

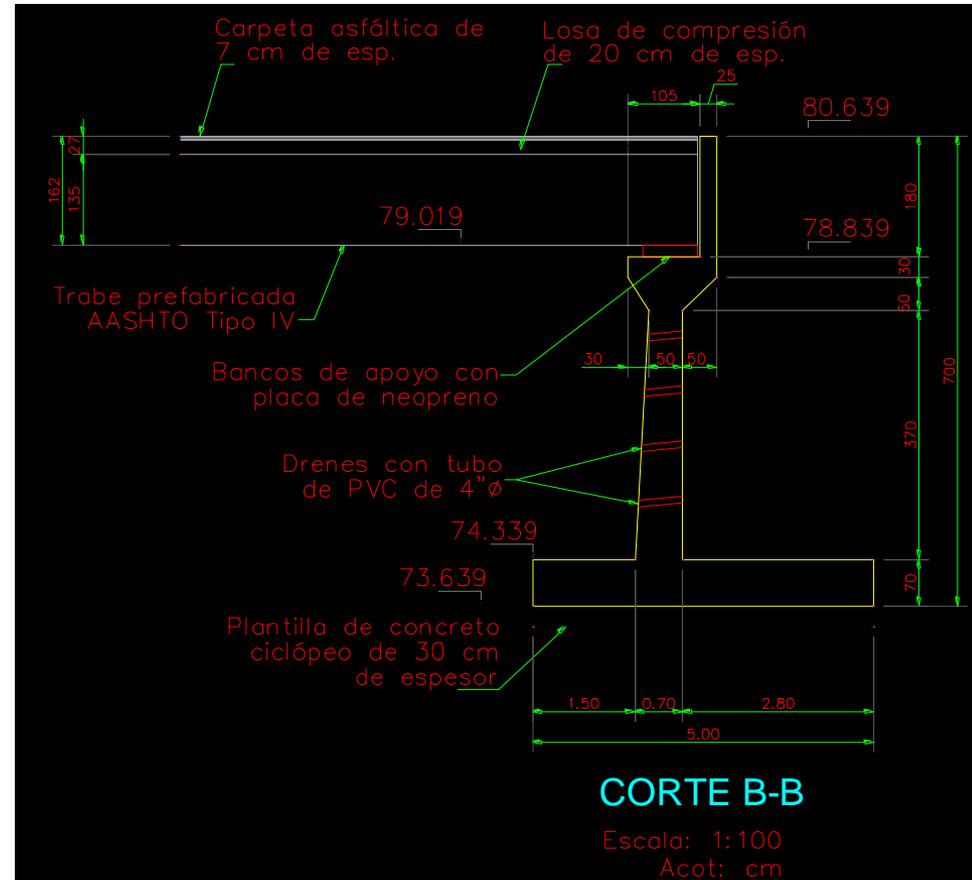


III CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2017

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO Y DE LA CIMENTACIÓN CON PILOTES DE PUNTA Y DE FRICCIÓN EN PUENTES VEHICULARES DEL CANAL PRINCIPAL CULIACÁN HUMAYA.

Puebla, Pue., del 28 - 30 de noviembre de 2017

PROPUESTA INICIAL DE PUENTES CON CIMENTACIÓN DE MUROS DE ESTRIBOS Y ZAPATAS PARA SOPORTAR LA SUPERESTRUCTURA CON TRABES PREFABRICADAS TIPO AASHTO IV, PARA CANAL PRINCIPAL HUMAYA.



MOTIVOS PARA EL DISEÑO DE PILOTES DE PUNTA Y DE FRICCIÓN PARA LOS NUEVOS PUENTES DEL CANAL PRINCIPAL HUMAYA, CULIACÁN, SIN.

- La cimentación a base de pilotes de punta y de fricción, es aplicada en circunstancias especiales para soportar la superestructura de los nuevos puentes y transmitirla al lecho rocoso subyacente a profundidades razonables.
- Se recurrió a ella ante la situación especial de operación permanente del CPH, durante 8 meses continuos a su capacidad normal de 108 m³/seg y 4 meses del año a su capacidad mínima de 3.0 m³/seg; para ofrecer el servicio de agua de riego y doméstico a Culiacán.
- Otro motivo para utilizar este tipo de pilotes, es que se pueden construir de concreto reforzado *in situ*, además, con las nuevas tecnologías de perforación circular con broca sin fin, rellinando la cavidad del pozo con lodo bentonítico, el colado es inmediato y no requiere de la costosa obra de desvío, para construir el nuevo puente, ni dismantelar el viejo puente vehicular en cualquier momento.

ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DEL ACTUAL PUENTE DEL KM 1+700 DEL CANAL PRINCIPAL HUMAYA, CULIACÁN, SIN.

1 TOPOGRAFÍA

2 GEOTECNIA

3 MECÁNICA DE SUELOS

4 HIDROLOGÍA

5 HIDRÁULICA

Sección hidráulica del km 1+700

$$Q_d = 120 \text{ m}^3/\text{s}, B = 25.91 \text{ m}$$

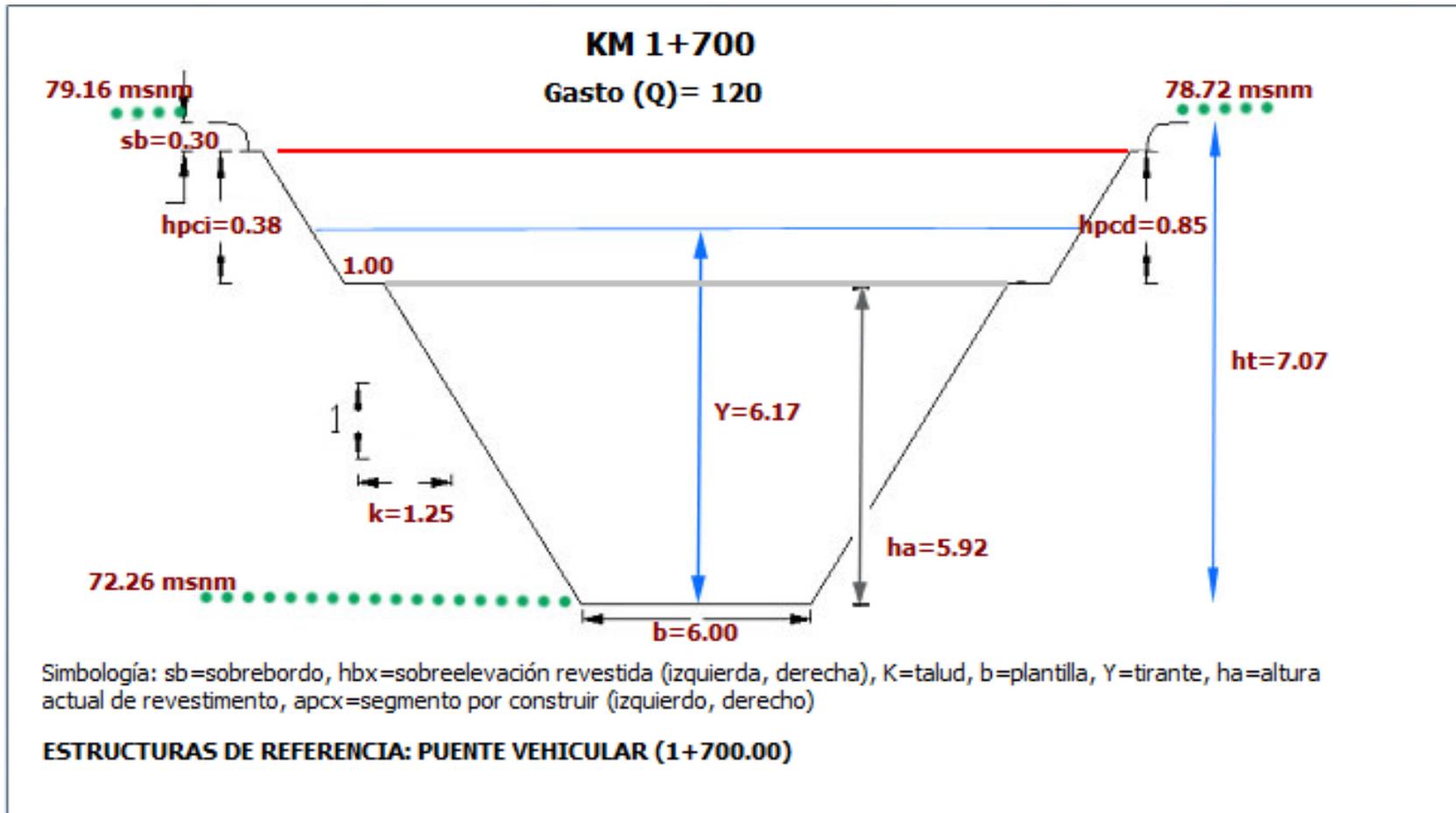
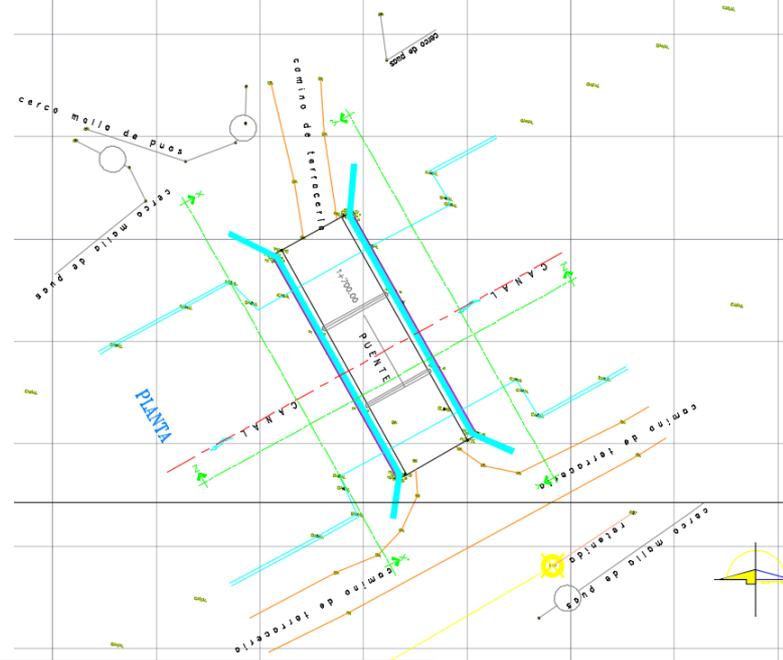


IMAGEN Y VISTA EN PLANTA DEL ACTUAL PUENTE DEL KM 1+700 DEL CANAL PRINCIPAL HUMAYA, CULIACÁN, SIN.

IMPORTE TOTAL DE LA PROPOSICIÓN:

CUATRO MILLONES TREINTA Y
CUATRO MIL DOSCIENTOS DOS PESOS
73/100 M.N

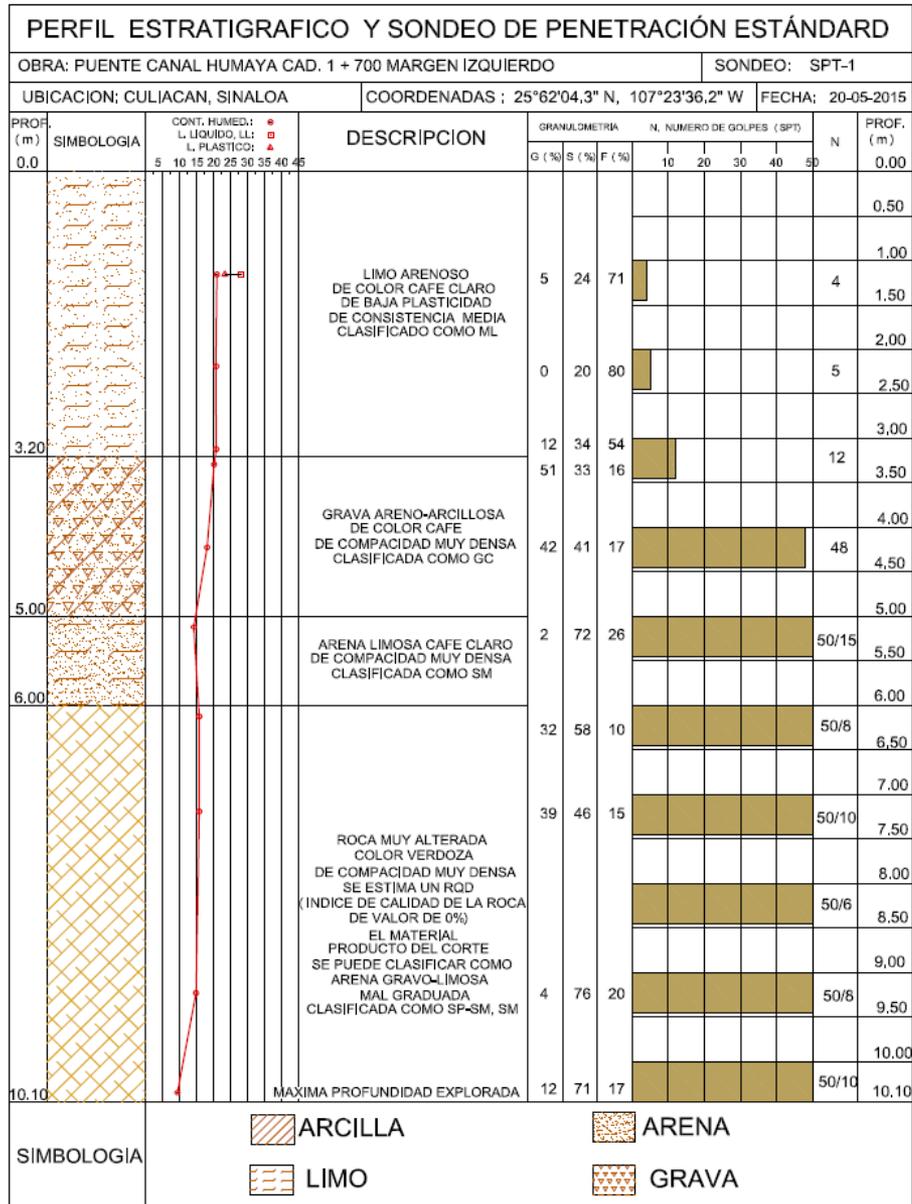
\$ 4,034,202.73



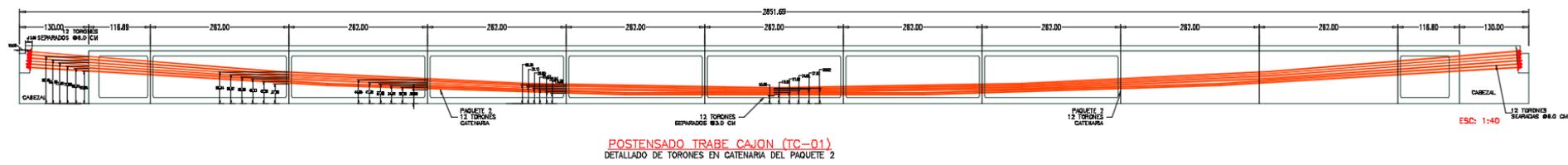
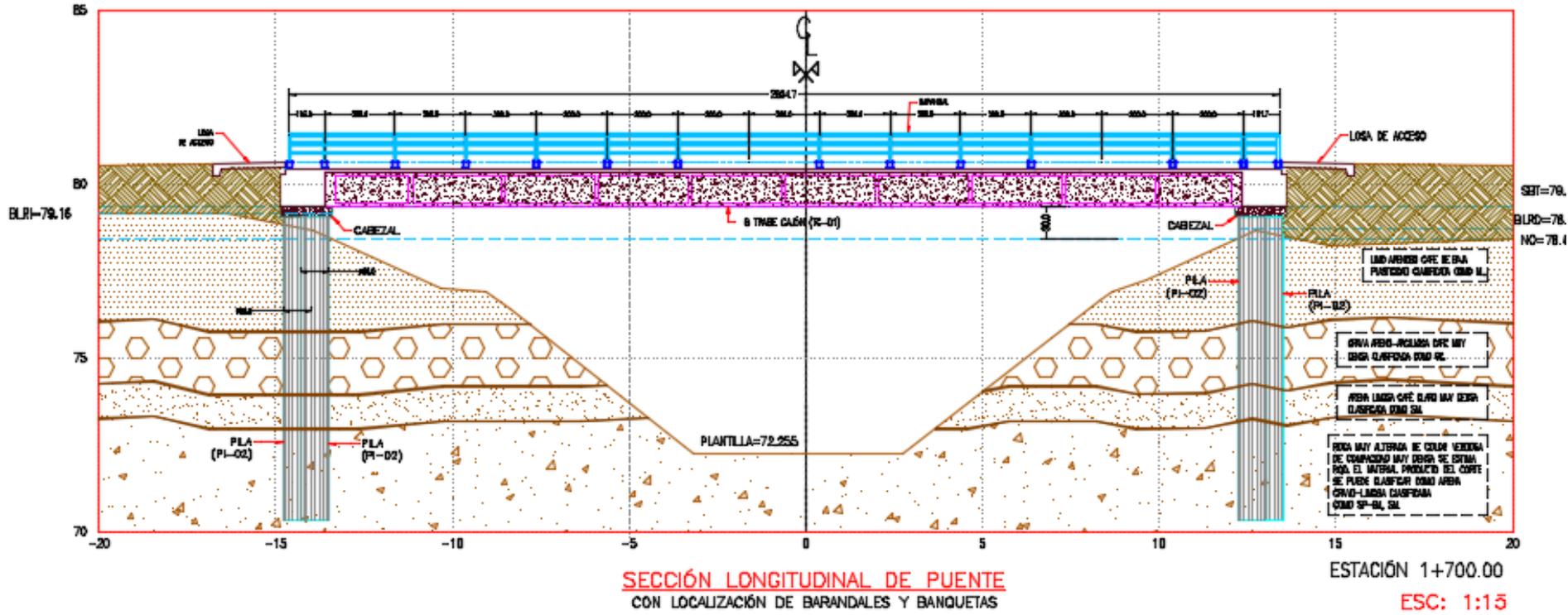
Niveles actuales y futuros debidos a la sobreelevación del CPH msnm.

Estado	Intradós	Losa de rodamiento	S.L.A.	Nivel de bordo derecho	Nivel de bordo izquierdo
Actual	76.92	78.01	76.91	78.65	77.98
Sobreelevado	79.33	80.43	78.43	80.64	80.64
Variación	2.41	2.42	1.52	1.99	2.66

Estratigrafía y propiedades del subsuelo en el km 1+700



Sección transversal del puente con el CPH y perfiles estratigráficos



Normativa de la SCT para el diseño de puentes y estructuras asociadas

N-PRY-CAR-6-01-001-01	Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares
N-PRY-CAR-6-01-002-01	Características Generales del Proyecto
N-PRY-CAR-6-01-003-01	Cargas y Acciones
N-PRY-CAR-6-01-004-01	Viento
N-PRY-CAR-6-01-005-01	Sismo
N-PRY-CAR-6-01-006-01	Combinaciones de Carga
N-PRY-CAR-6-01-007-04	Distribución de Carga

Capacidad de carga por punta C_p , se estimó con la siguiente expresión:

$$C_p = \{ p_v N_q F_R + p_v \} A_p$$

Donde:

p_v Es la presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de pilotes, en Ton/m²

p_v Es la presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de los pilotes.

N_q Es el coeficiente de capacidad de carga definido por:

Tabla 6. Valor de N_{max} y N_{min} para el cálculo de N_q .

ϕ	20°	25°	30°	35°	40°	45°
N_{max}	12.5	26	55	132	350	1000
N_{min}	7	11.5	20	39	78	130

Para cimentación profunda, se consideró un ángulo de fricción interna de 40°.

$$N_q = N_{min} + (N_{max} - N_{min}) / [4 B \tan(45 + \phi / 2)]$$
$$[4 \tan(45 + \phi / 2)] \geq L_c / B$$

Donde:

Lc Longitud empotrada del pilote en el estrato resistente,

B Ancho o diámetro del pilote.

ϕ Angulo de fricción interna, en grados, definido con la prueba de Penetración Estándar, se estima 40 grados. Otros valores se registran en **Tabla 6**.

FR Factor de resistencia que tiene un valor de 0.35

Fre Factor de escala que es $((B+0.5)/2B)^2$

Ap Es el área transversal del pilote en m². Se valoró para una profundidad de 8.00 m, a partir del nivel del rodamiento de la corona del bordo y para diámetros de 0.80 a 1.20m

Capacidad de carga por fricción C_f , se estimó su contribución con la siguiente expresión:

$$C_f = A_i \mathbf{p_v} \tan \delta$$

Donde:

C_f Es la capacidad de carga última a la falla, para la capacidad de carga admisible se considera un factor de reducción de 0.7

A_i Es el área transversal del fuste del pilote en el sustrato considerado

δ Es el ángulo de fricción entre suelo y pilote, ángulo de fricción interna ϕ en el sustrato considerado

$\mathbf{p_v}$ Es el esfuerzo efectivo medio en el sustrato considerado

Capacidad de carga por fricción.

DIAM	Ap	Lc/B	$4(\text{TAN}45^\circ + \Phi/2)$	Nqxfricción
M	M2			Ton
0.80	0.50	6.25	8.58	276.18
0.90	0.64	5.56	8.58	254.16
1.00	0.79	5.00	8.58	236.54
1.10	0.95	4.55	8.58	222.13
1.20	1.13	5.00	8.58	210.12

Capacidad de carga por punta.

DIAM	Ap	Nq	Cp	Fr	Cpxpunta
M	M2		Ton		Ton
0.80	0.50	276.18	341.59	0.660	225.5
0.90	0.64	254.16	398.61	0.605	241.1
1.00	0.79	236.54	458.81	0.563	258.1
1.10	0.95	222.13	522.20	0.529	276.2
1.20	1.13	210.12	588.77	0.502	295.4

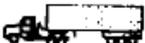
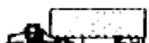
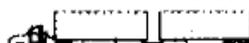
Capacidad de carga por fricción por cada metro de profundidad (Ton).

Descripción	Diámetro de pilotes / Capacidad de carga por fricción				
Diámetro (m).	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Fricción por cada metro de profundidad	0.49	0.55	0.62	0.68	0.74
	1.48	1.66	1.85	2.03	2.21
	2.54	2.86	3.18	3.5	3.81
	3.68	4.14	4.6	5.06	5.52
	5.19	5.84	6.48	7.13	7.78
	6.53	7.35	8.16	8.98	9.8
	7.95	8.94	9.93	10.93	11.92
	9.17	10.32	11.46	12.61	13.75
Suma:	37.82	42.55	47.28	52.01	56.74
Factor de reducción	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Capacidad Ton	26.5	29.8	33.1	36.4	39.7

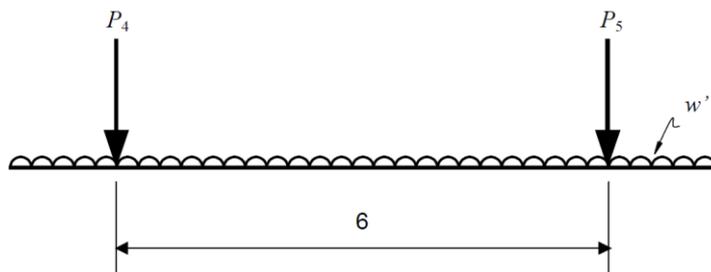
Capacidades de carga total para diferentes diámetros (Ton).

Diámetro	Por Punta	Por Fricción	Total
m	Ton	Ton	Ton
0.80	225.5	26.5	252.0
0.90	241.1	29.8	270.9
1.00	258.1	33.1	291.2
1.10	276.2	36.4	312.6
1.20	295.4	39.7	335.1

Clasificación de vehículos de carga en los Modelos IMT de 20.5 Ton y 66.5 Ton.

Nomenclatura	N° DE EJES	CLASE	CROQUIS DEL VEHICULO	Nomenclatura	N° DE EJES	CLASE	CROQUIS DEL VEHICULO
C2	2	CAMION		T2-S1-R2	5	TRACTOR, SEMIRREMOLQUE Y REMOLQUE	
C3	3	CAMION	 IMT 20.5	T3-S3	6	TRACTOR Y SEMIRREMOLQUE	
T2-S1	3	TRACTOR Y SEMIRREMOLQUE		T3-S1-R2	6	TRACTOR, SEMIRREMOLQUE Y REMOLQUE	
C4	4	CAMION		T2-S2-R2	6	TRACTOR, SEMIRREMOLQUE Y REMOLQUE	
T2-S2	4	TRACTOR Y SEMIRREMOLQUE		C3-R3	6	CAMION Y REMOLQUE	
C2-R2	4	CAMION Y REMOLQUE		T3-S2-R2	7	TRACTOR, SEMIRREMOLQUE Y REMOLQUE	
C3-R2	5	CAMION Y REMOLQUE		T3-S2-R3	8	TRACTOR, SEMIRREMOLQUE Y REMOLQUE	
T3-S2	5	TRACTOR Y SEMIRREMOLQUE		T3-S2-R4	9	TRACTOR, SEMIRREMOLQUE Y REMOLQUE	 IMT 66.5.

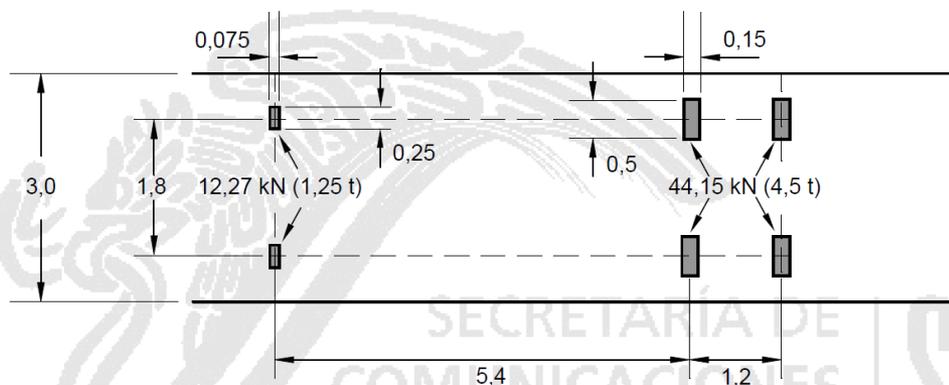
Modelo de cargas vivas IMT 20.5



Dónde:

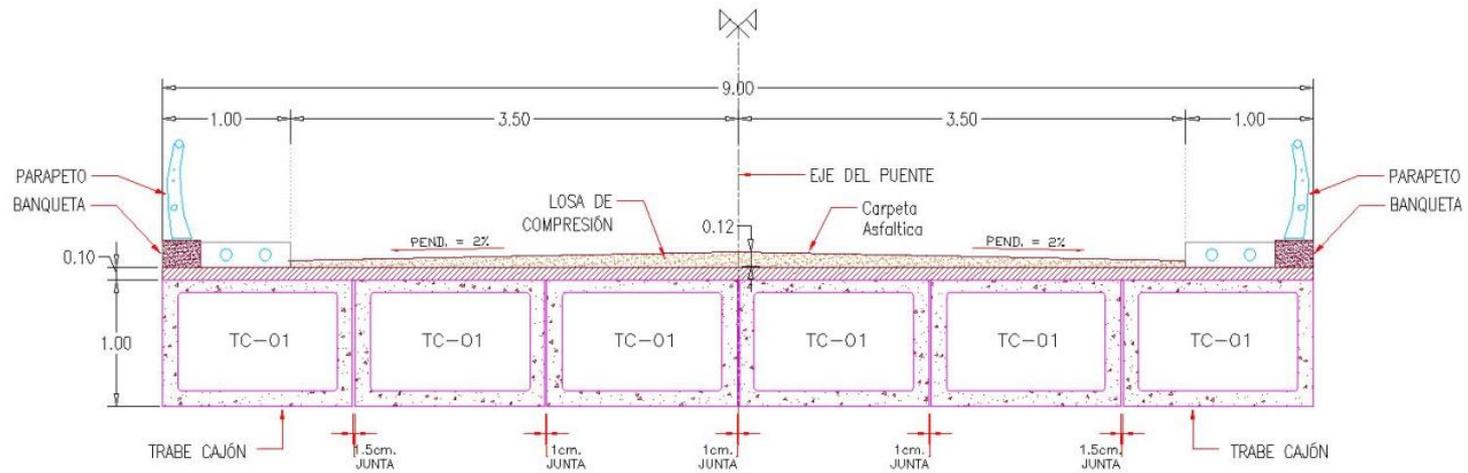
$P_4 = 2.5 \text{ Ton}$ $P_5 = 18 \text{ Ton}$

$w = 0.9 \text{ Ton/}$

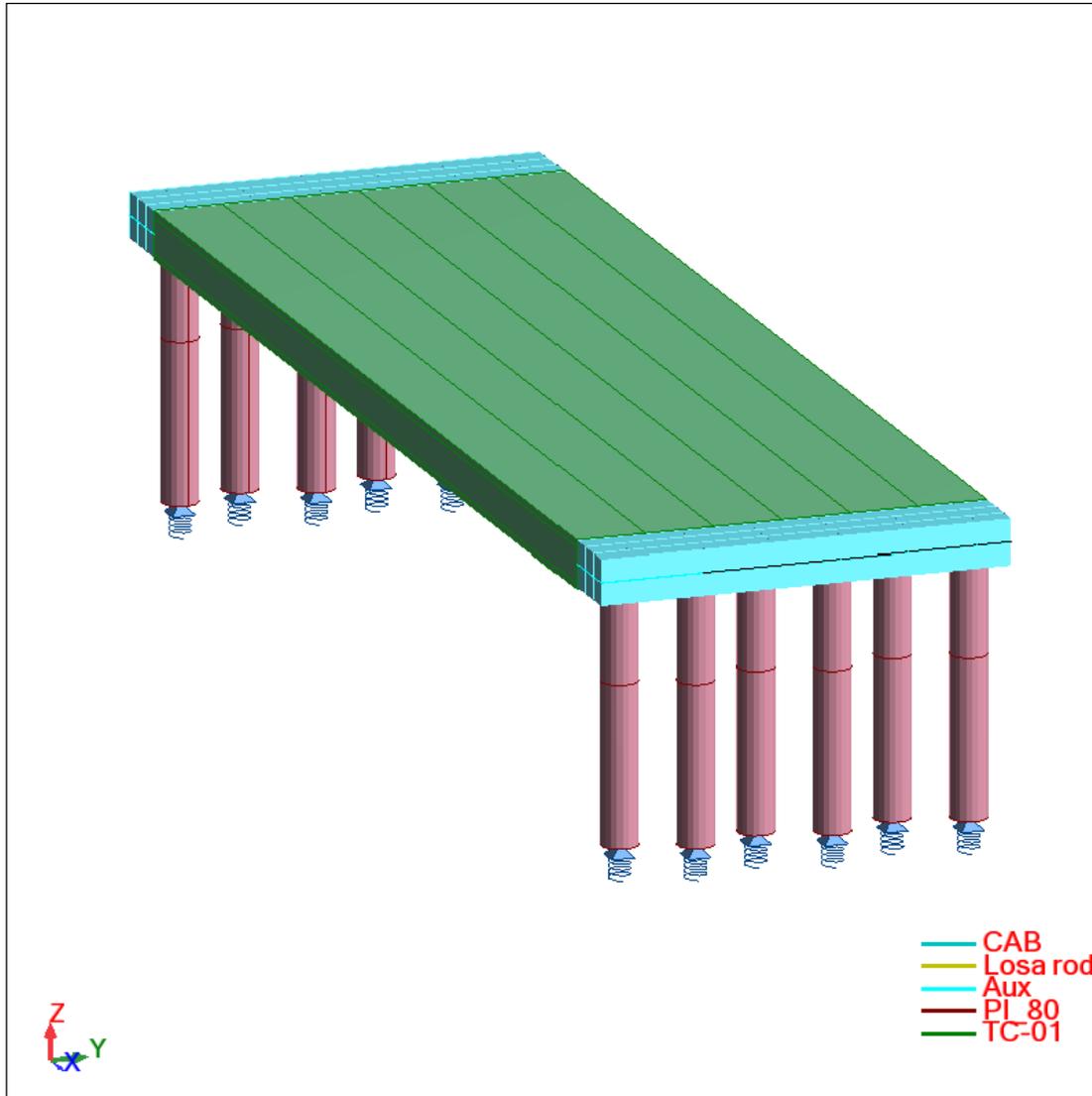


Dibujo fuera de escala.
Acotaciones en metros.

Sección transversal del tablero del puente con losa de compresión



Isométrico del puente vehicular km 1+700



CONCLUSIONES

La cimentación de los puentes con pilotes de punta y de fricción para salvar grandes claros, en sí misma, resultó más económica, amén de no haber construido la costosa obra de desvío.

No se interrumpió el servicio de agua, tanto en el suministro para riego, como para el uso doméstico e industrial de la Ciudad de Culiacán.

La subestructura de pilotes combinada con la superestructura ligera a base de elementos presforzados y torones, resultó una solución innovadora, económicamente ventajosa sobre otras tecnologías.

GRACIAS