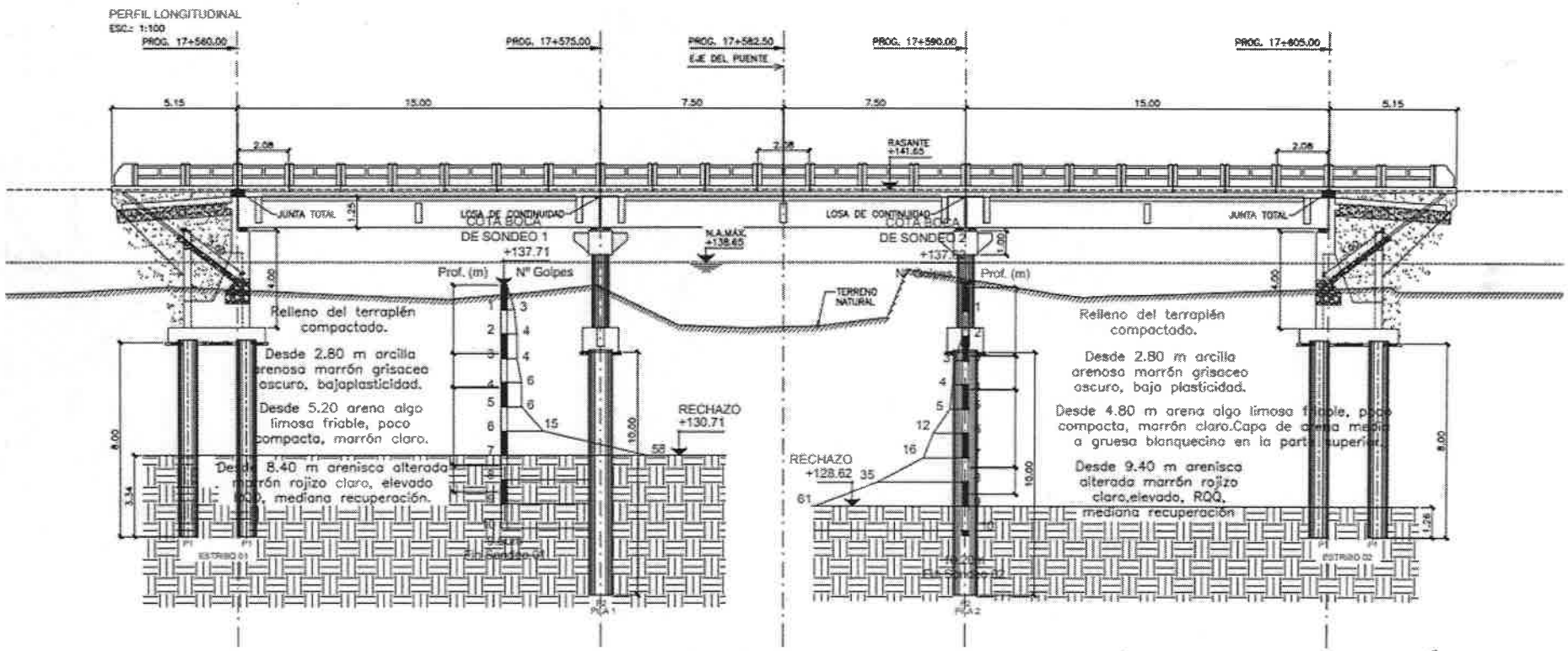
Se adopta como armadura principal: 16Ø25 (A_s= 78.54cm^2), y Estribos Ø8-c/20

----------o-O-o----------

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización



OBSERVACIÓN: Se deberá verificar en obra que el perfil estratigráfico constituído por arenisca se mantiene hasta una profundidad igual a la cota de fundación + 3 veces el diámetro del pilote.

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Representante Legal

CONSULTOR
Crea
ESTRUCTURAS SRL

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES
GOBIERNO NACIONAL
Paraguay de la gente

"CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA DE PUENTES DE H°A° EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PAÍS".
PUENTE: Progr. PROG. 17+582.50 - L=3x15m= 45m
PUENTE N°
TRAMO: Ao DE ORO
DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO

PERFIL LONGITUDINAL Y PERFIL GEOTÉCNICO

MAPA DEL PARAGUAY
AREA DEL PROYECTO
BOLIVIA
ARGENTINA
BRASIL

ESCALA: INDICADA

LAMINA DE-00-R0

Fecha: Octubre 2020

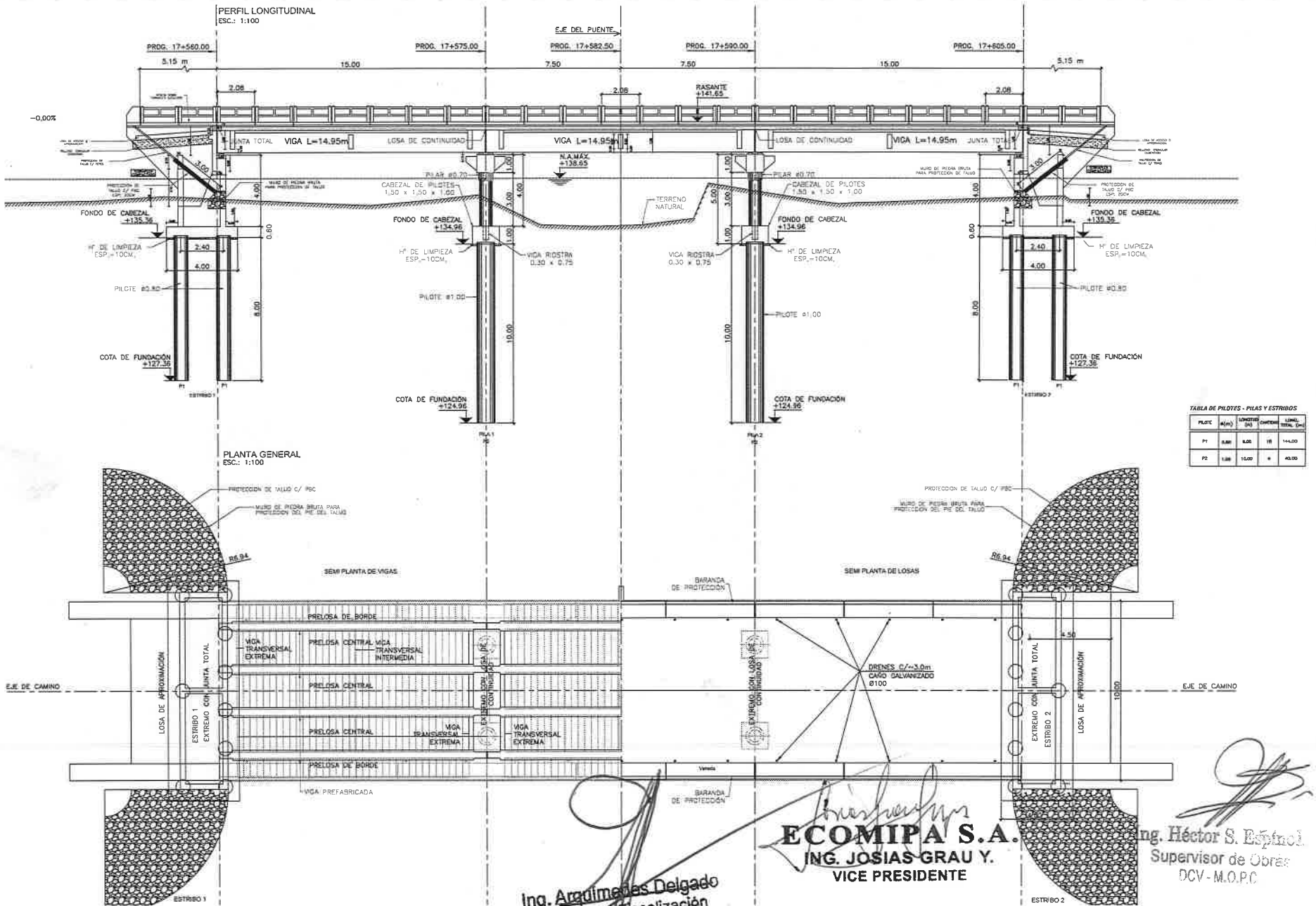


TABLA DE PILOTES - PILAS Y ESTRIBOS

PILOTE	ø(m)	LONGITUD (m)	CANTIDAD	LONG. TOTAL (m)
P1	0.80	8.00	18	144.00
P2	1.00	10.00	4	40.00

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Representante Legal

CONSULTOR
Crea
ESTRUCTURAS SRL

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES
GOBIERNO NACIONAL
Paraguay de la gente

"CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA DE PUENTES DE H°A° EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PAÍS".
PUENTE: Progr. PROG. 17+582.50 - L=3x15m= 45m
PUENTE N°
TRAMO: Ao DE ORO
DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO

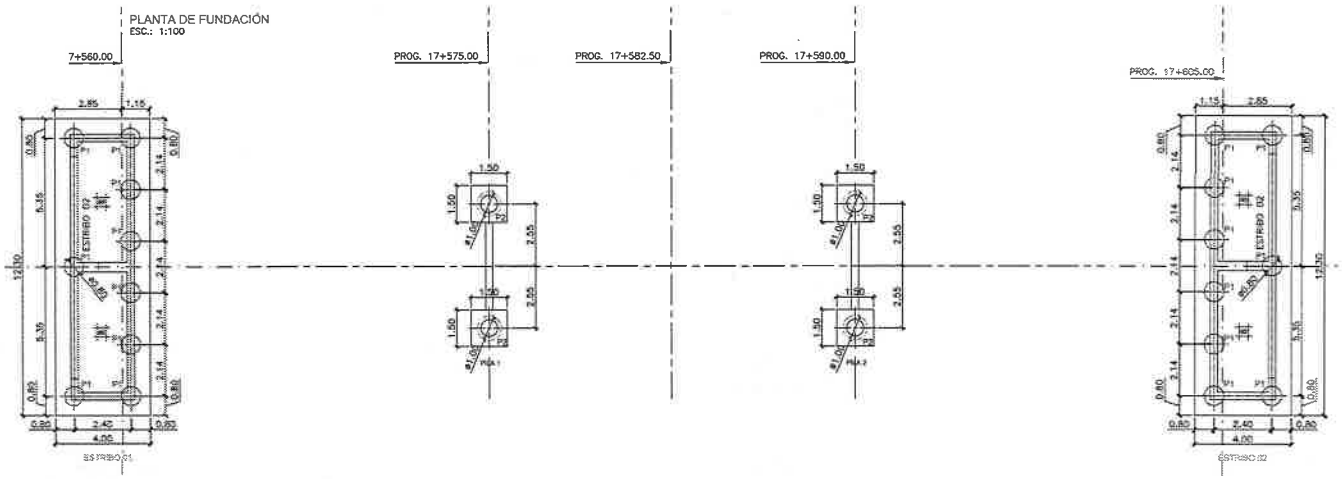
PERFIL LONGITUDINAL
Y PLANTA GENERAL

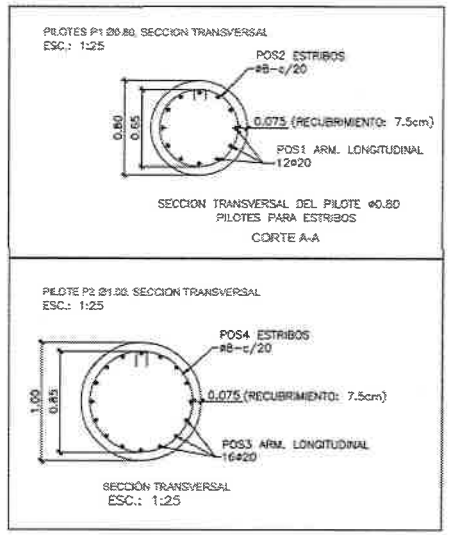
ESCALA: INDICADA

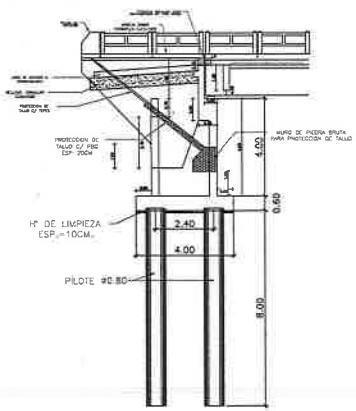
LAMINA DE -01 -R0

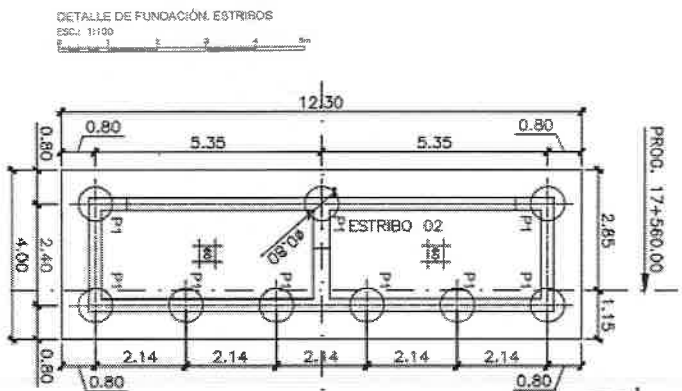
Fecha: Octubre 2020

MAPA DEL PARAGUAY
AREA DEL PROYECTO
BOLIVIA
ARGENTINA
BRASIL









NOTAS GENERALES

MATERIALES: HORMIGÓN: – HORMIGON ARMADO f'c = 25 MPa (RESISTENCIA ESPECIFICADA A COMPRESIÓN) ACERO: – ARMADURA PASIVA fy = 420 MPa (TENSIÓN DE FLUENCIA MÍNIMA ESPECIFICADA)
DISEÑO ESTRUCTURAL: SEGÚN NORMA AASHTO LRFD 2005
RECUBRIMIENTO DE ARMADURAS: – EN GENERAL 4cm – EN PILOTE 7.5cm

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Representante Legal

CONSULTOR
Crea
ESTRUCTURAS SRL

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES
GOBIERNO NACIONAL
Paraguay de la gente

"CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA DE PUENTES DE H°A° EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PAÍS".
PUENTE: Progr. PROG. 17+582.50 - L=3x15m= 45m
PUENTE N°
TRAMO: Ao DE ORO
DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO

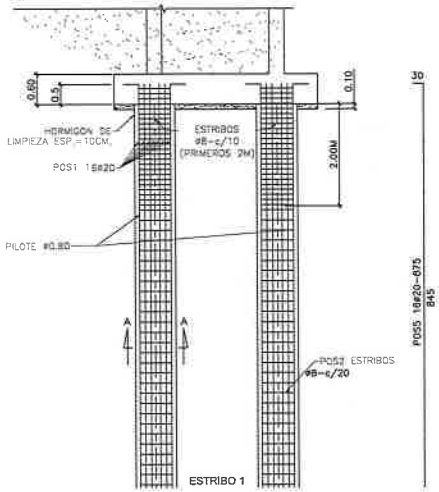
DISEÑO ESTRUCTURAL
PUENTE - FUNDACION
DETALLE DE ESTRIBOS (I)

ESCALA: INDICADA
LAMINA DE -02 -R0
Fecha: Octubre 2020

MAPA DEL PARAGUAY
ÁREA DEL PROYECTO
BOLIVIA
ARGENTINA
BRASIL

ARMADURA DE PILOTES P1 - ESTRIBO 1

ESC.: 1:50



ARMADURA DE PILOTES P1 - ESTRIBO 2

ESC.: 1:50

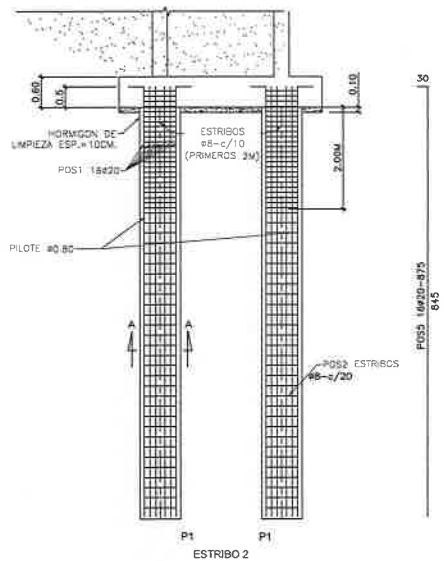
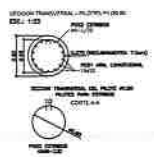
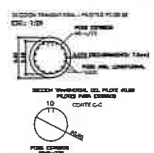


TABLA DE ARMADURAS. PILOTES P1 ESTRIBO 1							
POS	Ø (mm)	Separ. (cm)	Cant.	Long. (cm)	Long. Total (m)	Peso Unit. (kg/m)	Peso Total (kg)
1	20	–	16	875	140.00	2.466	345
2	8	C/20	55	230	126.50	0.395	50
PESO ARMADURAS POR PILOTE (KG)							395
CANTIDAD DE PILOTES POR ESTRIBO							9
PESO TOTAL DE ARMADURAS POR ESTRIBO (KG)							3564

TABLA DE ARMADURAS. PILOTES P1 ESTRIBO 2							
POS	Ø (mm)	Separ. (cm)	Cant.	Long. (cm)	Long. Total (m)	Peso Unit. (kg/m)	Peso Total (kg)
5	20	–	16	875	140.00	2.466	345
8	8	C/20	55	230	126.50	0.395	50
PESO ARMADURAS POR PILOTE (KG)							395
CANTIDAD DE PILOTES POR ESTRIBO							9
PESO TOTAL DE ARMADURAS POR ESTRIBO (KG)							3564





Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C

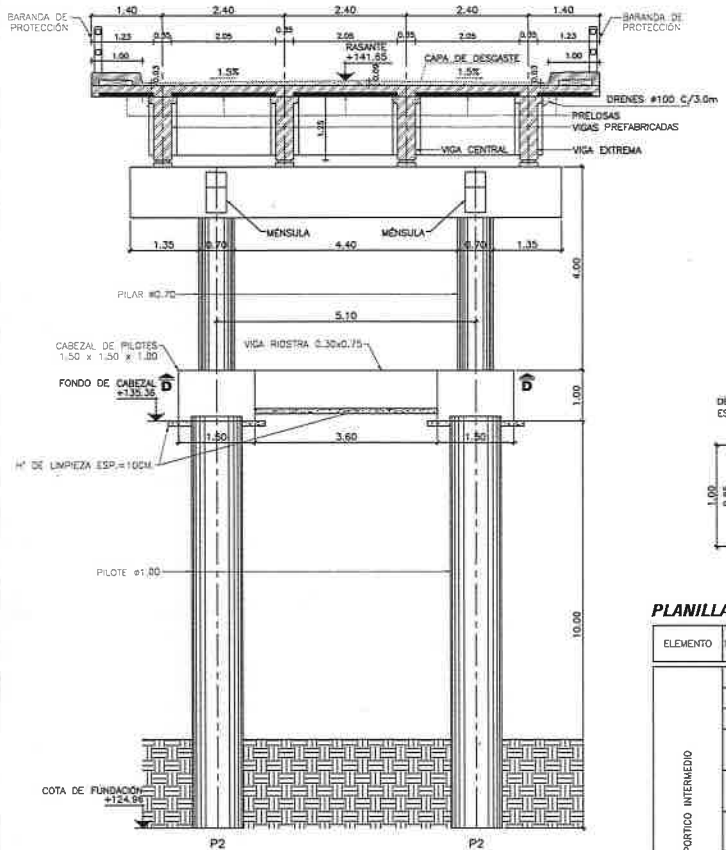
Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

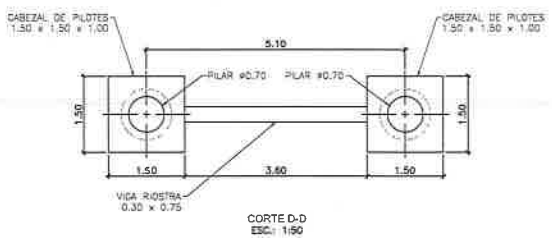
ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Representante Legal	CONSULTOR Crea ESTRUCTURAS SRL	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES · GOBIERNO NACIONAL · Paraguay de la gente	"CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA DE PUENTES DE H°A° EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PAÍS". PUENTE: Progr. PROG. 17+582.50 - L=3x15m= 45m PUENTE N° TRAMO: Ao DE ORO DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO	DETALLE ARMADURA PILOTES P1 - P3	MAPA DEL PARAGUAY ÁREA DEL PROYECTO
				ESCALA: INDICADA	LAMINA DE-03-R0
					Fecha: Octubre 2020

PILA 1 VISTA FRONTAL

ESC.: 1:50

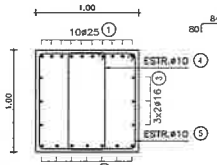




CORTE D-D
ESC.: 1:50

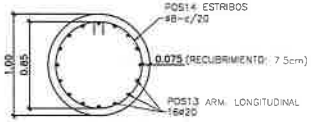
CORTE A-A

ESC.: 1:25



DETALLE DE ARMADURAS SECCION TRANSVERSAL - PILOTE Ø1.00

ESC.: 1:25



CORTE F-F

ESC.: 1:25

PLANILLA DE ARMADURAS (H=4.00 m) PILA 1

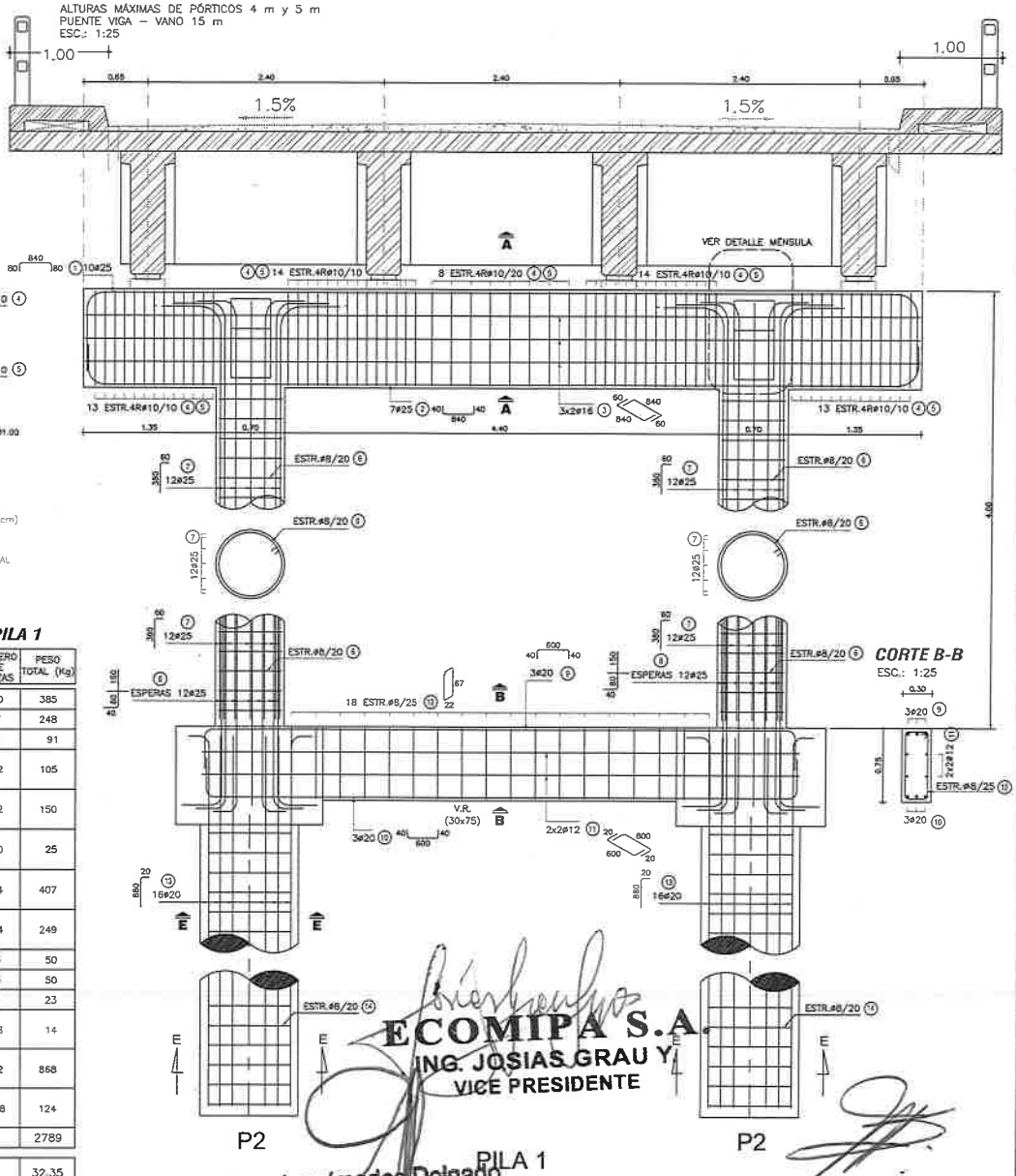
ELEMENTO	PIEZA	ø	ESQUEMA	LONGITUD (cm)	NÚMERO DE PIEZAS	PESO TOTAL (Kg)
PORTICO INTERMEDIO	①	25	80 840 80	1000	10	385
	②	25	40 840 40	920	7	248
	③	16	80 840 80	960	6	91
	④	10	34 94	272	62	105
	⑤	10	34 94	390	62	150
	⑥	8	Ø64	211	30	25
	⑦	25	60 380	440	24	407
	⑧	25	40 150 150	270	24	249
	⑨	20	20 600 20	680	3	50
	⑩	20	20 600 20	680	3	50
	⑪	12	20 600 20	640	4	23
	⑫	8	67 150 150	188	18	14
	⑬	20	1880	1100	32	868
	⑭	8	Ø85	290	108	124
TOTAL (Kg)						2789

VOLUMEN TOTAL* DE HORMIGÓN (m3)	32.35

(*) VOLUMEN COMPUTADO DESDE CARA SUPERIOR DE FUNDACIÓN

PÓRTICO ALTURA 4 m

ALTURAS MÁXIMAS DE PÓRTICOS 4 m y 5 m
PUENTE VIGA – VANO 15 m
ESC.: 1:25



CORTE B-B

ESC.: 1:25

PILA 1

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Héctor S. Espino
Supervisor de Obra
DCV - M.O.P.C.

Representante Legal	CONSULTOR: Crea ESTRUCTURAS SRL	MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES · GOBIERNO NACIONAL · Paraguay de la gente	"CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA DE PUENTES DE H°A° EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PAÍS". PUENTE: Progr. PROG. 17+582.50 - L=3x15m= 45m PUENTE N° TRAMO: Ao DE ORO DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO

DETALLE DE PILA
FUNDACIÓN DE PILAS

MAPA DEL PARAGUAY — ÁREA DEL PROYECTO

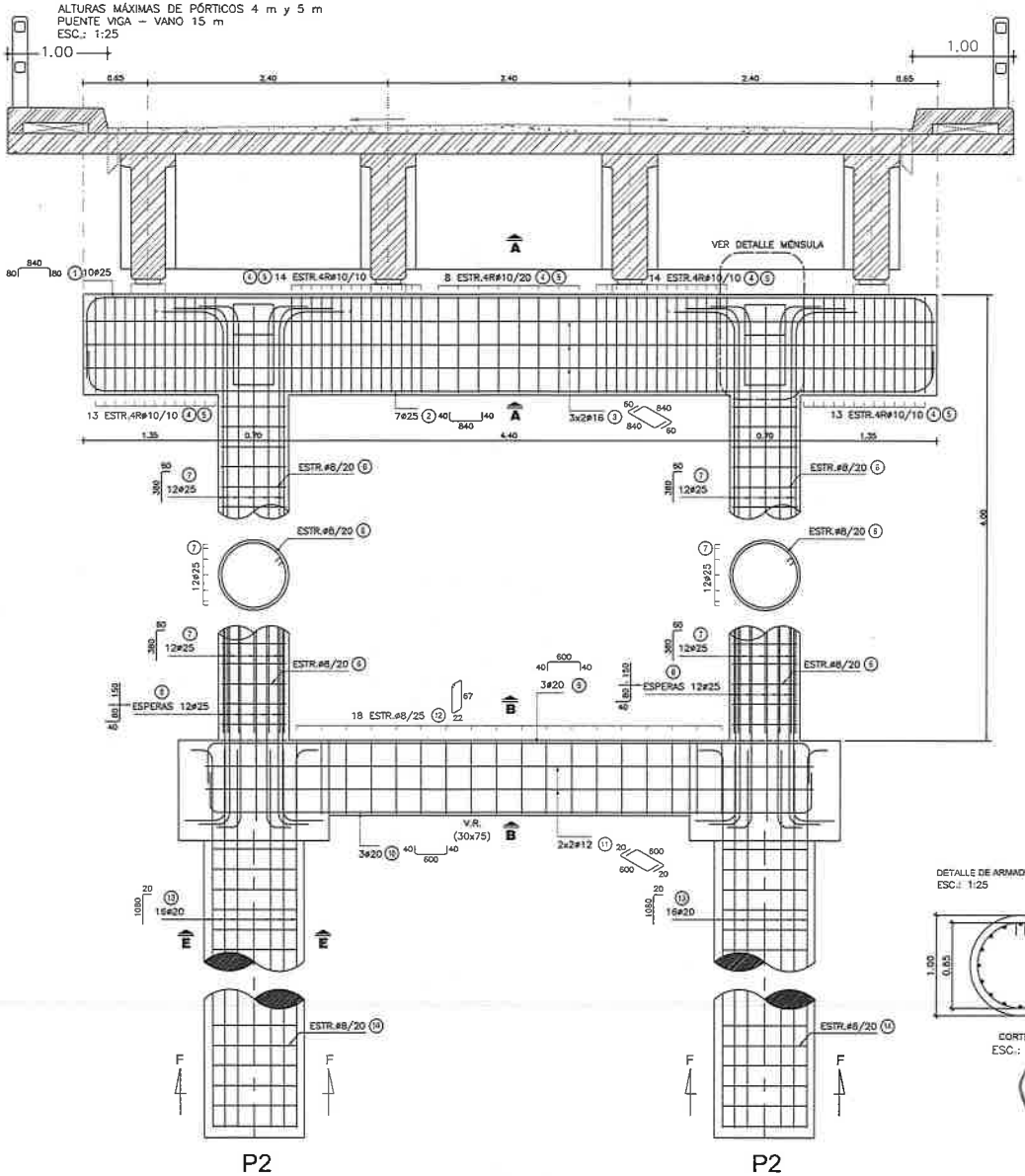
ESCALA: INDICADA

LAMINA DE-04-R0

Fecha: Octubre 2020

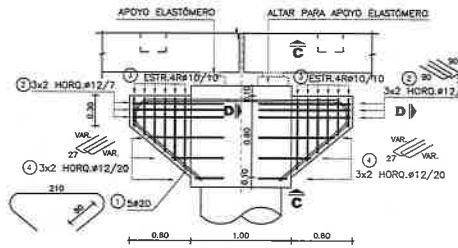
PÓRTICO ALTURA 4 m

ALTURAS MÁXIMAS DE PÓRTICOS 4 m y 5 m
PUENTE VIGA – VANO 15 m
ESC.: 1:25



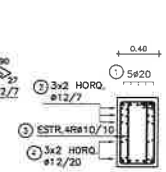
DETALLE DE MENSULAS

ESC.: 1:25



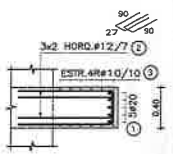
CORTE C-C

ESC.: 1:25



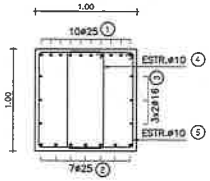
CORTE D-D

ESC.: 1:25



CORTE A-A

ESC.: 1:25



PLANILLA DE ARMADURAS (MENSULA)

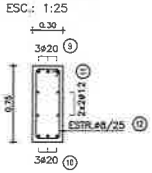
ELEMENTO	PIEZA	Ø	ESQUEMA	LONGITUD (cm)	NÚMERO DE PIEZAS	PESO TOTAL (Kg)
PORTICO INTERMEDIO	1	20	36.5 7=15 100 7=15 36.5 40 40	413	10	102
	2	12	37 90 90	207	24	44
	3	10	25 25/70 25 25/70 25	118/202	48	47
	4	12	37 74/28 74/28	83/175	24	28
TOTAL (Kg)						221

PLANILLA DE ARMADURAS - CABEZAL DE PILOTRES CENTRALES

ELEMENTO	PIEZA	Ø	ESQUEMA	LONGITUD (cm)	NÚMERO DE PIEZAS	PESO TOTAL (Kg)
Cabeza de pilote	1	20	22 138 22	185	14	64
	2	12	22 138 22	298	14	34
	3	16	25 10 170 160	570	5	45
			TOTAL (Kg)			143

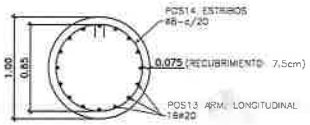
CORTE B-B

ESC.: 1:25



DETALLE DE ARMADURAS .SECCION TRANSVERSAL - PILOTE Ø1.00

ESC.: 1:25



CORTE F-F
ESC.: 1:25

PLANILLA DE ARMADURAS (H=4.00 m) PILA 2

ELEMENTO	PIEZA	Ø	ESQUEMA	LONGITUD (cm)	NÚMERO DE PIEZAS	PESO TOTAL (Kg)
PORTICO INTERMEDIO	1	25	80 840 80	1000	10	385
	2	25	80 840 40	920	7	248
	3	16	80 840 80	960	6	91
	4	10	64 34	272	62	105
	5	10	64 34	390	62	150
	6	8	D64	211	30	25
	7	25	380 80	440	24	407
	8	25	150 40	270	24	249
	9	20	40 600 40	680	3	50
	10	20	80 600 40	680	3	50
	11	12	20 600 20	640	4	23
	12	8	67 22	188	18	14
	13	20	1080 20	1100	32	868
	14	8	D85	290	108	124
TOTAL (Kg)						2789
VOLUMEN TOTAL* DE HORMIGÓN (m3)						32.35

(*) VOLUMEN COMPUTADO DESDE CARA SUPERIOR DE FUNDACIÓN

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU
VICE PRESIDENTE

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Representante Legal

CONSULTOR
Crea
ESTRUCTURAS SRL

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES
GOBIERNO NACIONAL
Paraguay de la gente

"CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA DE PUENTES DE H°A° EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PAÍS".
PUENTE: Progr. PROG. 17+582.50 - L=3x15m= 45m
PUENTE N°
TRAMO: Ao DE ORO
DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO

ESTRIBO VISTA EN PLANTA
DETALLE DE ALA LATERAL

ESCALA: INDICADA

LAMINA DE-05-R0

Fecha: Octubre 2020

MAPA DEL PARAGUAY
AREA DEL PROYECTO
BOLIVIA
ARGENTINA
BRASIL

35- Treinta y cinco

Documentos Integrantes Del Convenio Modificatorio N°01

ANEXO 7

Estudios Hidrológicos e Hidráulicos.

Contrato S.G. Ministro N° 515/2019

ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

El Estudio original fue realizado por el Consorcio Servingci - Electropar, el cual fue actualizado por la Unidad de Gestión de Proyectos el Banco Mundial, versión que se tomó como base para el llamado a licitación.

El contratista incorporo en el Convenio Modificatorio N°1 en proceso de gestión, una Revisión de los Estudios Hidrológicos y Obras de Drenaje Proyectadas, contemplando inclusive el Puente sobre el Arroyo de Oro, no incluido en la licitación.

1 CÁLCULO DE CAUDALES

Para el cálculo de caudales, se propone la siguiente metodología:

a. Preparación de cartografía del área de estudio:

1) Incorporación de planos de topografía sobre mapa base del área, el cual consiste en datos de Estadísticas y Censo (DGEEC) y ortofotocartas escala 1:25.000 con datos de elevación digital (DEM, grilla de 75 m o SRTM con grilla de 90 m).
2) Identificación de puntos críticos en relevamiento topográfico, como ser: coordenadas y cotas de alcantarillas existentes, puntos de divisoria de aguas, zonas altas y bajas, de cambio de pendiente; límites de calles y progresivas.
3) Georreferenciación de imágenes satelitales de Google Earth en escala 1:50.000 para la determinación de usos de suelo.

b. Se utiliza la curva IDF de Concepción desarrollada por la Facultad de Ingeniería de la UNA / DINAC actualizada al año 2009 por Cuevas-Rolón, para la selección de la intensidad de precipitación.

c. Cálculo de caudales para cada obra (alcantarilla o puente). En las cuencas menores a 2 km² se calcula el caudal mediante el Método Racional, mientras que para las cuencas superiores a 2 km² se utiliza el método del hidrograma unitario del SCS.

1.1 Delimitación de Cuencas

La determinación de los caudales a cada una de las obras de drenaje del proyecto requiere la correcta delimitación de las cuencas de aporte. En el área de estudio se han delimitado cuencas en base a:

a. Modelo Digital de Elevación SRTM (resolución de 90 x 90 m).
b. Relevamiento topográfico provisto.

Esta delimitación se puede ver en las siguientes figuras:

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
OCV - M.O.P.C.

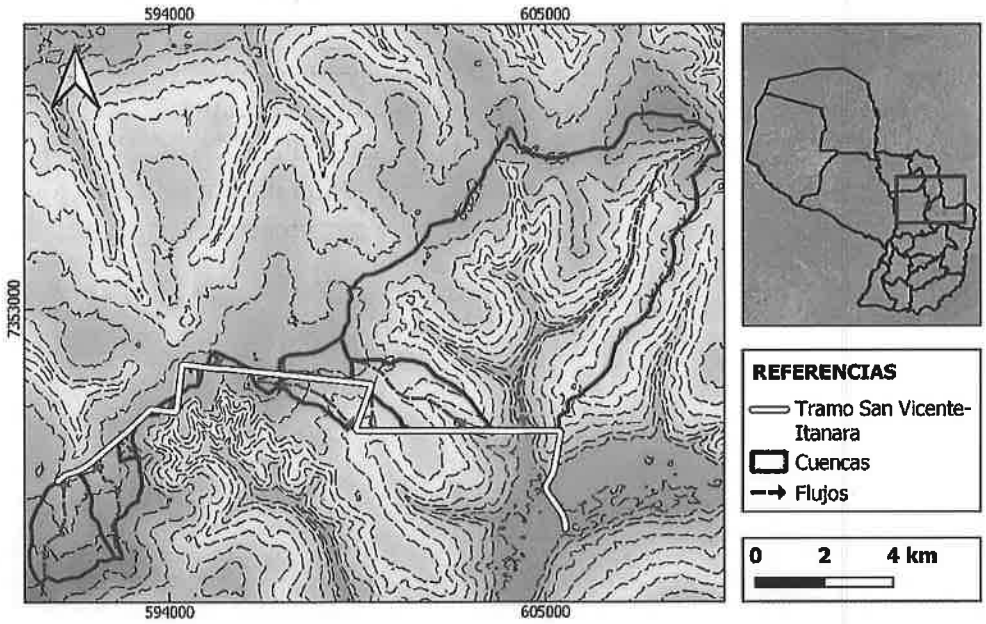


Figura 1.1 Cuencas de aporte al tramo San Vicente - Itanara (General), sobre modelo de elevación y curvas de nivel.

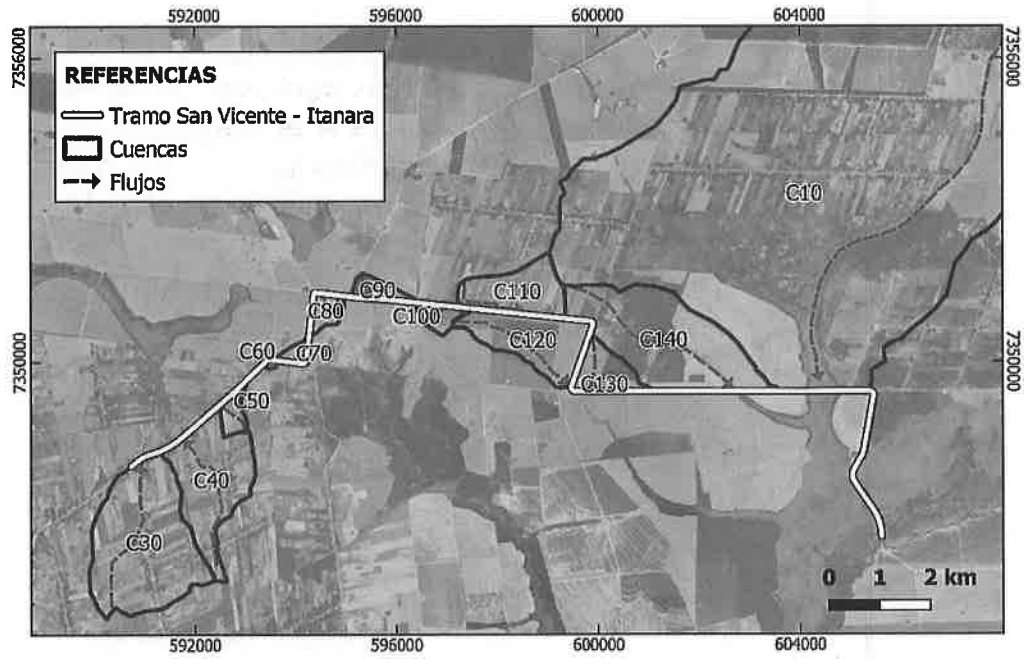


Figura 1.2 Acercamiento al tramo San Vicente – Itanara, sobre imagen satelital.

1.2 Precipitación

La Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH), dependiente de la Dirección de Aeronáutica Civil (DINAC), es la encargada de llevar registros históricos de precipitación a nivel nacional. Realizando un análisis espacial de Polígonos de Thiessen, se observa que la estación Concepción representa la totalidad del tramo de estudio, tal como se muestra en la ***Figura 1.3.***

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

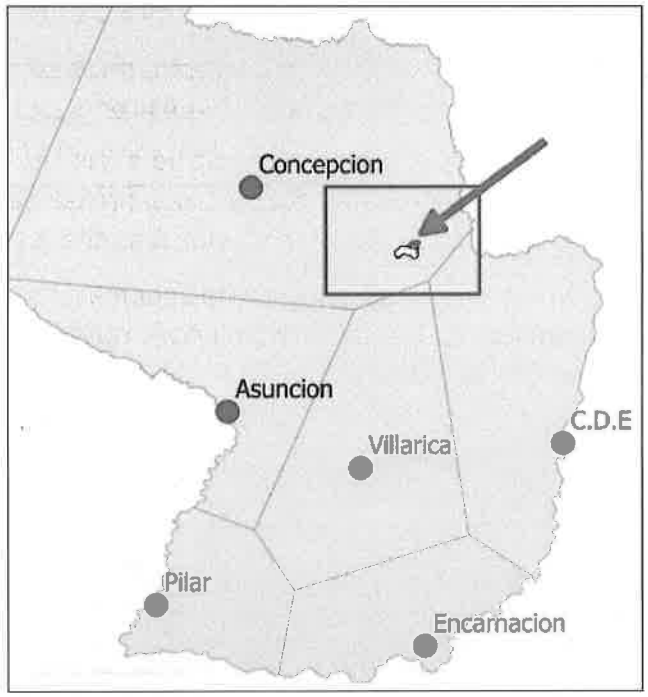


Figura 1.3 Polígonos de Thiessen para el Paraguay

Para la generación de las tormentas sintéticas se utiliza como información base las Curvas IDF del Paraguay (Cuevas & Rolón, 2010), específicamente las generadas en la estación de Concepción, tal como se muestra en la **Figura 1.4**

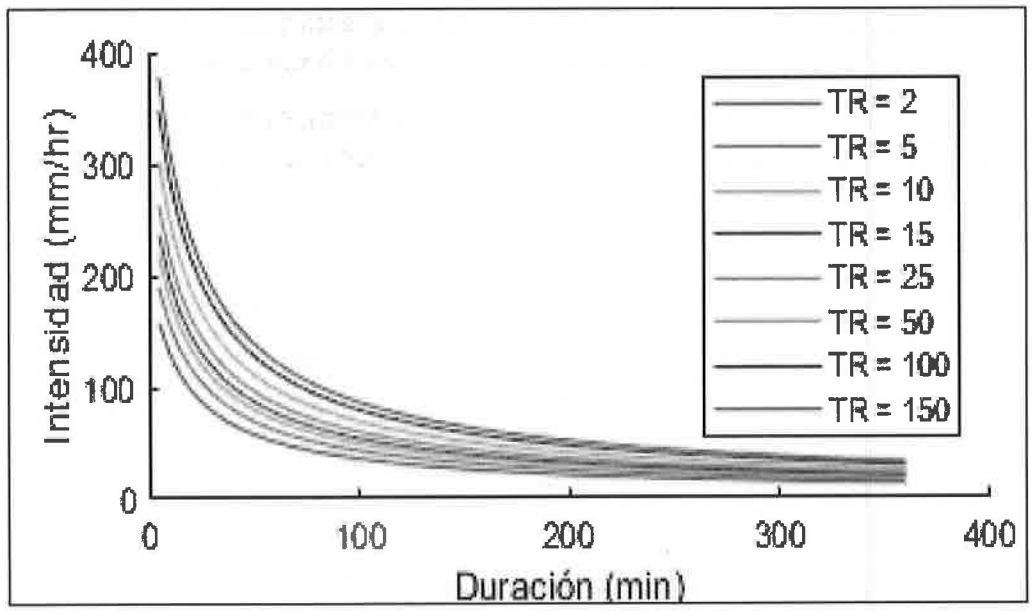


Figura 1.4 Curvas IDF de Concepción

Una limitación de estas curvas es que fueron diseñadas con lluvias de hasta 6 horas (360 min). Entre las cuencas delimitadas para los tramos de estudio no se presenta ninguna que precise una duración superior a 6 horas, por lo cual, no se requieren análisis más profundos.

Se siguen los criterios presentados en las guías de diseño del MCP (**Tabla 1.1**). Así, para la selección del tiempo de recurrencia (TR) para las obras menores ($S < 1.75m^2$) se adopta un

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

TR de 25 años para el diseño, en el caso de obras mayores (S > 1.75m^2) se utiliza un TR de 50 años, y para puentes un TR de 100 años.

Tabla 1.1 Criterios utilizados para la selección del Tiempo de Retorno

Tipo de obra	Tipo de Ruta	Período de Retorno (años)		Vida útil Supuesta (n: años)	Riesgo de Falla (%)	
		Diseño[4]	Verificación[5]		Diseño	Verificación
Estructuras Especiales [1]	RVP	200	300	50	22	15
Puentes[2]	α	200	300	50	22	15
	β	100	150	50	40	28
Alcantarillas (S>1.75 m^2) o $H_{terrap.} \geq 10$ m y Estructuras Enterradas[3]	α	100	150	50	40	28
	β	50	100	30	45	26
Alcantarillas (S<1,75 m^2)	α	50	100	50	64	40
	β	25	50	30	71	45
Defensas de Riberas	α	100	-	20	18	-
	β	100	-	20	18	-

1.3 Métodos Utilizados para el cálculo de Caudales de Diseño

De manera general, para el cálculo de caudales de diseño se utilizan métodos que buscan representar las pérdidas iniciales o abstracciones de la precipitación total caída. Luego se utiliza algún método que permita transformar la lluvia efectiva en escorrentía directa y, por último, si corresponde, se utiliza algún método de propagación de caudal hasta el punto de descarga.

1.3.1 Método Racional

Es un método empírico, pero de amplio uso tanto en proyectos viales como de hidrología urbana. El mismo posee ciertas limitaciones, y por lo tanto se limita su aplicación a cuencas pequeñas, de áreas no mayores a 2 km^2. Mediante este método, se puede calcular el caudal "Q" de escurrimiento utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = 0{,}278\, x\, C.i.A \qquad (1)$$

Donde:

C = Coeficiente de Escurrimiento.

i = Intensidad de Precipitación, de la Curva IDF, donde D = Tc, F = 1/50 años.

A = Área de la cuenca (km2).

1.3.2 Simulación Hidrológica

Para las cuencas con área mayor a 2 km^2 la estimación de los caudales de diseño se realiza con el Modelo Hidrológico HEC – HMS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE, por sus siglas en inglés). Los métodos utilizados en el presente trabajo se resumen en la **Tabla 1.2**.

Tabla 1.2 Métodos de cálculo utilizados

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

COMPONENTE	MÉTODO	PARÁMETROS
Precipitación	Tormenta de Frecuencia	Intensidad de Precipitación (en mm). Los volúmenes acumulados hasta 6 horas se obtienen de la curva IDF.
Pérdidas o Abstracciones y Generación de Lluvia Efectiva	Método del SCS	Número de Curva (CN) y Factor de Pico
Transformación Lluvia - Caudal	Hidrograma Unitario del SCS	Tiempo de Concentración y Tiempo de Retardo
Propagación	Muskingum Cunge 8 Puntos	Sección Transversal Tipo, Rugosidad (n manning), Pendiente

Para concebir el modelo hidrológico que representa el comportamiento aproximado de las cuencas de aporte, se monta el esquema conceptual del sistema, tal como se muestra en la ***Figura 1.5.***

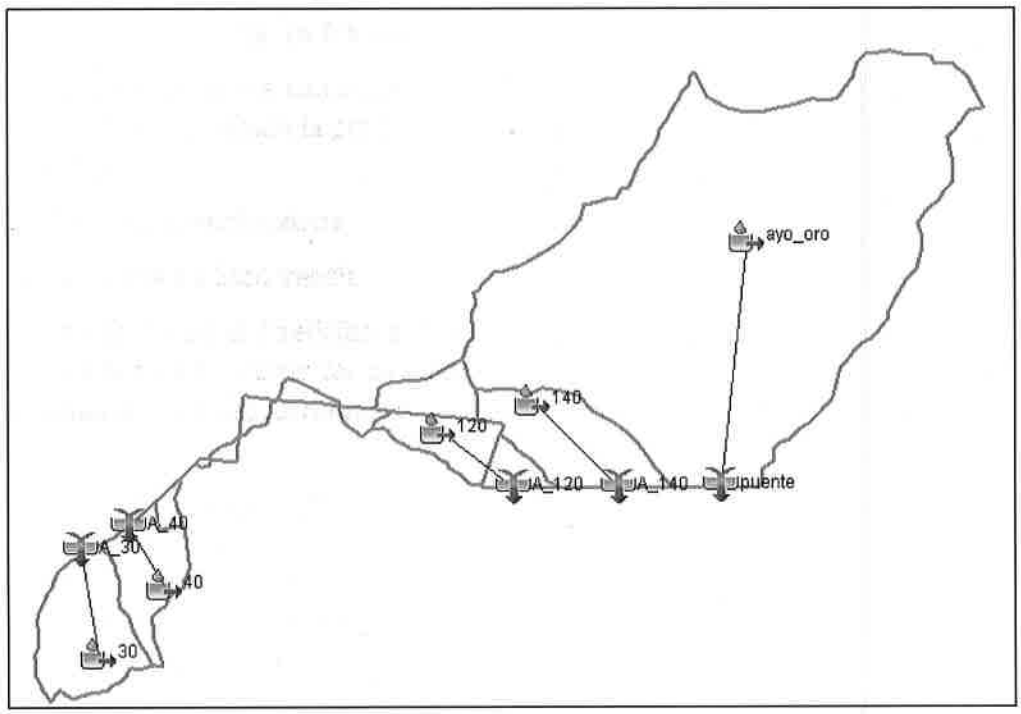


Figura 1.5 Modelo Conceptual en HEC-HMS

Los parámetros asociados a cada cuenca (calculados en el siguiente apartado) son cargados al modelo, así como también la precipitación de diseño estimada para los distintos periodos de recurrencia.

1.4 Estimación de Parámetros

1.4.1 Coeficiente de Escorrentía

En el Método Racional, el Coeficiente C representa la porción (o proporción) de la lluvia que escurre hasta el cauce, y como tal, su valor se encuentra entre 0 (infiltración completa, nada de escurrimiento) y 1 (escurrimiento completo, nada de infiltración). Este coeficiente se

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

encuentra tabulado para áreas urbanas donde se conoce bien el estado de las superficies, tal como asfalto, veredas, techos, etc.

Para el área rural, se recomienda utilizar la metodología propuesta por el Manual de Carreteras del Paraguay (MCP); esta metodología asigna pesos a factores que inciden en el escurrimiento, tal como el relieve, tipo de cobertura, infiltración, almacenamiento, etc.

Tabla 1.3 Criterios para el cálculo del Coeficiente de Escorrentía

Factor	Extremo	Alto	Normal	Bajo
Relieve	0,28-0,35 Escarpado con pendientes mayores que 30%	0,20-0,28 Cerros con pendientes entre 10 y 30%	0,14-0,20 Con cerros y pendientes entre 5 y 10%	0,08-0,14 Relativamente plano con pendientes menores al 5%
Infiltración	0,12-0,16 Suelo rocoso, o arcilloso con capacidad de infiltración despreciable	0,08-0,12 Suelos arcillosos o limosos con baja capacidad de infiltración, mal drenados	Normales, bien drenados, textura mediana, limos arenosos, suelos arenosos	0,04-0,06 Suelos profundos de arena u otros suelos bien drenados con alta capacidad de infiltración
Cobertura Vegetal	0,12-0,16 Cobertura escasa, terreno sin vegetación o escasa cobertura	0,08-0,12 Poca vegetación, terrenos cultivados o naturales, menos del 20% del área con buena cobertura	0,06-0,08 Regular a buena;50% del área con praderas o bosques, no más del 50% cultivado	0,04-0,06 Buena a excelente; 90% del área con praderas, bosques o cobertura equivalente
Almacenamiento Superficial	0,10-0,12 Despreciable, pocas depresiones superficiales, sin zonas húmedas	0,08-0,10 Baja, sistema de cauces superficiales pequeños bien definidos, sin zonas	0,06-0,08 Normal; posibilidad de almacenamiento buena, zonas húmedas, pantanos, lagunas y lagos	0,04-0,06 Capacidad alta, sistema hidrográfico poco definido, buenas planicies de inundación o gran cantidad de zonas húmedas, lagunas o pantanos.
Si T > 10 años Amplificar Resultado por: T = 25 ; C x 1,10 T = 50 ; C x 1,20 T = 100 ; C x 1,25				

En base al criterio de la **Tabla** 1.3, se estiman los valores correspondientes a cada factor según las características del terreno a lo largo de la traza:

Tabla 1.4 Coeficientes de Escorrentía

Cr	Ci	Cv	Cs
0.12	*0.08*	*0.08*	*0.08*

Con estos valores se obtiene un Coeficiente de Escorrentía C = 0.36.

1.4.2 Intensidad de precipitación

- Método Racional

Las intensidades para utilizar en el Método Racional dependen de la Duración de Tormenta (asumida igual al Tc) y del Tiempo de Retorno adoptado. Los valores de intensidad utilizados se muestran en la siguiente Tabla.

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Tabla 1.7 Intensidad de Precipitación (mm/hr) para aplicación del Método Racional (Cuencas Inferiores a 200 ha).

Cuenca	Progresiva	Long (m)	Área (ha)	Coeficiente C	Tc (hr)	I25 (mm/hr)	I50 (mm/hr)
C50	2+557	1018	37	0.36	0.69	110	126
C60	3+517	183	4	0.36	0.15	223	256
C70	4+137	353	18	0.36	0.18	211	243
C80	5+617	844	38	0.36	0.62	117	134
C90	6+739	459	37	0.36	0.37	156	179
C100	8+757	940	39	0.36	0.68	110	126
C110	9+997	1498	171	0.36	0.83	97	112
C130	13+241	1236	96	0.36	0.59	120	138

- Simulación Hidrológica en HEC-HMS

Los datos solicitados por el método Frequency Storm del HEC-HMS, son las intensidades en milímetros asociadas a distintas duraciones y periodos de retorno. Las duraciones de tormenta a ser utilizadas dependen del Tiempo de Concentración (Tc) de cada cuenca, con lo cual, se asume una duración de tormenta igual o ligeramente superior al Tc. En la **Tabla 1.8** se muestran los valores de intensidad (en mm) asociados a distintas duraciones de tormenta y distintos periodos de recurrencia.

Tabla 1.8 Intensidad de Precipitación (mm) para Simulación Hidrológica

Tiempo	TR50	TR100	TR150
0:05	25.22	29.03	31.52
0:15	53.47	61.55	66.82
1:00	99.14	114.11	123.9
2:00	121.79	140.18	152.2
3:00	134.83	155.2	168.51
6:00	157.34	181.1	196.64

Con estos parámetros el HEC-HMS crea los hietogramas de diseño que son utilizados en el proceso de transformación lluvia-caudal, luego de computar las abstracciones (pérdidas por infiltración). En la ***Figura 1.6*** se muestra como ejemplo un hietograma generado para una duración de tormenta de 2 horas, en intervalos de tiempo de 5 minutos, para un periodo de recurrencia de 50 años.

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

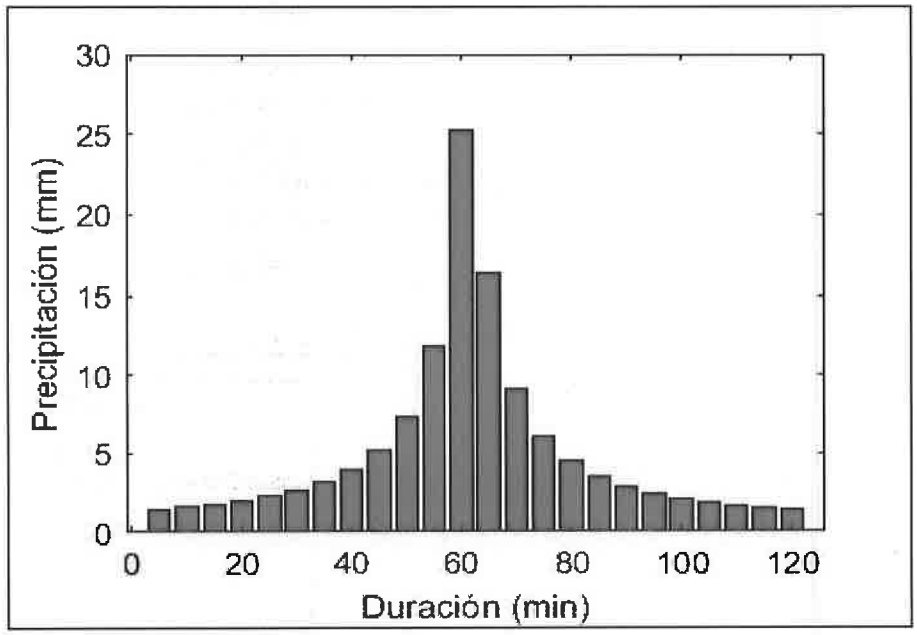


Figura 1.6 Hietograma de diseño para una duración de tormenta de 2 hr y un TR = 50 años

1.4.3 Número de Curva y Factor de Pico

La fuente de información de tipo de suelo en la Región Oriental del Paraguay proviene del "Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra" o PRUT (Banco Mundial & MAG-Paraguay, 1995). Allí, a partir de una serie de muestras relevadas, se clasificó taxonómicamente el suelo. Además, se definieron clases texturales, las cuales fueron utilizadas como base para elaborar un mapa de Grupos de Suelo de acuerdo con el criterio mencionado en el Capítulo 7 del "National Engineering Handbook" (USDA - NRCS, 2009) tal como se muestra en la ***Figura 1.7.***

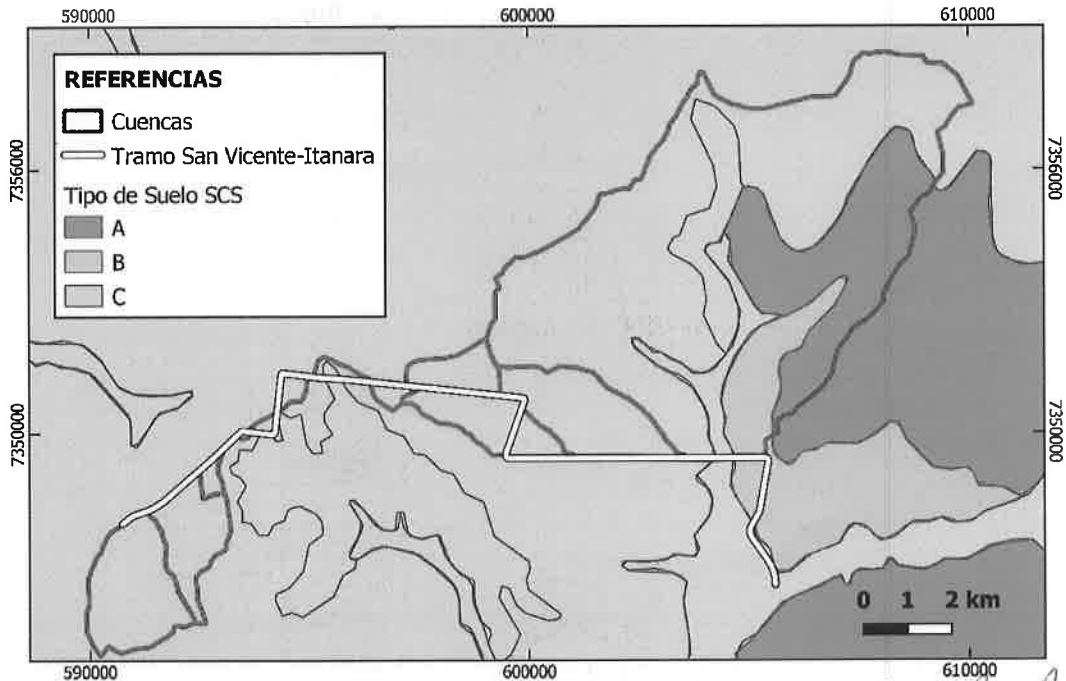


Figura 1.7 Tipo de Suelo. Fuente: PRUT.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Otro producto generado en el PRUT fue un mapa de uso posible de la tierra en base a las características del suelo. A partir de este mapa e imágenes satelitales se generó un mapa de uso de suelo (**Figura 1.8**), que fue reclasificado en base al criterio de Tucci (1993), tal como se muestra en la **Tabla 1.5**.

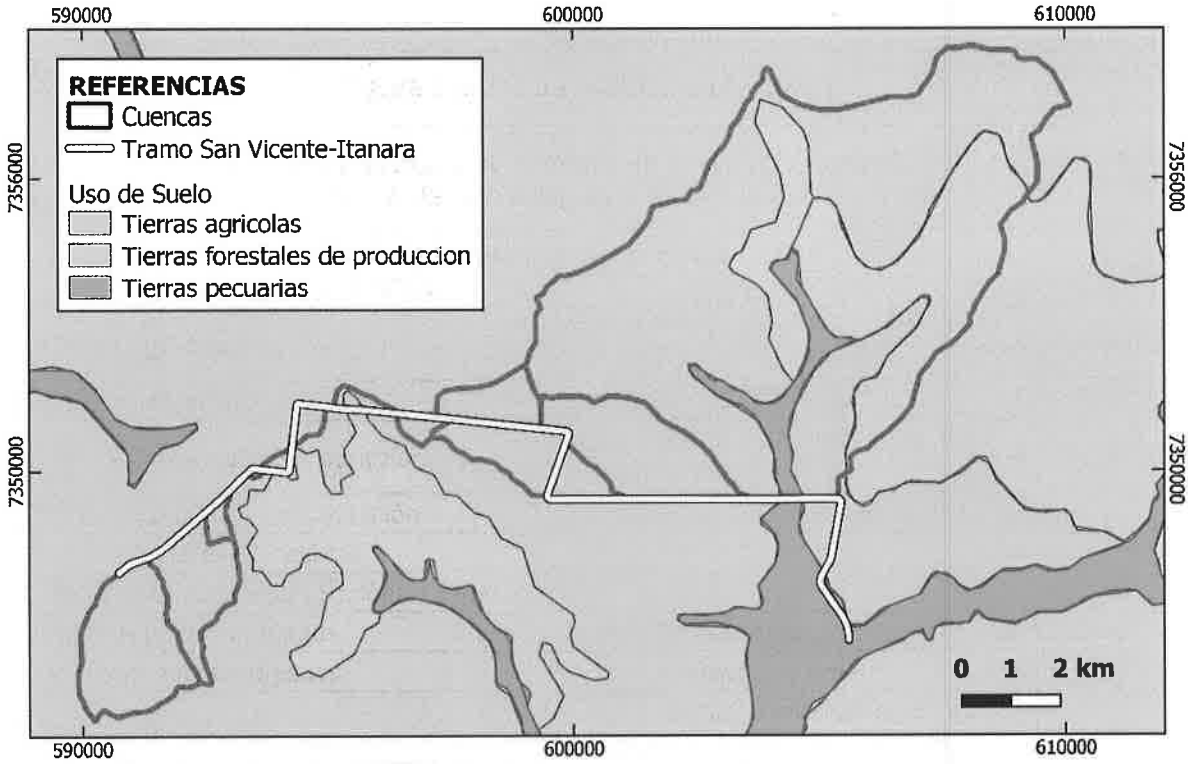


Figura 1.8 Uso de Suelo. Fuente: PRUT.

Tabla 1.5 Número de Curva según el cruce de Tipo y Uso de Suelo

USO ESTIMADO SEGÚN PRUT (Banco Mundial & MAG-Paraguay, 1995)	**RECLASIFICACIÓN** (Tucci, 1993)				
		A	**B**	**C**	**D**
Tierras Agrícolas	Plantações Regulares em fileiras retas	64	76	84	88
Tierras Pecuarias	Chácaras Normais	56	75	86	91
Tierras Forestales de Producción	Plantações Regulares em fileiras retas	64	76	84	88
Tierras Forestales de Protección	Florestas Normais	36	60	70	76
Áreas Silvestres Protegidas	Florestas Normais	36	60	70	76
Áreas de Conservación Ecológica Especial	Humedales	80	85	90	95
Campos Bajos Inundados	Humedales	80	85	90	95
Asentamientos Indígenas	Florestas Normais	36	60	70	76
Áreas Urbanas	Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95
Agua	Agua	100	100	100	100

A continuación, se muestra el mapa de Número de Curva (CN) obtenido del cruce del Tipo y Uso de Suelo.

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

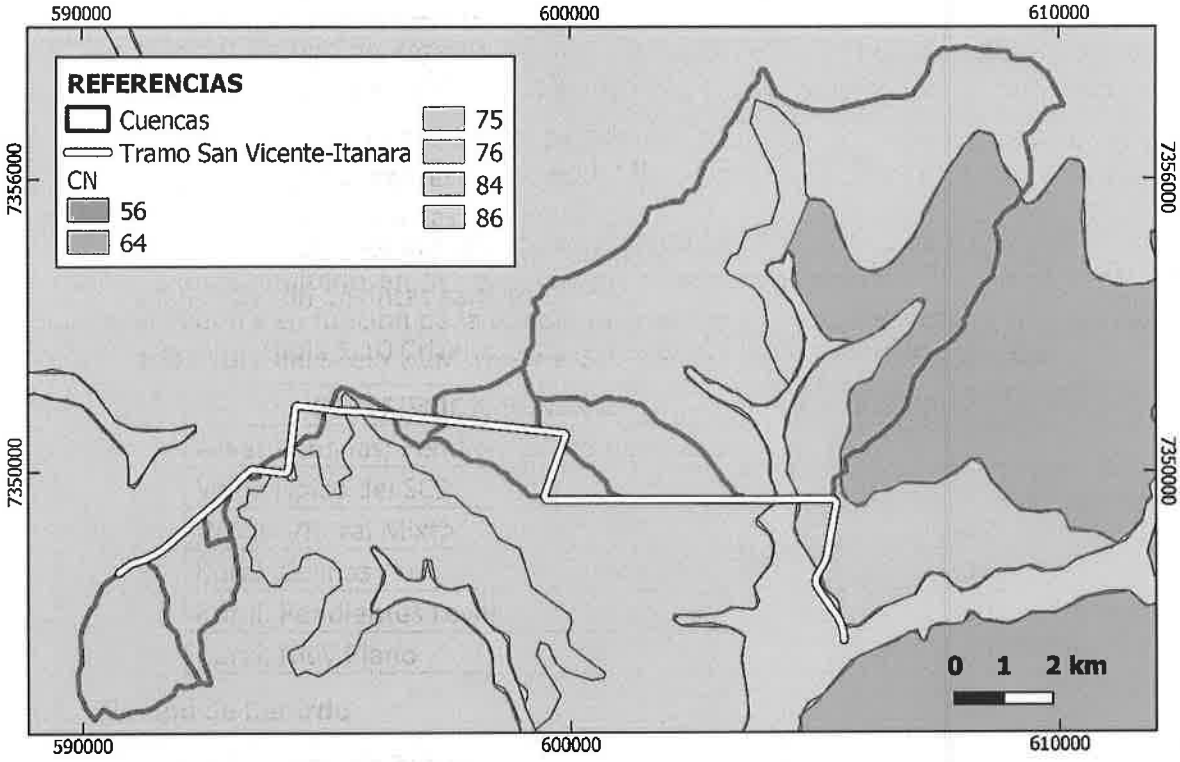


Figura 1.9 Número de Curva

Además del Número de Curva, otro parámetro de gran importancia para estimar hidrogramas de diseño que representen correctamente los efectos de atenuación que se pueden dar en terrenos con ciertas características de terreno como la pendiente y el grado de impermeabilización es el ***Factor de Pico***. En la siguiente tabla se muestran valores típicos asociados a cuencas con distintas características.

Tabla 1.10 Criterio para selección del Factor de Pico

DESCRIPCIÓN GENERAL	FACTOR DE PICO
Áreas Urbanas; Pendientes Pronunciadas	575
Valor Típico del SCS	484
Urbano/Rural Mixto	400
Rural, Colinas	300
Rural, Pendientes Leves	200
Rural, Muy Plano	100

1.4.4 Tiempo de Retardo

Para el cálculo del Tiempo de Retardo, primero se calcula el Tiempo de Concentración de la Cuenca con alguna fórmula empírica y luego se utiliza la siguiente relación para calcular el Tiempo de Retardo.

$$Tiempo\ de\ Retardo = 0{,}6\ Tc \qquad (1)$$

El tiempo de concentración de una cuenca es un parámetro necesario para la determinación del caudal, siendo utilizado en la selección de la intensidad máxima de precipitación. El mismo se encuentra en función de la pendiente media, la longitud del cauce, la forma de la cuenca, la cobertura del suelo y en menor escala de otros parámetros fisiográficos.

Ing. Héctor S. Espinoza
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Existen diversas ecuaciones o metodologías para la determinación del Tc, la mayoría de los cuales fueron desarrolladas de manera empírica para cuencas específicas; por esto se recomienda tomar esta variable con cuidado, y en caso de existir información adicional, ajustar los Tc de forma a obtener caudales que coincidan con la realidad.

Siguiendo las recomendaciones establecidas en el Manual de Carreteras del Paraguay, se toma como mínimo un tiempo de concentración de 10 minutos.

Para este estudio se utiliza la ecuación de CORPS OF ENGINEERS, altamente recomendada para cuencas rurales de gran escala.

$$T_c = 0{,}191 * L^{0{,}76} * S^{-0{,}19} \qquad (2)$$

Donde:

Tc = tiempo de concentración, en horas.

L= longitud del curso de agua, en km.

S= pendiente en m/m.

1.5 Resultados: Caudales de Diseño

Aplicando los métodos de cálculo expuestos en los apartados anteriores, se generan caudales de diseño para distintos periodos de recurrencia, tal como se muestra en la **Tabla 1.6 y**

Tabla 1.7**.**

Tabla 1.6 Caudales de diseño estimados por método racional

Cuenca	Progresiva	Long (m)	Área (ha)	Coeficiente C	TR diseño	Q diseño (m3/s)
C50	2+557	1018	37	0.36	50	4.7
C60	3+517	183	4	0.36	25	0.9
C70	4+137	353	18	0.36	50	4.4
C80	5+617	844	38	0.36	50	5.1
C90	6+739	459	37	0.36	50	6.6
C100	8+757	940	39	0.36	50	4.9
C110	9+997	1498	171	0.36	50	19.1
C130	13+241	1236	96	0.36	50	13.3

Tabla 1.7 Caudales de diseño estimados por simulación hidrológica en HEC-HMS

Cuenca	Área (ha)	CN	Tc (hr)	Tlag (hr)	Factor Pico	TR Diseño	TR Verificación	Q Diseño (m3/s)	Q Verificación (m3/s)
C10	57.57	74.4	3.3	118.8	250	100	150	273	308
C30	5.24	84	1.0	37.1	150	50	100	29	36
C40	3.11	84	1.0	36.2	200	50	100	24	29
C120	4.36	84	1.0	37.1	150	50	100	24	30
C140	5.16	84	1.2	42.2	200	50	100	44	53

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

2 HIDRÁULICA

2.1 Dimensionamiento de Alcantarillas

El diseño de las alcantarillas se realiza considerando los caudales obtenidos en el capítulo anterior. Existen diversos métodos para el dimensionamiento de alcantarillas, y cada uno depende de las características del sitio de emplazamiento.

Para el presente proyecto se utiliza como base la metodología descrita en el *Manual de Drenagem de Rodovias*, del Departamento de Transporte de Brasil (DNIT), la cual no es incompatible con la metodología descrita en el Manual de Carreteras del Paraguay. En el mismo, se mencionan las posibles situaciones de diseño:

a.1 Como canal

- Régimen subcrítico.
- Régimen supercrítico.

a.2 Como vertedero u orificio

En base a la topografía del sitio de emplazamiento, se opta por la opción a.2, diseño como canal en régimen supercrítico. Esto es posible porque las pendientes del área de estudio son iguales o superiores a la pendiente mínima requerida para esta situación (pendiente crítica). Para situaciones muy particulares, como el caso donde el cauce es muy pronunciado y profundo en relación con la rasante a ser adoptada, la alcantarilla puede ser diseñada como orificio, permitiendo a la misma trabajar sumergida y con carga hidráulica (hasta 30 cm), teniendo en cuenta lo especificado en el *Manual de Carreteras del Paraguay*.

Con los caudales de diseño obtenidos, se evalúan las dimensiones de obras de arte más adecuadas para cada cruce de cauce a lo largo del tramo de estudio, las cuales se especifican en la **Tabla 2.1**. Utilizando las capacidades

Tabla 2.1 Alcantarillas propuestas para el tramo de estudio

Progresiva	Obra	Q Diseño (m3/s)	Q Alc (m3/s)	Observación
0+282	AC 2 x 2,50 x 2,50	29	33.7	
1+057	AC 3 X 2,00 x 2,00	24	28.93	Por tratarse de zona urbana y no existir un cauce con la profundidad adecuada a la obra inicialmente propuesta, la misma fue reemplazada por 4 Alc Cel Triples de 1,00x1,00m
2+557	AC 1 x 1,50 x 1,50	4.7	4.7	
2+997	AT 1 x 0,80	-	0.88	Obra de paso
3+517	AT 1 x 1,00	0.9	1.51	
4+137	AC 3 x 1,00 x 1,00	4.4	5.13	
5+617	AC 1 x 1,50 x 1,50	5.1	5.1	La obra trabaja sumergida 30cm
6+739	AC 2 x 1,50 x 1,50	6.6	9.4	
8+757	AC 3 x 1,00 x 1,00	4.9	5.13	

Ing. Héctor [illegible] Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Progresiva	Obra	Q Diseño (m3/s)	Q Alc (m3/s)	Observación
9+811	AC 2 x 1,50 x 1,50	19.1	9.4	Trabajan en conjunto
9+997	AC 2 x 1,50 x 1,50		9.4	
11+097	AT 1 x 0,80	-	0.88	Obra de paso
12+507	AC 3 x 2,00 x 2,00	24	28.93	Estas obras fueron eliminadas como consecuencia de la variante implementada en el sector. A efectos de evacuar el caudal de la cuenca interceptada fue prevista 1 Alc Cel Doble de 1,50x1,50m
12+617	AC 3 x 2,00 x 2,00	24	28.93	
13+241	AC 3 x 1,50 x 1,50	13.3	14.1	
15+857	AC 3 x 2,50 x 2,50	44	50.55	
17+500	AC 3 x 2,00 x 2,00	-	-	Aliviadero del Puente 17+598, simulados en Hec-Ras
17+650	AC 3 x 1,50 x 1,50		-	

Obs. Todas las alcantarillas fueron dimensionadas con una pendiente de diseño de 0.5%.

En las siguientes Figuras se puede observar la ubicación de las obras de arte en el Tramo San Vicente – Itanará.

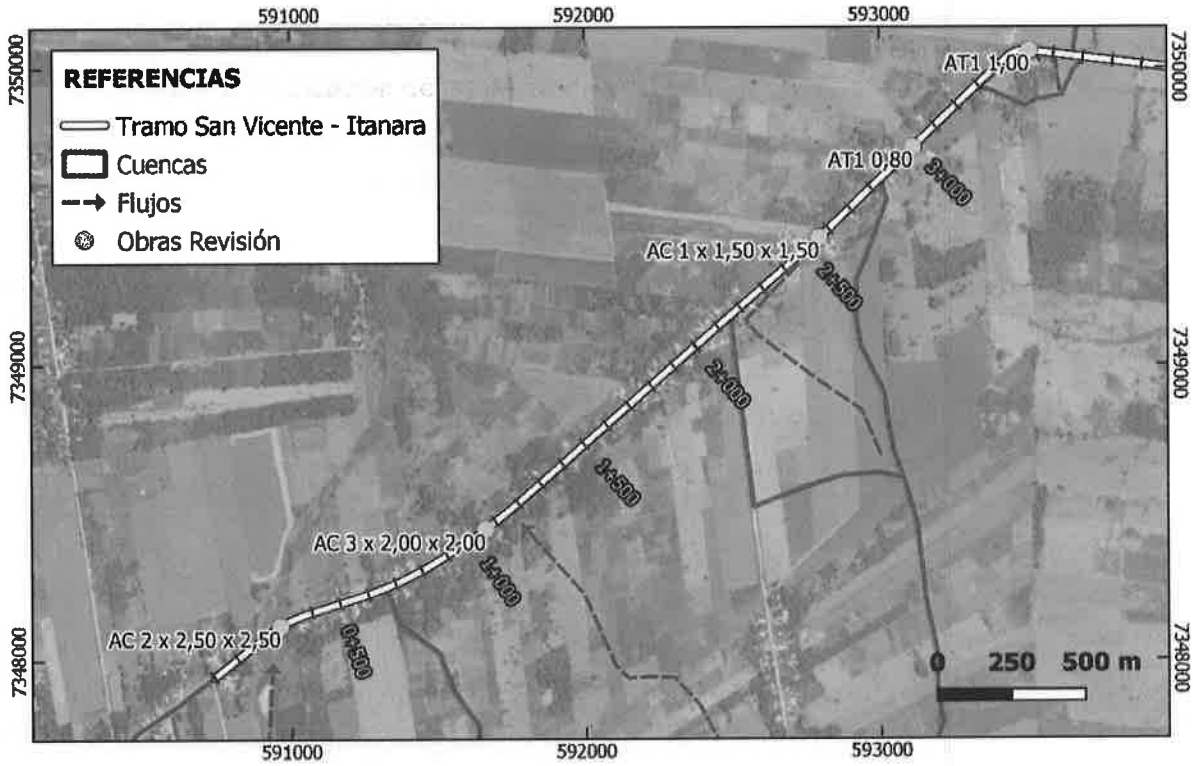


Figura 2.1 Ubicación de las obras dimensionadas en la revisión (parte 1)

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

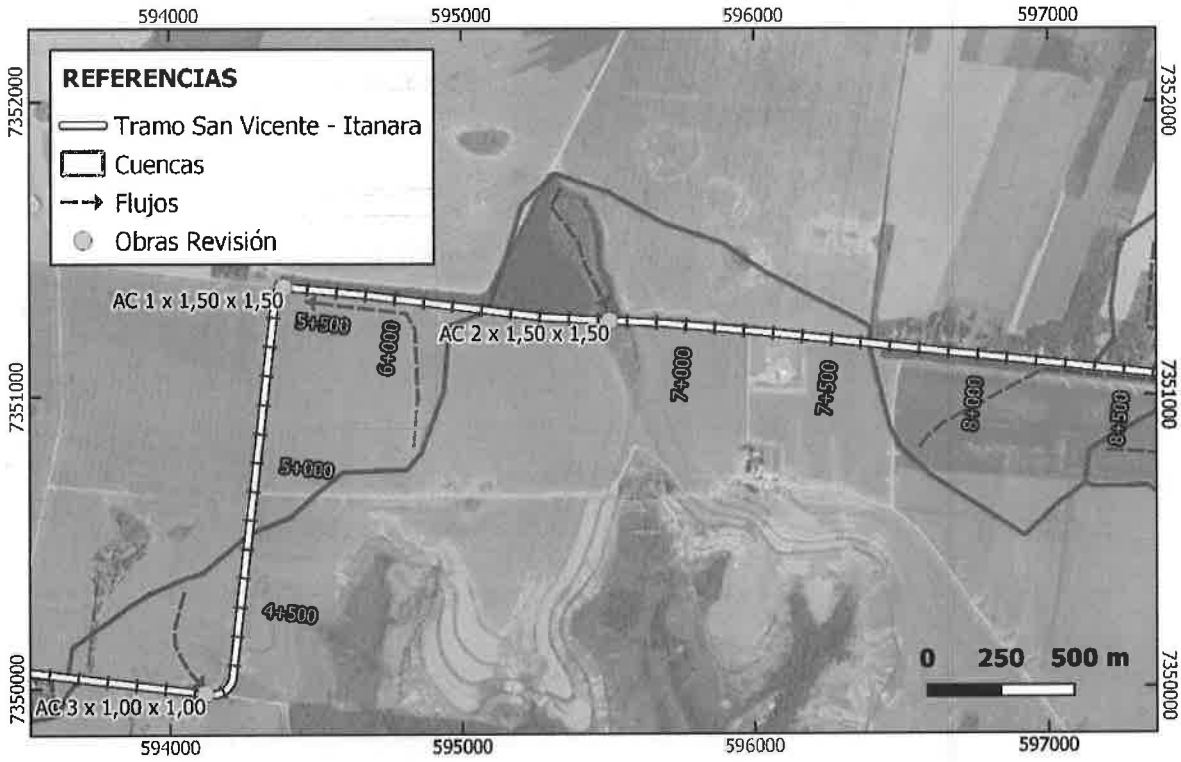


Figura 2.2 Ubicación de las obras dimensionadas en la revisión (parte 2)

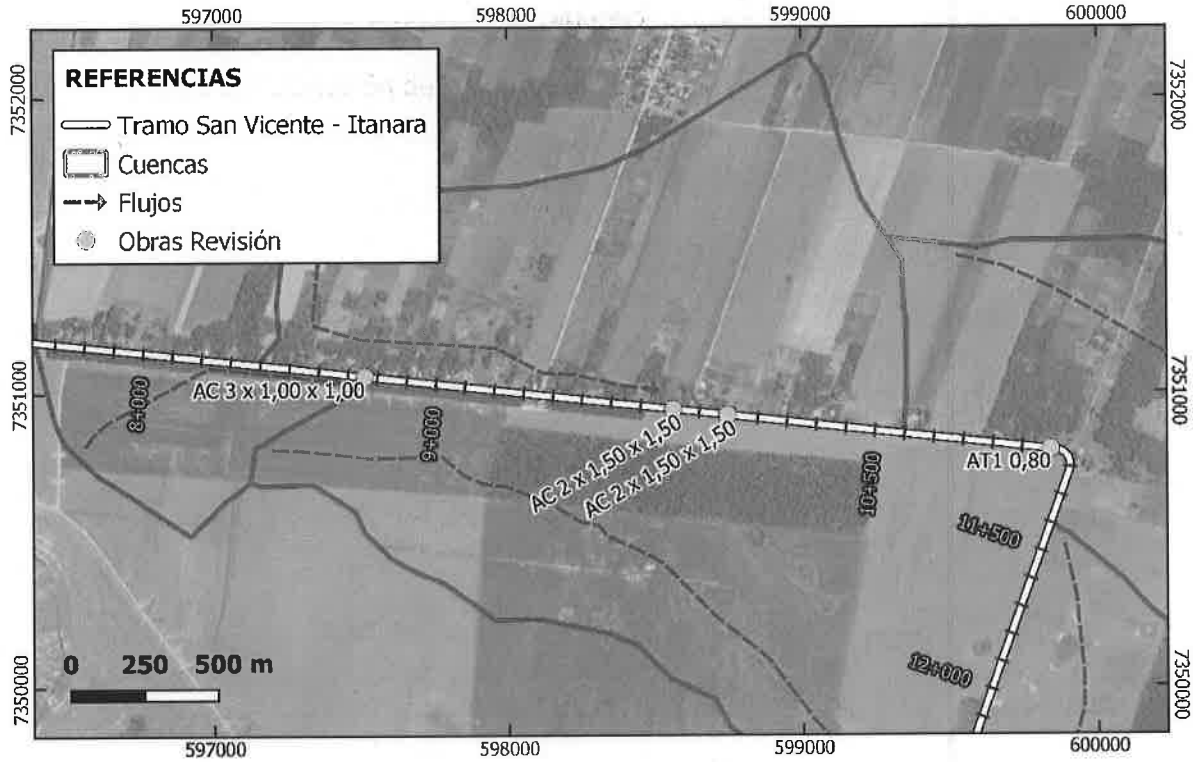


Figura 2.3 Ubicación de las obras dimensionadas en la revisión (parte 3)

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

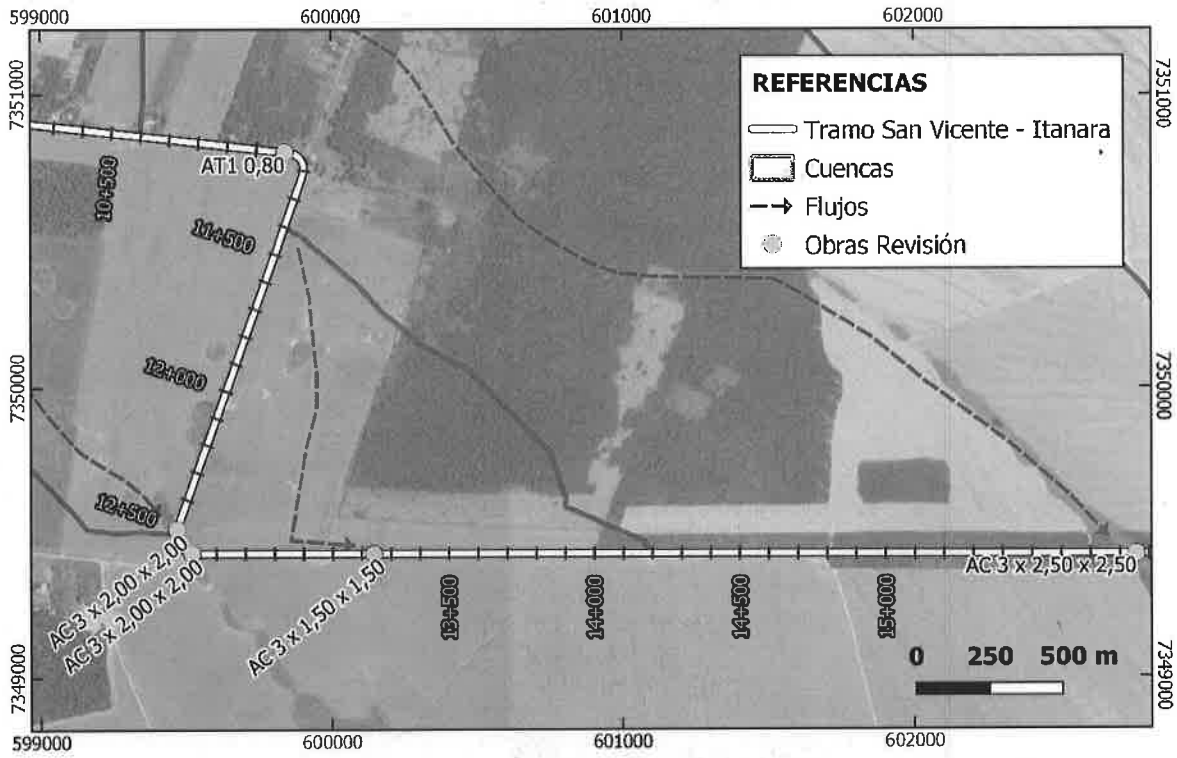


Figura 2.4 Ubicación de las obras dimensionadas en la revisión (parte 4)

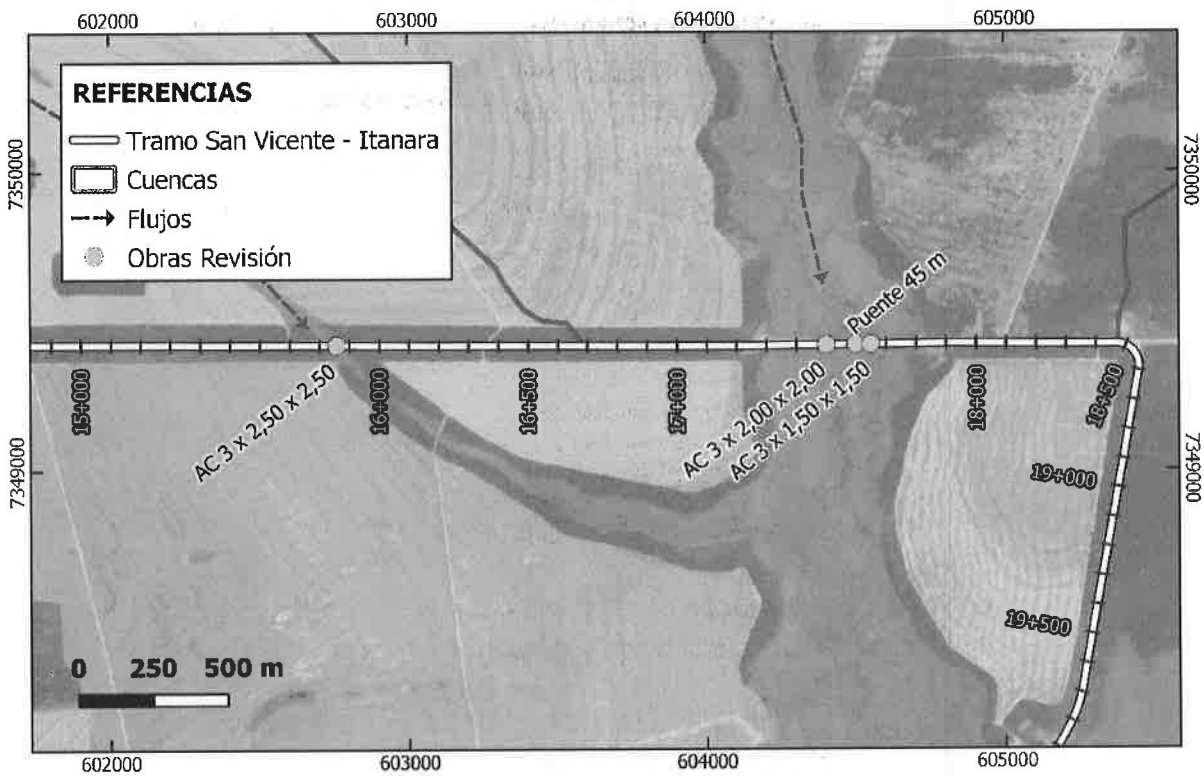


Figura 2.5 Ubicación de las obras dimensionadas en la revisión (parte 5)

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

2.2 Dimensionamiento de Puentes

El diseño del puente desde el punto de vista hidráulico consiste en determinar la longitud y el nivel mínimo que permitirá el correcto escurrimiento del agua durante un evento de precipitación dado. Se presta especial atención a:

- Que no exista interrupción a la vía para el evento de precipitación seleccionado
- Que el caudal o velocidad del agua no presente efectos adversos sobre la estructura del puente o terraplén de acceso
- Que el puente o terraplén no presenten efectos adversos sobre el medio ambiente

Manteniendo presente lo anterior, se procede a simular el efecto de un puente y terraplén en el sitio de emplazamiento, bajo el escenario de un caudal asociado a la precipitación de diseño, el cual fue calculado en el apartado anterior. La simulación del sistema *terraplén + puente* se lleva a cabo con el software de simulación hidráulica HEC RAS, del Cuerpo de Ingenieros de la Ejército de los EEUU (HEC, USACE). Se siguen los procedimientos recomendados en el Manual de Referencia Hidráulica del HEC-RAS para el diseño, así como también del Manual de Carreteras del Paraguay (MCP), el Manual de Puentes, y el documento Bridge Analysis Using HEC-RAS (TP-151).

El HEC RAS calcula el N.A. para cada caudal ingresado mediante las ecuaciones de hidráulica que se describen extensa y detalladamente en el Manual de Referencia Hidráulica del programa. Para llevar a cabo estos cálculos el programa requiere:

1. Geometría del Río: longitud, pendiente, forma de la sección transversal
2. Coeficiente de rugosidad: de la Ecuación de Manning, parámetro que representa la capacidad de escurrimiento del agua en el canal.
3. Condición de borde: en los límites del tramo de estudio, como se encuentra el río.

Se describen a continuación cada uno de estos elementos.

2.2.1 Geometría del Río

La geometría del río se describe principalmente con datos de relevamiento topográfico. Para el diseño de puentes, entre los principales efectos a estudiar se tiene la angostura del cauce y/o la planicie de inundación por efecto del terraplén del puente, además de otros elementos como las pilas y estribos. Para determinar adecuadamente este efecto, el documento técnico TP-151 citado más arriba describe la forma y lo sitios en los que se debe llevar a cabo el relevamiento topográfico.

En **la Figura 2.6** se muestra un esquema de la disposición de secciones transversales, así como, un esquema en planta del flujo a través del área libre del puente. La primera ST (Sección Transversal) de la izquierda, denominada ST 4 y marcada en círculo por HEC RAS, corresponde a un sitio donde el flujo es aún paralelo a los bordes y no se encuentra alterado por el efecto del terraplén. Las ST 3 y 2 corresponden al flujo totalmente contraído y alterado por el terraplén, mientras que la ST 1 (última de la derecha) corresponde al sitio donde el flujo se ha expandido completamente, abarcando todo el ancho de la ST. Nótese que en todos estos casos la ST abarca todo el ancho del cauce y de la planicie de inundación, la cual en ríos de llanura puede ser de hasta 2.000 metros o más. En **la Figura 2.6**, Lc significa Longitud de Contracción del flujo, y Le Longitud de Expansión. El documento TP-151 contiene

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV-M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

criterios para determinar las longitudes Lc y Le; estas en general son del mismo orden que la longitud de la planicie de inundación obstruida por el terraplén. Por ejemplo, para una planicie de inundación de 1,000 m en la cual se plantea un puente de 100 m, la longitud obstruida es de 900 m. En este caso Lc = 900 m, y Le = 1,4 * 900 = 1.320 m.

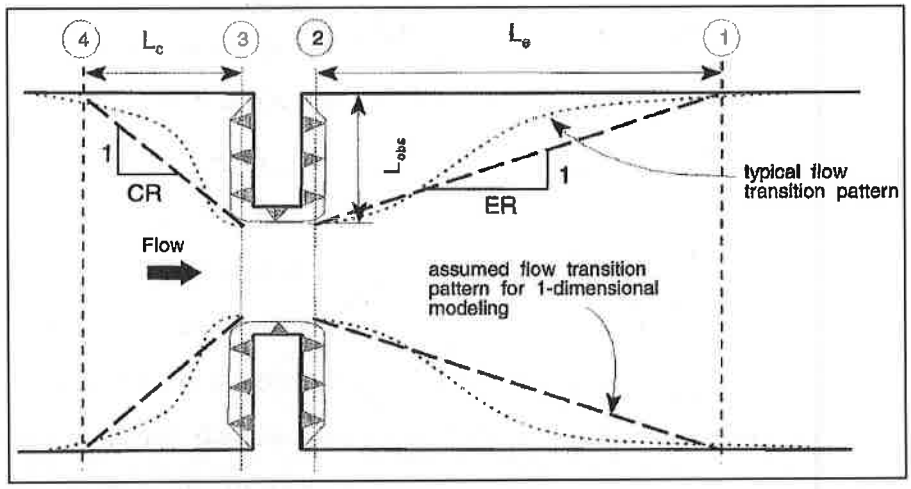


Figura 2.6 Criterio para la ubicación de secciones transversales aguas arriba y aguas abajo de un puente. Extraída del Documento TP-151, del Manual del HEC RAS.

2.2.2 Coeficiente de Rugosidad

Se utiliza el método propuesto por Cowan (1956). Este método considera una serie de factores que representan la rugosidad de un canal y sus planicies de inundación:

$$n = (nb + n1 + n2 + n3 + n4)\, m$$

Donde:

nb: valor base de *n* para un canal recto, uniforme y de un material determinado.

n1: valor que se adiciona por efectos de irregularidades en el suelo.

n2: valor que se adiciona por la variación de la sección transversal a lo largo del canal.

n3: valor que se adiciona teniendo en cuenta obstrucciones.

n4: valor que se adiciona teniendo en cuenta la vegetación.

m: factor de corrección que tiene en cuenta los meandros existentes.

Con respecto a la formulación de los valores de manning para las planicies de inundación, el factor n2 se asume como igual a cero, mientras que m = 1.

2.2.3 Condición de Borde

Se trata del comportamiento del cauce en sus extremos. Aguas arriba la condición de borde es el caudal de diseño estimado en el apartado de hidrología, mientras que agua abajo, se asume una altura normal, que básicamente consiste en que el Nivel de Agua tiene una pendiente igual a la del lecho del fondo.

En base a los criterios mencionados, se verificó el puente de H°A° existente en el tramo de estudio.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor Espinola
Supervisor de Obras
M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

2.2.4 Resultados del Puente ubicado en la Progresiva 17+598

En el sitio actualmente existe un puente de 10 metros, la Contratista propone reemplazar esta obra por un puente de 60m.

Figura 2.7 Imagen satelital (Google Earth) de la obra existente sobre el Ayo Oro.

En los estudios llevados a cabo por la Contratista, se obtuvo un caudal de 340 m/s, con base en los cálculos realizados en esta Revisión, se adopta un caudal de diseño de 223 m/s. Cabe mencionar que, si bien hay una diferencia importante en los caudales, para el dimensionamiento de la obra la Constructora utilizó un caudal menor al obtenido en hidrología ya que incorporó un almacenamiento lineal en el modelo hidráulico, reduciendo el caudal que llega al puente (esto lo explica en el apartado 4 de sus estudios hidrológicos-hidráulicos), por lo que no es posible realizar una comparación directa de los valores obtenidos.

La Contratista propuso un puente de 60 m (4 vanos de 15m), obteniendo una velocidad de 4,22 m/s en el cauce. Con base en los estudios hidráulicos llevados a cabo en esta Revisión, se propone un puente de 45 m (3 vanos de 15m), con una AC 3 x 1,50 x 1,50 m como aliviadero en la margen izquierda (prog. 17+650) y una AC 3 x 2,00 x 2,00 en la margen derecha (prog. 17+500), de forma de distribuir mejor el caudal, evitando la concentración del flujo, y el consecuente incremento de velocidad.

En estas condiciones, se obtuvo una velocidad de 3,25 m/s, y un N.A.M. de 138,65 msnm aguas arriba de la obra. Para este N.A. se recomienda un Nivel de Apoyo de Viga (N.A.V) de 139,65 msnm. Considerando las velocidades obtenidas, también se recomienda la protección de estribos y pilas, en concordancia a lo propuesto por la Contratista.

ICOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización
DCV - M.O.P.C.

En la siguiente Tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos por la Revisión para el Puente con sus aliviaderos.

Tabla 2.2 Resumen comparativo de los resultados de cálculo del puente

	Progresiva	Obra	Q Diseño (m3/s)	N.A.M (m)	N.A.V (m)	Vel. planicie (m/s)	Vel. cauce (m/s)
Constructora	17+598	Puente 60 m	340.51**	140.30*	141.30*	3.76	4.22
Fiscalización	17+500	AC 3 x 2,00 x 2,00	223	138.65	-	-	-
	17+598	Puente 45 m			139.65	1.74	3.25
	17+650	AC 3 x 1,50 x 1,50			-	-	-

En la siguiente Figura se puede observar la sección transversal del puente de 45 metros con sus respectivos aliviaderos.

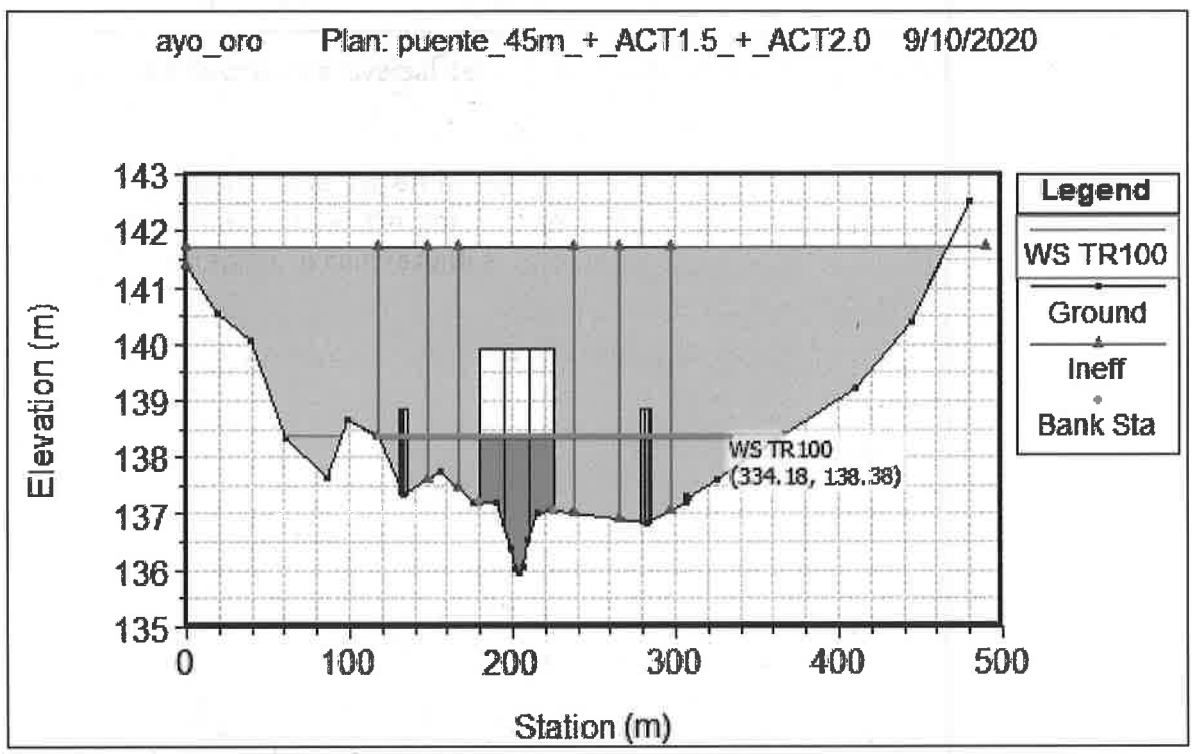


Figura 2.8 Sección transversal del puente de 45 metros (prog. 17+598) + Aliviaderos.

Tal como se puede observar en la Figura 2.9, el nivel de aguas con la obra propuesta se encuentra a menos de 40 cm por encima del nivel obtenido en la simulación del cauce natural, sin terraplén, lo cual resulta aceptable.

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

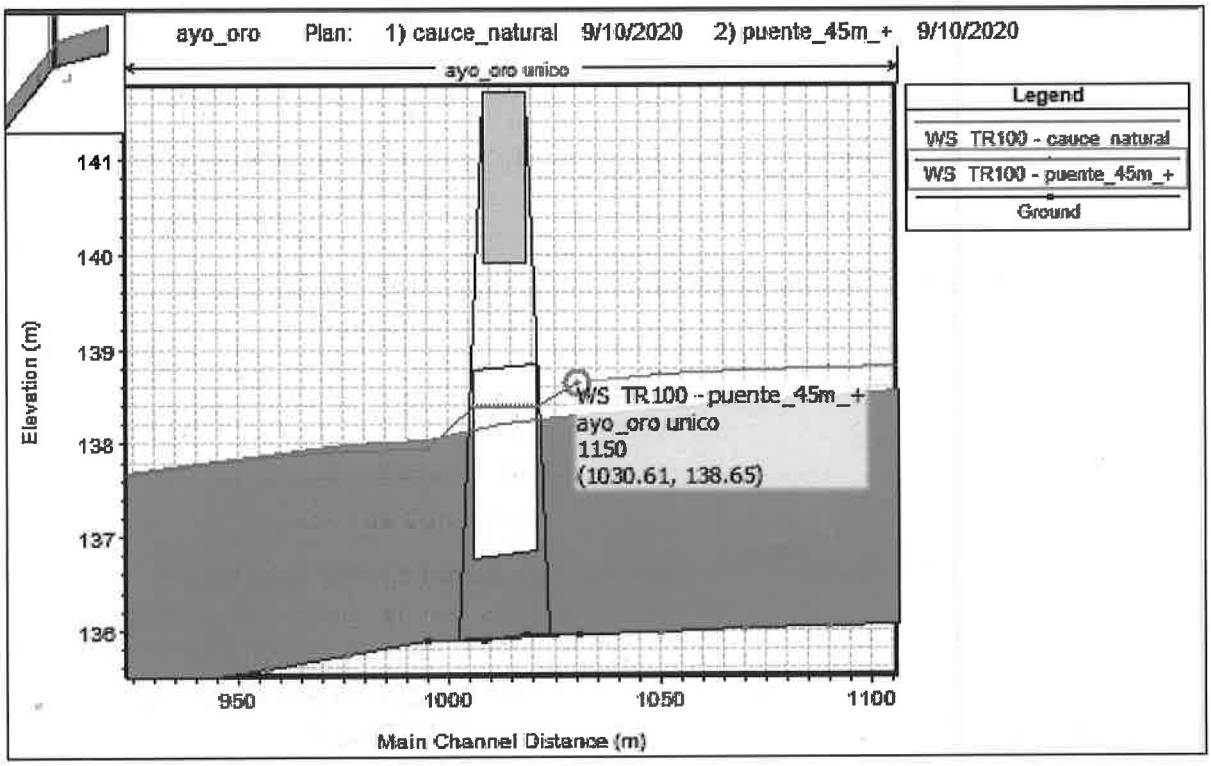


Figura 2.9 Perfil longitudinal del puente de 45 m + aliviaderos.

Tabla 2.3 Principales resultados de simulación para las secciones aguas arriba y abajo del puente

HEC-RAS Plan: puente_45m_+ River: ayo_oro Reach: unico Profile: TR100

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Top Width (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Vel Chnl (m/s)
unico	1169.73*	TR100	138.83	138.73	137.99	0.04	0.00	332.45	32.52	106.37	84.11	1.96
unico	1150	TR100	138.79	138.65	137.91			321.97	19.74	160.55	42.72	1.90
unico	1132.5 BR U #1	TR100	138.72	138.28	138.03	0.09	0.01	43.80		191.13		2.92
unico	1132.5 BR D #1	TR100	138.61	138.08	137.98	0.15	0.00	43.80		191.13		3.25
unico	1115	TR100	138.40	137.95	137.90	0.15	0.05	242.64	9.76	180.74	32.50	3.28
unico	1095.92*	TR100	138.20	137.92	137.80	0.11	0.01	252.43	41.51	125.22	56.27	3.02

2.2.5 Dimensionamiento de Cunetas

El flujo en las cunetas está compuesto por el escurrimiento superficial de la pista y por aportes laterales originados en los terrenos adyacentes a éstas. A lo largo de la cuneta, el caudal va incrementando en la dirección del flujo hasta el punto de descarga. La función de las cunetas es la de transportar las aguas de estos aportes hasta un punto de descarga viable, sin comprometer la estabilidad del terraplén. Se debe tener además consideración por el sitio en el que se realiza la descarga.

2.2.6 Consideraciones de Diseño.

Cuando las velocidades de escurrimiento en las cunetas superan las velocidades admisibles del material local, se debe proceder al revestimiento de las cunetas. La velocidad se encuentra en función de la rugosidad, la geometría de la sección y la pendiente. En base a las velocidades admisibles típicas que se muestran en la *tabla 1_3 b* del *MCP*, se toma el valor de 2,5 % como pendiente limitante; por encima de este valor, se utilizan cunetas revestidas.

Ing. Héctor Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Esta es la pendiente mínima a partir de la cual se utiliza cuenta revestida. Asimismo, cuando las velocidades de escurrimiento del flujo superan 4,5 m/s, se debe proceder a la utilización de gradas, muros transversales u otros mecanismos para disminuir la velocidad a rangos aceptables. En este caso se opta por la utilización de gradas disipadoras, tal como se muestra en la **Figura 2.10**.

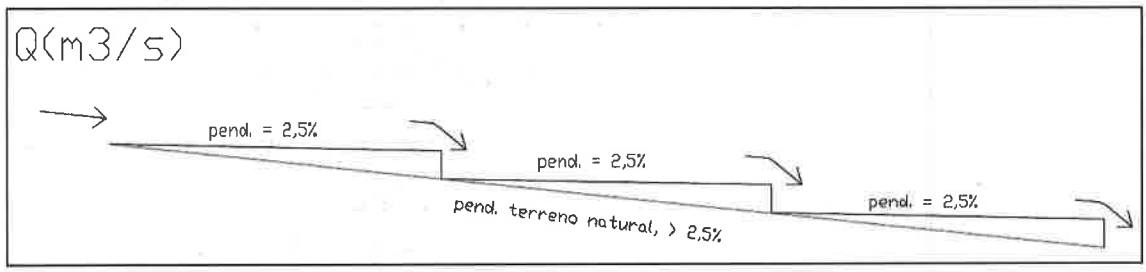


Figura 2.10 Perfil longitudinal de un tramo de cuneta con gradas

2.2.7 Metodología de Cálculo.

La metodología adoptada para el cálculo de cunetas consiste en:

a) Estimación de los caudales de aporte de pista y caudales de aporte lateral a la vía. Se tienen en cuenta los aportes laterales que ingresan al tramo vial, y son captadas por las cunetas. Los caudales se obtienen delimitando cuencas de aporte de cunetas y aplicando el método racional, tal como se realizó en el apartado de hidrología para el cálculo de caudales de obras trasversales.

b) Estimación del *Máximo Caudal* que pueden transportar distintas secciones. Esta estimación se realiza mediante la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \, x \, A \, x \, R^{\frac{2}{3}} \, x \, S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- Q = caudal (m3/s)
- A = área de la sección (m2)
- R = radio hidráulico (m)
- S = pendiente (m/m)

En base a el cálculo, se definen 4 cuatro tipos de secciones, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2.4 Secciones tipo de cunetas para distintas pendientes

Tipo de cuneta	Ancho de base (m)	Profundidad (m)	Pend. Talud H:1V	Pend. Contratalud H:1V
Tipo A	0.0	0.3	2	1
Tipo B	0.4	0.4	2	1
Tipo C	0.6	0.4	2	1
Tipo D	0.6	0.6	2	1
Tipo E	0.8	0.8	2	1
Tipo F	1.0	1.0	2	1
Tipo G	1.2	1.2	2	1

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

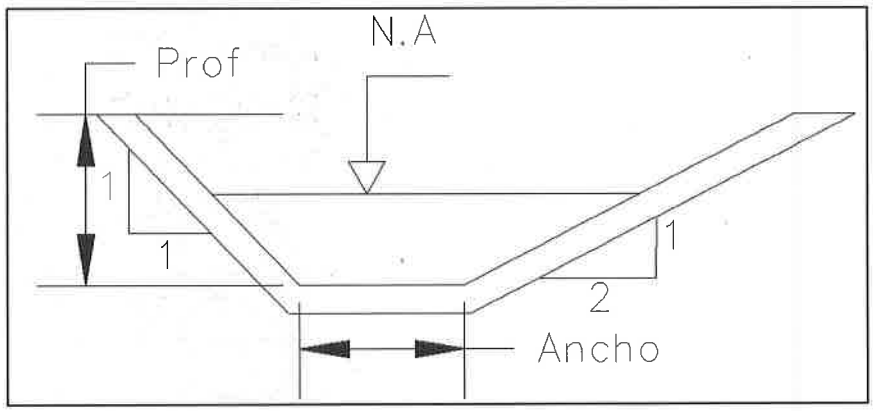


Figura 2.11 Diseño esquemático de canal trapezoidal

c) En base al caudal estimado en *a)*, se asigna la sección óptima hidráulicamente. Para aquellos tramos en donde la pendiente del terreno excede la máxima pendiente de cuneta capaz de transportar el caudal estimado, se utilizan gradas disipadoras. Caso contrario, se asume que la pendiente de la cuneta será igual a la pendiente del terreno.

2.2.8 Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 2.5 Cunetas Margen Derecha

Sentido	Prog. Inicio	Prog. Fin	Long. (m)	Pend TN (%)	Pendiente de diseño (%)	Q (m3/s)	Cuneta: Tipo	Espac. e/ gradas (m)	Gradas: Altura (m)
+	3+735	3+812	77	2.9	2.9	0.04	TIPO A	-	-
+	3+812	3+878	66	4.2	4.2	0.06	TIPO A	-	-
+	3+878	3+915	37	4.4	4.4	0.07	TIPO A	-	-
+	3+915	3+973	58	6.8	6.8	0.08	TIPO A	-	-
+	3+973	4+011	38	4.9	4.9	0.09	TIPO A	-	-
+	4+011	4+080	69	2.2	2.2	0.11	TIPO A	-	-
+	4+080	4+130	50	1.3	1.3	0.12	TIPO A	-	-
-	4+153	4+218	65	0.6	0.6	0.19	TIPO B	-	-
-	4+217	4+268	51	3.2	3.2	0.17	TIPO A	-	-
-	4+268	4+330	62	7.6	7.0	0.15	TIPO A	21	0.15
-	4+330	4+373	42	6.2	6.2	0.14	TIPO A	-	-
-	4+373	4+425	53	5.2	5.2	0.13	TIPO A	-	-
+	14+918	14+985	66	3.0	1.5	4.02	TIPO E	22	0.40
+	14+985	15+029	44	2.6	1.5	4.62	TIPO E	44	0.40
+	15+029	15+066	37	4.6	1.5	5.12	TIPO E	12	0.40
+	15+066	15+123	57	3.1	1.5	5.91	TIPO E	29	0.40
+	15+123	15+203	80	4.2	1.5	7.00	TIPO E	16	0.40
+	15+203	15+294	91	3.3	1.0	8.25	TIPO F	23	0.50
+	15+294	15+363	69	3.8	1.0	9.20	TIPO F	17	0.50

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

Sentido	Prog. Inicio	Prog. Fin	Long. (m)	Pend TN (%)	Pendiente de diseño (%)	Q (m3/s)	Cuneta: Tipo	Espac. e/ gradas (m)	Gradas: Altura (m)
+	15+363	15+447	84	3.7	1.0	10.35	TIPO F	17	0.50
+	15+447	15+498	51	4.9	0.8	11.05	TIPO G	17	0.60
+	15+498	15+584	86	3.6	0.8	11.56	TIPO G	22	0.60
+	15+584	15+658	74	4.9	0.8	11.58	TIPO G	15	0.60
+	15+658	15+708	50	3.5	0.8	11.60	TIPO G	25	0.60
+	15+708	15+772	64	6.4	0.8	11.61	TIPO G	11	0.60
+	15+772	**15+844**	72	1.8	0.8	11.63	TIPO G	72	0.60
+	16+812	16+901	89	2.9	2.9	0.13	TIPO A	-	-
+	16+901	16+980	79	3.0	3.0	0.15	TIPO A	-	-
+	16+980	17+052	72	4.3	4.3	0.17	TIPO A	-	-
+	17+052	17+120	68	4.2	4.2	0.18	TIPO A	-	-
+	17+120	17+187	67	4.2	4.2	0.20	TIPO A	-	-
+	17+187	17+259	72	7.1	7.1	0.22	TIPO A	-	-
+	17+259	17+337	78	5.3	5.3	0.24	TIPO A	-	-
+	17+337	17+369	32	3.5	3.5	0.25	TIPO A	-	-
+	17+369	**17+451**	83	1.3	1.3	0.27	TIPO B	-	-
-	**17+649**	17+732	83	2.3	2.3	0.23	TIPO A	-	-
-	17+732	17+793	61	3.4	3.4	0.21	TIPO A	-	-
-	17+793	17+833	40	7.9	7.0	0.19	TIPO A	20	0.15
-	17+833	17+909	77	3.8	3.8	0.18	TIPO A	-	-
-	17+909	17+980	71	5.5	5.5	0.16	TIPO A	-	-
-	17+980	18+052	72	6.0	6.0	0.14	TIPO A	-	-
-	18+052	18+120	68	6.0	6.0	0.12	TIPO A	-	-
-	18+120	18+185	65	6.0	6.0	0.11	TIPO A	-	-
-	18+185	18+252	67	6.0	6.0	0.09	TIPO A	-	-
-	18+252	18+318	67	6.0	6.0	0.07	TIPO A	-	-
-	18+318	18+392	74	4.9	4.9	0.05	TIPO A	-	-
-	18+392	18+469	77	2.6	2.6	0.03	TIPO A	-	-

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Tabla 2.6 Cunetas Margen Izquierda

Sentido	Prog. Inicio	Prog. Fin	Long. (m)	Pend TN (%)	Pendiente de diseño (%)	Q (m3/s)	Cuneta: Tipo	Espac. e/ gradas (m)	Gradas: Altura
+	3+735	3+812	77	2.9	2.9	0.04	TIPO A	-	-
+	3+812	3+878	66	4.2	4.2	0.06	TIPO A	-	-
+	3+878	3+915	37	4.4	4.4	0.07	TIPO A	-	-
+	3+915	3+973	58	6.8	6.8	0.08	TIPO A	-	-
+	3+973	4+011	38	4.9	4.9	0.09	TIPO A	-	-
+	4+011	4+080	69	2.2	2.2	0.11	TIPO A	-	-
+	4+080	**4+130**	50	1.3	1.3	0.12	TIPO A	-	-

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

Sentido	Prog. Inicio	Prog. Fin	Long. (m)	Pend TN (%)	Pendiente de diseño (%)	Q (m3/s)	Cuneta: Tipo	Espac. e/ gradas (m)	Gradas: Altura
-	**4+153**	4+218	65	0.6	0.6	0.94	TIPO D	-	-
-	4+217	4+268	51	3.2	3.2	0.92	TIPO B	-	-
-	4+268	4+330	62	7.6	3.5	0.91	TIPO B	5	0.20
-	4+330	4+373	42	6.2	3.5	0.89	TIPO B	7	0.20
-	4+373	4+425	53	5.2	3.5	0.88	TIPO B	11	0.20
+	14+918	14+985	66	3.0	3.0	0.19	TIPO A	-	-
+	14+985	15+029	44	2.6	2.6	0.20	TIPO A	-	-
+	15+029	15+066	37	4.6	4.6	0.21	TIPO A	-	-
+	15+066	15+123	57	3.1	3.1	0.22	TIPO A	-	-
+	15+123	15+203	80	4.2	4.2	0.24	TIPO A	-	-
+	15+203	15+294	91	3.3	3.3	0.27	TIPO A	-	-
+	15+294	15+363	69	3.8	3.8	0.28	TIPO A	-	-
+	15+363	15+447	84	3.7	3.7	0.31	TIPO A	-	-
+	15+447	15+498	51	4.9	4.9	0.32	TIPO A	-	-
+	15+498	15+584	86	3.6	3.6	0.34	TIPO A	-	-
+	15+584	15+658	74	4.9	4.9	0.36	TIPO A	-	-
+	15+658	15+708	50	3.5	3.5	0.37	TIPO A	-	-
+	15+708	15+772	64	6.4	6.4	0.39	TIPO A	-	-
+	15+772	**15+844**	72	1.8	1.8	0.41	TIPO B	-	-
+	16+812	16+901	89	2.9	2.9	0.97	TIPO B	-	-
+	16+901	16+980	79	3.0	3.0	0.99	TIPO B	-	-
+	16+980	17+052	72	4.3	3.5	1.01	TIPO B	24	0.20
+	17+052	17+120	68	4.2	3.5	1.03	TIPO B	34	0.20
+	17+120	17+187	67	4.2	3.5	1.04	TIPO B	34	0.20
+	17+187	17+259	72	7.1	3.5	1.06	TIPO B	6	0.20
+	17+259	17+337	78	5.3	3.5	1.08	TIPO B	11	0.20
+	17+337	17+369	32	3.5	3.5	1.09	TIPO B	-	-
+	17+369	**17+451**	83	1.3	1.3	1.11	TIPO C	-	-
-	**17+649**	17+732	83	2.3	2.3	0.23	TIPO A	-	-
-	17+732	17+793	61	3.4	3.4	0.21	TIPO A	-	-
-	17+793	17+833	40	7.9	7.0	0.19	TIPO A	20	0.15
-	17+833	17+909	77	3.8	3.8	0.18	TIPO A	-	-
-	17+909	17+980	71	5.5	5.5	0.16	TIPO A	-	-
-	17+980	18+052	72	6.0	6.0	0.14	TIPO A	-	-
-	18+052	18+120	68	6.0	6.0	0.12	TIPO A	-	-
-	18+120	18+185	65	6.0	6.0	0.11	TIPO A	-	-
-	18+185	18+252	67	6.0	6.0	0.09	TIPO A	-	-
-	18+252	18+318	67	6.0	6.0	0.07	TIPO A	-	-
-	18+318	18+392	74	4.9	4.9	0.05	TIPO A	-	-
-	18+392	18+469	77	2.6	2.6	0.03	TIPO A	-	-

ECOMIPA S.A
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

Documentos Integrantes Del Convenio Modificatorio N°01

ANEXO 8

Estudio Geotécnico

Contrato S.G. Ministro N° 372/2018

PUENTE Prog. 44+400 A° de Oro

I. GENERALIDADES

Los trabajos geotécnicos fueron realizados a pedido de la Empresa **CSI SA**, con la finalidad de determinar el tipo de fundación, en un estudio de proyecto vial entre las localidades de Villa Ygatimí hasta el Arroyo Itanará en el departamento de Kanindeyú. **El presente informe corresponde al puente sobre el arroyo de Oro, en la progresiva 44+400.**

Para el efecto se efectuó un estudio con sondeos exploratorios, a percusión (SPT), dentro del área del proyecto para la construcción de la obra. También se realizó levantamiento de puntos, para la determinación de la cota de los mismos.

El presnte informe, incluye el plano de referencia, la localización de los sondeos realizados, los perfiles geomecánicos, los resultados obtenidos y las estratigrafías correspondientes y recomendaciones referentes al tipo de fundación a ser utilizada.

II. SONDEOS REALIZADOS

Fueron realizados dos sondeos, en los cuales se efectuaron los ensayos de penetración estándar (SPT), a cada metro de perforación. Para el efecto fue utilizado un sacamuestra partido del tipo "Raymond – Terzaghi", ASTM D-1586 de 2" y 1 3/8" de diámetro externo e interno respectivamente. Hincados por medio de un mazo de 64 Kg. Y una altura de caída de 76,00 cm.

La perforación fue efectuada con barreno manual hasta las diferentes profundidades de ensayo de SPT.

El sondeo a percusión (SPT), se profundizó hasta alcanzar los valores geomecánicos suficientes para los cálculos de fundación de acuerdo a las necesidades de la obra. En caso necesario, se continuó la perforación por métodos rotativos con recuperación de testigos.

Ing. Héctor S. Espinola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

III. AGUAS SUBTERRANEAS

Se detectó el nivel freático entre 0.85 a 1.10 m de profundidad. Con una potencia elevada.

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

IV. NIVELACION

Los informes planialtimetricos de cada uno de los sondeos, se pueden encontrar en los perfiles correspondientes y en el plano de ubicación.

V. UBICACIÓN DE LOS SONDEOS

La ubicación de los sondeos es de acuerdo a las necesidades de reconocimiento, en la pila y los estribos del puente proyectado.

VI LABORATORIO

Se realizó una descripción visual de las muestras y las mismas forman parte del perfilaje de los sondeos.

VII RESULTADOS OBTENIDOS

Los sondeos fueron realizados en el terraplén de acceso al puente, por lo que la parte superior – hasta 2.0 m aproximadamente – corresponde al suelo compactado del mismo. Subyacente encontramos una arcilla arenosa, marrón grisáceo de baja plasticidad. A 5.20 m de profundidad observamos una camada de 0.60 m de espesor de arena media a gruesa blanquecina (arena lavada), que a mayor profundidad se presenta como arena limosa ligeramente más compacto. Entre 8.5 a 9.5 m de profundidad se encuentra una Arenisca alterada marrón rojizo claro, continuándose la perforación por medio rotativo con recuperación de testigos de roca.

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

VIII CONCLUSIONES

De acuerdo a los valores obtenidos en los sondeos realizados, utilizando la relación de Meyerhoff para suelos del tipo areno arcilloso y considerando el tipo de obra a ser realizada, se puede recomendar lo siguiente;

Sondeos	PROFUND. FUNDACION	Índice de SPT	Tensión Ad. qa	TIPO De APOYO	LITOLOGIA DE APOYO
	m		Kg/cm^2		
01 02	**10.00**	rechazo	7.5	Pilotes o tubulones	Arenisca alterada

- **La profundidad final de apoyo será determinado por la Arenisca alterada. Es muy importante considerar siempre los posibles desmoronamientos, durante la ejecución de la fundación.**

Ing. Arquímedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

- *Las tensiones admisibles del cuadro superior, corresponden a las tensiones máximas comunes a suelos o roca de este tipo en ensayos de compresión simple. Para la determinación de las cargas solicitadas para cada pilote en fundaciones profundas, es necesario introducir la relación "suelo-estructura", con las variables de la profundidad de fundación, tipo adoptado, diámetro correspondiente, cargas máximas solicitadas y el solape entre pilotes.*

- *Los testigos de roca han sido acondicionados en cajas de madera – ver foto – para su perfilaje. Arenisca marrón claro, fracturas y en diaclasas sub verticales.*

- **Es aconsejable el acompañamiento y asesoramiento en la etapa de la cimentación, por profesionales geotécnicos.**

- Los datos de los perfiles son puntuales y pueden encontrarse variaciones, principalmente en las profundidades determinadas para los cálculos de fundación.

Ing. Juan Carlos Berniè

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

FOTOS DE LOS SONDEOS

Ensayo de SPT en el sondeo P- 01

Ensayo de SPT en el sondeo P- 02

Ensayo de SPT en el sondeo P- 02

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
D.G.V. M.O.P.C.

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Estudio Geotécnico

Estudio de puentes – Proyecto vial V. Ygatimí – Ao. Itanará

Ingesul Ingeniería s.r.l

PERFIL DEL SONDEO

Sondeo Numero:	01 -	**Proyecto Vial;** Proyecto Vial Villa Ygatimi -Ao. Itanará	
Ubicación:	**Puente Prog. 44+400 Arroyo de Oro**	**Solicitado por;** Consultora CSI	
Profundidad de sondeo:	9,50 m	**Coordenadas ;**	
Prof. de Encamisado:	6,50 m	**X; 0.604.475,00**	
Fecha:	12/03/20	**Y; 7.349.423,00**	
Nivel de agua:	1,10 m	**Cota; 129,64 m**	
Metodo de perforación:	Percusion	**Perforista;** Emigdio Marti	

LITOLOGÍA: ARCILLA, LIMO, ARENA, GRAVA, ROCA ALTERADA, ROCA, SUELO ORGANICO

RESULTADOS DE LABORATORIO: HUMEDAD NATURAL (%), LIMITE LIQUIDO (%), LIMITE PLASTICO (%), PASANTE TAMIZ # 200 (%)

Muestra (Nº)	Profundidad. (m)	SPT golpes	SPT resultados	Perfil Litol.	Descripción Visual
1	0.55 0.70 0.85 1.00	1 1	1		Relleno del terraplen, compactado.
2	1.55 1.70 1.85 2.00	1 1 2	3		
3	2.55 2.70 2.85 3.00	1 1 3	4		
4	3.55 3.70 3.85 4.00	1 1 3	4		Desde 2,80 m arcilla arenosa marrón grisaceo oscuro, baja plasticidad.
5	4.55 4.70 4.85 5.00	1 2 4	6		
6	5.55 5.70 5.85 6.00	2 2 4	6		Desde 5,20 arena algo limosa friable, poco compacta, marrón claro.
7	6.55 6.70 6.85 7.00	7 7 8	15		
8	7.55 7.70 7.85 8.00	9 24 34	58		
9	8.55 8.70 8.85 9.00	rechazo			Desde 8,40 m arenisca alterada marrón rojizo claro, elevado RQD, mediana recuperación.
10	9.55 9.70 9.85 10.00				9,50 m fin de sondeo
11	10.55 10.70 10.85 11.00				
12	11.55 11.70 11.85 12.00				

SPT - N GOLPES: 10 20 30 40 50

RESULTADOS DE LABORATORIO: 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Responsable: ING. Geo. Juan Carlos Bernié

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.

Estudio Geotécnico

Estudio de puentes – Proyecto vial V. Ygatimí – Ao. Itanará

Ingesul Ingeniería s.r.l

PERFIL DEL SONDEO

Sondeo Numero:	02 -	**Proyecto Vial;** Proyecto Vial Villa Ygatimi -Ao. Itanará	
Ubicación:	**Puente Prog. 44+400 Arroyo de Oro**	**Solicitado por;** Consultora CSI	
Profundidad de sondeo:	10,20 m	**Coordenadas ;**	
Prof. de Encamisado:	6,50 m	**X; 0.604.494,00**	
Fecha:	13/03/20	**Y; 7.349.423,00**	
Nivel de agua:	0,85 m	**Cota; 129,04 m**	
Metodo de perforación:	Percusion	**Perforista;** Emigdio Marti	

LITOLOGÍA: ARCILLA, LIMO, ARENA, GRAVA, ROCA ALTERADA, ROCA, SUELO ORGANICO

RESULTADOS DE LABORATORIO: HUMEDAD NATURAL (%), LIMITE LIQUIDO (%), LIMITE PLASTICO (%), PASANTE TAMIZ # 200 (%)

Muestra (Nº)	Profundidad (m)	SPT golpes	SPT resultados	Perfil Litol.	Descripción Visual
1	0.55 0.70 0.85 1.00				Relleno del terraplen, compactado.
2	1.55 1.70 1.85 2.00				
3	2.55 2.70 2.85 3.00	1 1 2	3		Desde 2,80 m arcilla arenosa marrón grisaceo oscuro, baja plasticidad.
4	3.55 3.70 3.85 4.00	1 2 2	4		
5	4.55 4.70 4.85 5.00	2 2 3	5		
6	5.55 5.70 5.85 6.00	5 5 7	12		Desde 4,80 arena algo limosa friable, poco compacta, marrón claro. Capa de arena media a gruesa blanquecina en la parte superior
7	6.55 6.70 6.85 7.00	7 8 8	16		
8	7.55 7.70 7.85 8.00	8 17 18	35		
9	8.55 8.70 8.85 9.00	15 24 37	61		
10	9.55 9.70 9.85 10.00		rechazo		Desde 9,40 m arenisca alterada marrón rojizo claro, elevado RQD, mediana recuperación.
11	10.55 10.70 10.85 11.00				10,20 m fin de sondeo
12	11.55 11.70 11.85 12.00				

SPT - N GOLPES: 10 20 30 40 50

RESULTADOS DE LABORATORIO: 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Responsable: ING. Geo. Juan Carlos Bernié

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor Espínola
Supervisor de Obras
C.M.O.P.C.

Estudio Geotécnico
Estudio de puentes – Proyecto vial V. Ygatimi – Ao. Itanará

INGESUL INGENIERIA SRL													OBRA: Puente 01 - Tramo Villa Ygatimi - Ao. Ytanará
PLANILLA DE RESUMEN DE ENSAYOS Y DESCRIPCION DE LABORATORIO													UBICACION: Prog. 44+400 A° de Oro FECHA: 24/03/20
													SOLICITADO POR: CSI S.A.
Sondeo	Profundidad		Arroyo	Limites de Atterberg			Pasante Tamiz				CLASIFICACION		
Nº	(m)			LL	LP	IP	#10	#40	#100	#200			DESCRIPCION
				(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)		CUS	
P -01	3.55	4.00		36.6	24.0	12.6	97.4	92.4	80.7	42.2		CL	Arcilla arenosa marrón grisaceo oscuro.
	4.55	5.00		31.8	19.2	12.6	91.3	88.3	76.4	39.1		CL-ML	Limo arenoso marrón grisaceo oscuro.
	5.55	6.00				NP	84.8	64.4	30.3	13.1		SP-SM	Arena media agruesa marrón claro
	6.55	7.00				NP	78.7	58.5	27.2	18.5		SM	Arena limosa marrón rojizo claro
	7.55	8.00				NP	74.4	49.4	23.4	16.6		SM	Arena limosa marrón rojizo claro
P -02	2.55	3.00		42.4	26.2	16.2	98.4	93.5	83.3	45.5		CL	Arcilla arenosa marrón grisaceo oscuro.
	3.55	4.00		38.8	23.8	15.0	95.5	90.4	78.7	41.8		CL	Arcilla arenosa marrón grisaceo oscuro.
	4.55	5.00		33.7	20.5	13.2	89.8	87.0	73.3	37.6		CL-ML	Limo arenoso marrón grisaceo oscuro.
	5.55	6.00				NP	86.6	62.6	32.3	14.4		SP-SM	Arena media agruesa marrón claro
	6.55	7.00				NP	79.0	56.5	25.5	17.6		SM	Arena limosa marrón rojizo claro
	7.55	8.00				NP	72.7	47.7	21.7	15.4		SM	Arena limosa marrón rojizo claro
	8.55	9.00				NP	68.8	44.3	19.3	11.4		SM	Arena limosa marrón rojizo claro

Ing. Arquimedes Delgado
Director de Fiscalización

ECOMIPA S.A.
ING. JOSIAS GRAU Y.
VICE PRESIDENTE

Ing. Héctor S. Espínola
Supervisor de Obras
DCV - M.O.P.C.