

ANEXOS

1. PLANOS TOPOGRÁFICOS
2. PLANO DETALLES DE PUENTES SELECCIONADOS COMO ALTERNATIVAS
3. METRADOS DE PUENTES SELECCIONADOS COMO ALTERNATIVAS
4. PROGRAMACIÓN GANTT DE PUENTES SELECCIONADOS COMO ALTERNATIVAS
5. ANÁLISIS DE GASTOS GENERALES
6. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE PUENTES SELECCIONADOS COMO ALTERNATIVAS
7. DATOS METEOROLÓGICOS (SENAMHI) - PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIA
8. CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE SUELOS
9. DISEÑO DE PUENTE DE CONCRETO ARMADO
10. MANUAL DE SOFTWARE HEC RAS

1. PLANOS TOPOGRÁFICOS

- **PT-1:** PLANO TOPOGRÁFICO
- **PT-2:** SECCIONES CAUCE
- **PT-3:** PLANO CUENCA CANGALLI

2. PLANO DETALLES DE PUENTES SELECCIONADOS COMO ALTERNATIVAS

- **PC-1:** PLANTA – RELLENO PARA ACCESOS EN PUENTE DE CONCRETO ARMADO.
- **PC-2:** PERFIL LONGITUDINAL - RELLENO PARA ACCESOS EN PUENTE DE CONCRETO ARMADO.
- **PC-3:** SECCIONES TRANSVERSALES - RELLENO PARA ACCESOS EN PUENTE DE CONCRETO ARMADO.
- **PC-4:** SECCIÓN LONGITUDINAL - PUENTE DE CONCRETO ARMADO.
- **PC-5:** DETALLE ACERO - PUENTE DE CONCRETO ARMADO.
- **PB-1:** PLANTA – RELLENO PARA ACCESOS EN PUENTE DE BATERÍA TMC.
- **PB-2:** PERFIL LONGITUDINAL - RELLENO PARA ACCESOS EN PUENTE DE BATERÍA TMC.
- **PB-3:** SECCIONES TRANSVERSALES - RELLENO PARA ACCESOS EN PUENTE DE BATERÍA TMC.
- **PB-4:** PERFIL Y PLANTA PARA PUENTE DE BATERÍA TMC.
- **PB-5:** DETALLES PARA PUENTE DE BATERÍA TMC.

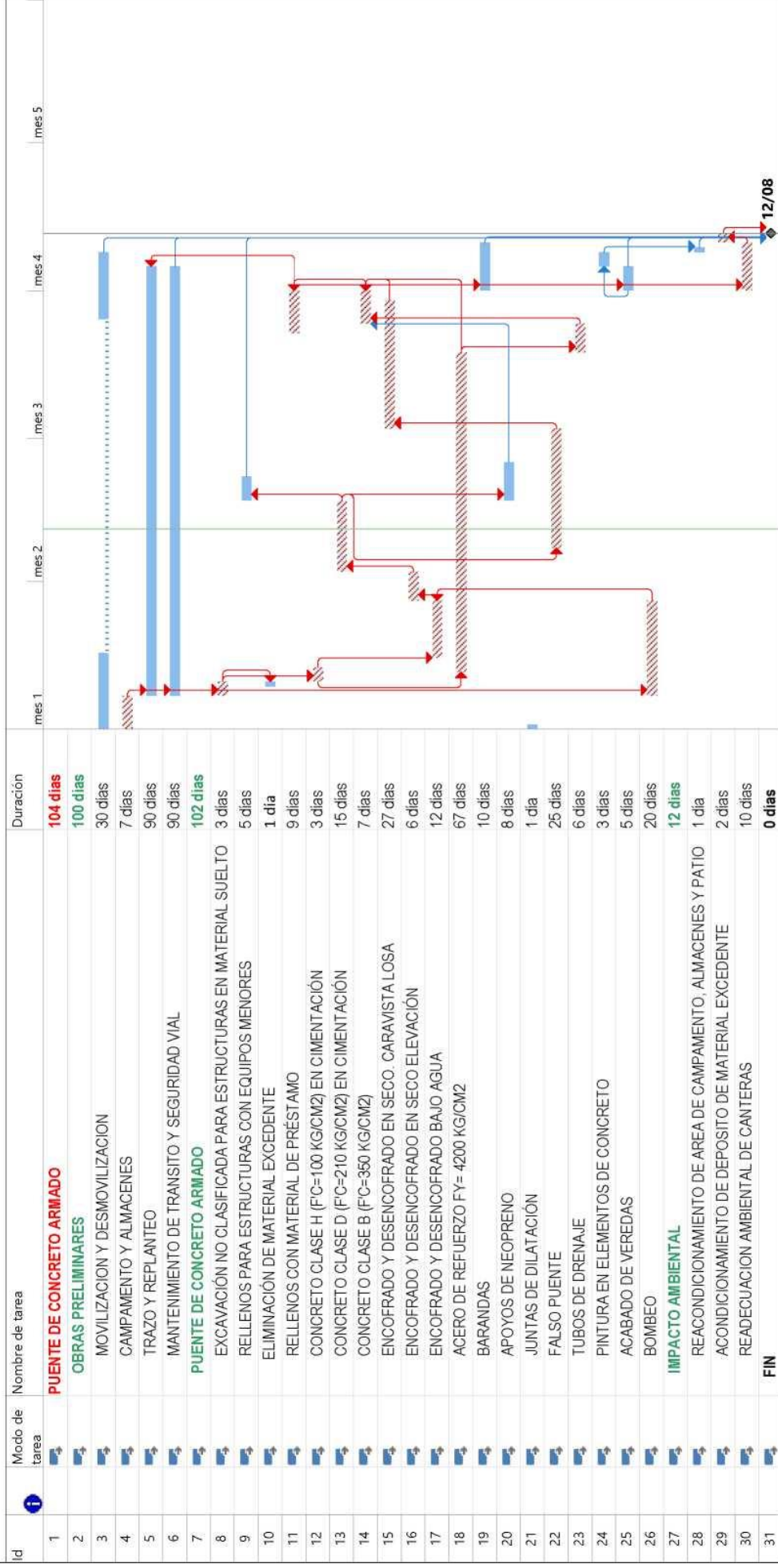
3. METRADOS DE PUENTES SELECCIONADOS COMO ALTERNATIVAS

1. METRADOS - PUENTE DE CONCRETO ARMADO
2. METRADOS - PUENTE BATERÍA ALCANTARILLAS METÁLICAS

4. PROGRAMACIÓN GANTT DE PUENTE SELECCIONADOS COMO ALTERNATIVAS

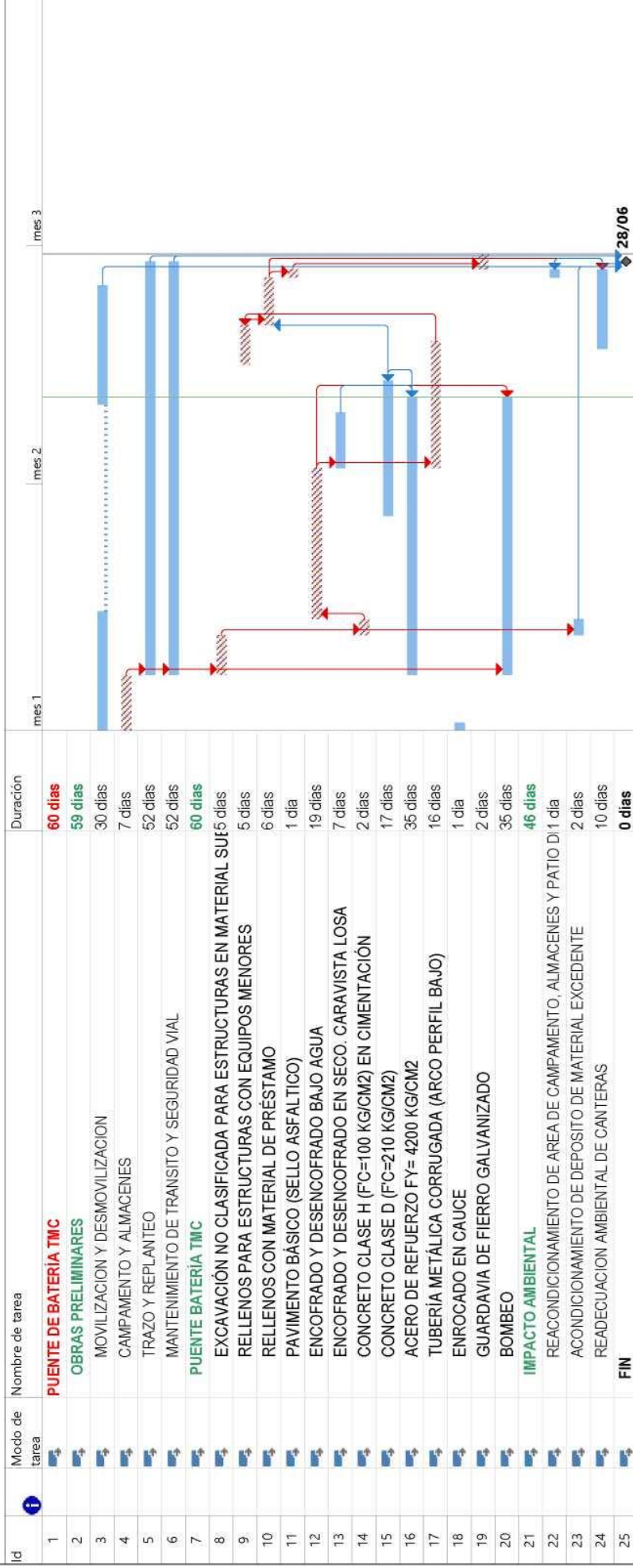
TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

Proyecto: Diseño de la mejor alternativa de un puente ubicado sobre el río "Cangalli", para la integración de los centros poblados del tramo Cangalli-Siraya, distrito de llave, provincia El



TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

Proyecto: Diseño de la mejor alternativa de un puente ubicado sobre el río "Cangalli", para la integración de los centros poblados del tramo Cangalli-Siraya, distrito de llave, provincia El



ALTERNATIVA: PUENTE DE BATERIA DE ALCANTARILLAS METALICAS CORRUGADAS

Tarea

División

Hito

Tareas criticas

División critica

5. ANÁLISIS DE GASTOS GENERALES

1. ANÁLISIS DE GASTOS GENERALES (1 MES)
2. CÁLCULO COSTO HORA HOMBRE

6. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE PUENTES SELECCIONADOS COMO ALTERNATIVAS

1. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - ALTERNATIVA: PUENTE DE CONCRETO ARMADO
2. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - ALTERNATIVA: PUENTE DE BATERÍA DE ALCANTARILLAS METÁLICAS CORRUGADAS

**7. DATOS METEOROLÓGICOS (SENAMHI) -
PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIA**

1. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS – ESTACIÓN ILAVE
2. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS – ESTACIÓN JULI
3. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS – ESTACIÓN LARAQUERI
4. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS – ESTACIÓN MAZOCRUZ

8. CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE SUELOS

1. ENSAYO SPT (ASTM D1586) – ESTRIBO DERECHO
2. ENSAYO SPT (ASTM D1586) – ESTRIBO IZQUIERDO
3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – ESTRIBO DERECHO, Muestra M-1
4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – ESTRIBO DERECHO, Muestra M-1
5. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – ESTRIBO DERECHO, Muestra M-1
6. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – ESTRIBO DERECHO, Muestra M-2
7. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – ESTRIBO DERECHO, Muestra M-2
8. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – ESTRIBO DERECHO, Muestra M-2
9. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – ESTRIBO IZQUIERDO, Muestra M-3
10. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – ESTRIBO IZQUIERDO, Muestra M-3
11. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – ESTRIBO IZQUIERDO, Muestra M-3
12. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – ESTRIBO IZQUIERDO, Muestra M-4
13. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – ESTRIBO IZQUIERDO, Muestra M-4
14. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – ESTRIBO IZQUIERDO, Muestra M-4
15. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – ESTRIBO DERECHO, Muestra M-5
16. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – ESTRIBO DERECHO, Muestra M-5
17. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – ESTRIBO DERECHO, Muestra M-5
18. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – ESTRIBO IZQUIERDO, Muestra M-6

19. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – ESTRIBO IZQUIERDO, Muestra M-6
20. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – ESTRIBO IZQUIERDO, Muestra M-6
21. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – CALICATA C-1 LECHO DE RÍO, Muestra C-1
22. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – CALICATA C-1 LECHO DE RÍO, Muestra C-1
23. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – CALICATA C-1 LECHO DE RÍO, Muestra C-1
24. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – CALICATA C-2 LECHO DE RÍO, Muestra C-2
25. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – CALICATA C-2 LECHO DE RÍO, Muestra C-2
26. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – CALICATA C-2 LECHO DE RÍO, Muestra C-2
27. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – CALICATA C-3 LECHO DE RÍO, Muestra C-3
28. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – CALICATA C-3 LECHO DE RÍO, Muestra C-3
29. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – CALICATA C-3 LECHO DE RÍO, Muestra C-3
30. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – CALICATA C-4 LECHO DE RÍO, Muestra C-4
31. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – CALICATA C-4 LECHO DE RÍO, Muestra C-4
32. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – CALICATA C-4 LECHO DE RÍO, Muestra C-4
33. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) – MATERIAL DE RELLENO, Muestra C-7
34. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D421) – MATERIAL DE RELLENO, Muestra C-7
35. LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO – LIMITE PLÁSTICO ASTM D4318) – MATERIAL DE RELLENO, Muestra C-7

9. DISEÑO DE PUENTE DE CONCRETO ARMADO

DISEÑO ESTRUCTURAL DE SUPERESTRUCTURA PARA PUENTE DE CONCRETO ARMADO

1. DATOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Uso	: Puente vehicular y peatonal.
Luz de diseño	: 50 m.
Nro. de tramos	: 2 tramos de 25m.
Número de Vigas Longitudinales	: 4
Número de Vigas Diafragma	: 7 (En apoyos y 2 intermedios)
Espesor de losa	: 0.15 m
Resistencia del concreto en Vigas	: 350 kg/cm ²
Resistencia del concreto en Losa	: 280 kg/cm ²
Resistencia del concreto en Estribos y Pilar	: 280 kg/cm ²
Resistencia a la fluencia del acero	: 4200 kg/cm ²

1.2. NORMAS EMPLEADAS

Se sigue las disposiciones de las Normas Nacionales e Internacionales descritos a continuación:

- ✓ Manual de diseño de puentes (MTC, 2003).
- ✓ Especificaciones AASHTO para el diseño de puentes por el método LRFD 2007.

1.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para determinar los momentos últimos, líneas de influencia, deformaciones de la superestructura se utiliza el software CSI BRIDGE v15, en el modelo planteado los aceros requeridos.

1.4. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES ADAPTADOS

CONCRETO 280 kg/cm²:

- Resistencia de diseño del Concreto (f _c):	:	280.00 kg/cm ²
- Peso Unitario del Concreto Armado (w):	:	2.40E-03 kg/cm ³
- Masa	:	2.45E-06 kg/cm ³
- Modulo de Elasticidad (E _c):	:	248860.443 kg/cm ²
- Poisson:	:	0.20

Gráfico N°1 Asignación de propiedades de concreto 280 kg/cm² en modelo

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. The 'General Data' section includes 'Material Name and Display Color' set to 'FC_280' with a red color swatch, 'Material Type' set to 'Concrete', and a 'Modify/Show Notes...' button. The 'Weight and Mass' section shows 'Weight per Unit Volume' as 2.400E-03 and 'Mass per Unit Volume' as 2.447E-06, with 'Units' set to 'Kgf, cm, C'. The 'Isotropic Property Data' section lists 'Modulus of Elasticity, E' as 248860.44, 'Poisson's Ratio, U' as 0.2, 'Coefficient of Thermal Expansion, A' as 9.900E-06, and 'Shear Modulus, G' as 103691.85. The 'Other Properties for Concrete Materials' section shows 'Specified Concrete Compressive Strength, f'c' as 280.

CONCRETO 350 kg/cm²:

- Resistencia de diseño del Concreto (f_c): : 350.00 kg/cm²
- Peso Unitario del Concreto Armado (w): : 2.40E-03 kg/cm³
- Masa : 2.45E-06 kg/cm³
- Modulo de Elasticidad (E_c): : 278234.434 kg/cm²
- Poisson: : 0.20

Gráfico N°2 Asignación de propiedades de concreto 350 kg/cm² en modelo

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. The 'General Data' section includes 'Material Name and Display Color' set to 'FC_350' with a red color swatch, 'Material Type' set to 'Concrete', and a 'Modify/Show Notes...' button. The 'Weight and Mass' section shows 'Weight per Unit Volume' as 2.400E-03 and 'Mass per Unit Volume' as 2.447E-06, with 'Units' set to 'Kgf, cm, C'. The 'Isotropic Property Data' section lists 'Modulus of Elasticity, E' as 278234.43, 'Poisson's Ratio, U' as 0.2, 'Coefficient of Thermal Expansion, A' as 9.900E-06, and 'Shear Modulus, G' as 115931.01. The 'Other Properties for Concrete Materials' section shows 'Specified Concrete Compressive Strength, f'c' as 350.

ACERO 4200 kg/cm²:

- Limite de Fluencia del Acero (f_y): : 4200 kg/cm²
- Peso Unitario del Acero (w_s): : 7.85E-03 kg/cm³
- Masa : 8.00E-06 kg/cm³
- Modulo de Elasticidad (E_s): : 2,000,000.00 kg/cm²
- Poisson: : 0.20

Gráfico N°3 Asignación de propiedades de acero 4200 kg/cm² en modelo

2. CARGAS

Se define para el presente cargas de pavimento, acera, barandas, acción de frenado, cargas de acción sísmica y cargas móviles.

PAVIMENTO

Peso Unitario pavimento	:	2250 kg/m ³
Espesor pavimento	:	0.01 m
Carga por acción del pavimento	:	22.5 kg/m ²

Gráfico N°4 Ilustración de configuración de carga por acción del asfalto.

ACERA

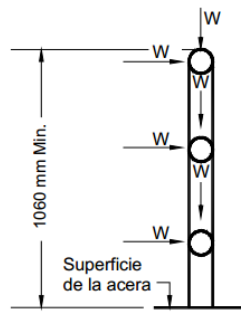
Peso Unitario Concreto	:	2320 kg/m ³
Espesor acera	:	0.15 m
Carga por acción de la acera	:	348 kg/m ²

Gráfico N°5 Ilustración de configuración de carga por acción de la acera.

Bridge Area Load Distribution Definition Data	
Load Name	ACE-DER
Units	Kgf, m, C
Load Direction	
Load Type	Force
Coordinate System	GLOBAL
Direction	Gravity
Load Value	
Left Edge Value	348.
Right Edge Value	348.
Load Transverse Location	
Left Reference Location	Right Edge of Deck
Left Load Distance from Left Ref. Location	0.8
Right Reference Location	Right Edge of Deck
Right Load Distance from Right Ref. Location	0.
Load Vertical Location	
Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion	

BARANDAS

De acuerdo a las especificaciones AASTHO LRFD 2007, sección 13, ítem 13.8.2 (pág. 13-11):



$$W = 0.73 \text{ N/mm} = 74 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{baranda}} = 74 \times 3 = 222 \text{ kg/m}$$

Gráfico N°6 Ilustración de configuración de carga por acción de barandas.

Bridge Line Load Distribution Definition Data	
Load Name	DEF-IZQ
Units	Kgf, m, C
Load Direction	
Load Type	Force
Coordinate System	GLOBAL
Direction	Gravity
Load Value	
Value	222
Load Transverse Location	
Reference Location	Left Edge of Deck
Load Distance from Reference Location	0.13
Load Vertical Location	
Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion	

FUERZA DE FRENADO

Esta fuerza resulta de máximo de siguientes consideraciones AASHTO LRFD 2007, sección 3, ítem 3.6.4:

- i. 25% del camión de diseño:

$$F_F = 0.25 (3500 + 14500 + 14500) = \mathbf{8125 \text{ kg}}$$

- ii. 25% del tándem:

$$F_F = 0.25 (11000 + 11000) = \mathbf{5500 \text{ kg}}$$

- iii. 5% del camión de diseño del carril de carga:

$$F_F = 0.05 [(3500 + 14500 + 14500) + 50 \times 970] = \mathbf{4050 \text{ kg}}$$

- iv. 5% del tándem del carril de carga:

$$F_F = 0.05 [(11000 + 11000) + 50 \times 970] = \mathbf{3525 \text{ kg}}$$

Después se calcula la fuerza de frenado neto:

$$F_{F \text{ neto}} = F_F \times \# \text{ Carriles} \times m = 8125 \text{ kg} \times 2 \times 1 = \mathbf{16250 \text{ kg}}$$

Tabla a-1: Factor de presencia múltiple (m)

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, m
1	1,20
2	1,00
3	0,85
> 3	0,65

Fuente: Tabla 3.6.1.1.2-1 (AASHTO-LRFD, 2007)

Gráfico N°7 Ilustración de configuración de carga por acción de frenado.

The image shows a software dialog box titled "Bridge Point Load Distribution Definition Data". It contains several input fields and dropdown menus for defining a load. The "Load Name" field is set to "FREN-DER". The "Units" dropdown is set to "Kgf, m, C". Under "Load Direction", "Load Type" is "Force", "Coordinate System" is "GLOBAL", and "Direction" is "X". The "Load Value" field is set to "16250.". Under "Load Transverse Location", "Reference Location" is "Right Edge of Deck" and "Load Distance from Reference Location" is "3.3". The "Load Vertical Location" section is checked, with the text "Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion".

VIENTO

a. Presión horizontal del viento:

La velocidad de diseño se ajusta de acuerdo al manual de diseño de puentes (MTC, 2003, p. 61) y a las especificaciones AASHTO LRFD 2007, sección 3, ítem 3.8.1:

$$V_{DZ} = CV_{10} \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \geq V_{10}$$

- V_{DZ}** : 130.99 km/h ... Velocidad de diseño del viento a la elevación Z
C : 0.33 km/h ... Relación 2.5 (V_o/V_B), V_o: Vel. de fricción y V_B: Vel. básica de viento
V₁₀ : 80 km/h ... Velocidad de diseño por encima de 10 m del terreno (Mapa eólico Perú).
Z : 10 m ... Altura de la estructura, debe ser mayor a 10 m.
Z_o : 0.07 m ... Longitud de fricción de barlovento (tabla 3.8.1.1-1 del AASHTO LRFD 2007)

Tabla a-2: Constante C y longitud de fricción de barlovento Z_o

Condición	Pueblos Abiertos	Suburbanos	Ciudad
C (km/h)	0.330	0.380	0.485
Z _o (m)	0.070	0.300	0.800

Fuente: Tabla 2.4.3.10.1-1 (MTC, 2003, p.61)

Así mismo, la presión horizontal del viento, está dado por:

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = P_B \frac{V_{DZ}^2}{25.600}$$

Con la expresión anterior y la tabla a-3, se calcula para presión por barlovento:

- P_D** : 164.08 kg/m² ... Presión de viento de diseño
P_D : 287.14 kg/m ... Fuerza distribuida de viento en viga longitudinal (H=1.75m)
P_B : 0.0024 Mpa ...Tabla 3.8.1.2.1-1 (AASHTO LRFD, 2007, p. 3-43)
V_{DZ} : 130.99 km/h ... Velocidad de diseño del viento a la elevación Z
V_B : 160 km/h ... velocidad básica del viento igual a 160 km/h

De la misma manera, se calcula para presión por sotavento:

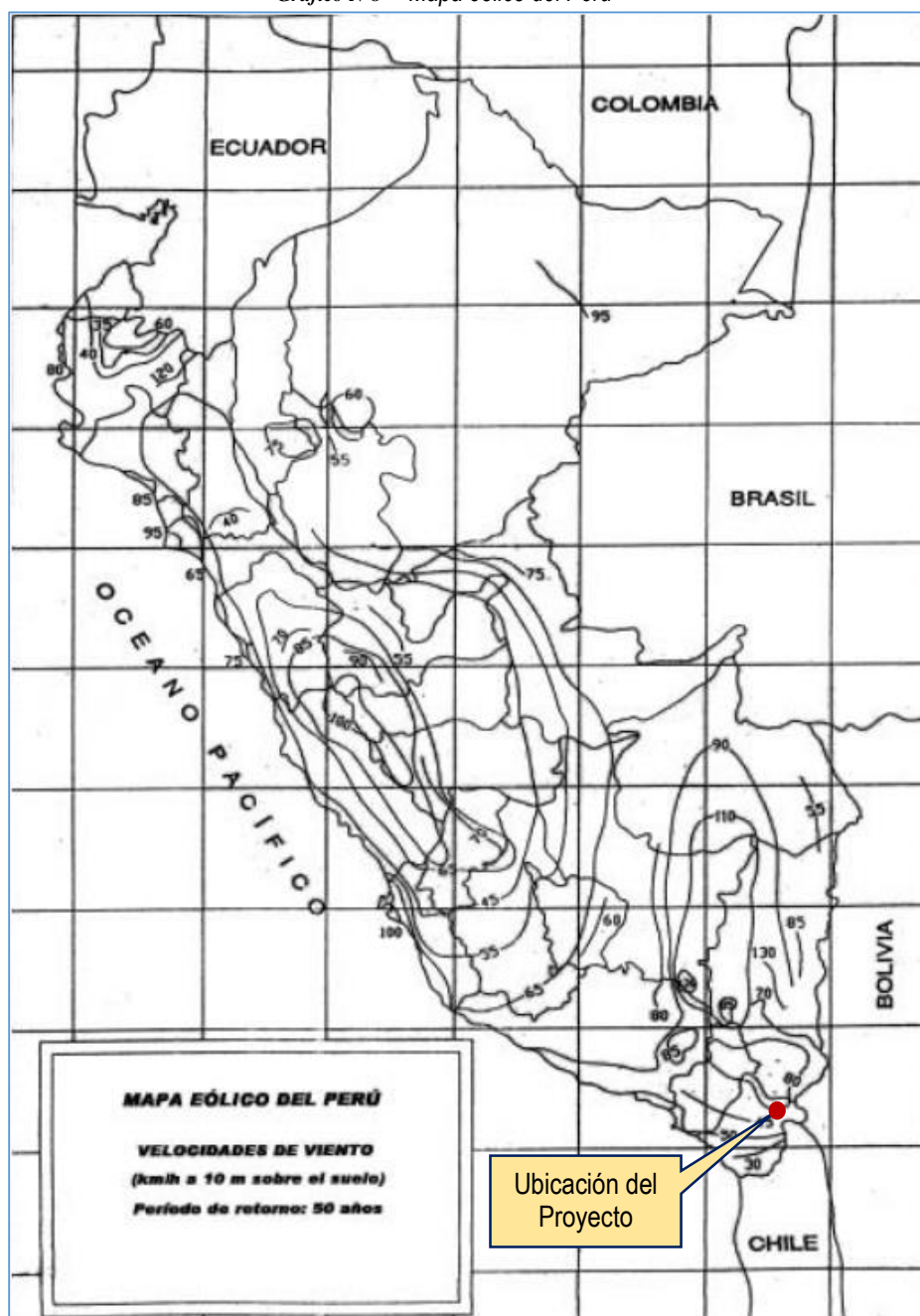
- P_D** : 82.04 kg/m² ... Presión de viento de diseño
P_D : 143.57 kg/m ... Fuerza distribuida de viento en viga longitudinal (H=1.75m)
P_B : 0.0012 Mpa ...Tabla 3.8.1.2.1-1 (AASHTO LRFD, 2007, p. 3-43)
V_{DZ} : 130.99 km/h ... Velocidad de diseño del viento a la elevación Z
V_B : 160 km/h ... velocidad básica del viento igual a 160 km/h

Tabla a-3: Presiones básicas, correspondiente a V_B=160km/h

COMPONENTE DE LA SUPERESTRUCTURA	CARGA A BARLOVENTO, MPa	CARGA A SOTAVENTO, MPa
Reticulados, columnas y arcos	0,0024	0,0012
Vigas	0,0024	NA
Grandes superficies planas	0,0019	NA

Fuente: Tabla 3.8.1.2.1-1 (AASHTO LRFD, 2007, p. 3-43)

Gráfico N°8 Mapa eólico del Perú



Fuente: Norma E.030, Reglamento Nacional de Edificaciones 2006 (pág. 320738)

b. Presión vertical del viento:

La velocidad vertical de diseño (P_{DV}), se calcula de acuerdo a las especificaciones AASHTO LRFD 2007, sección 3, ítem 3.8.2:

$$P_{DV} = 9.6 \times 10^{-4} \text{ Mpa} \times \text{Ancho del tablero}$$

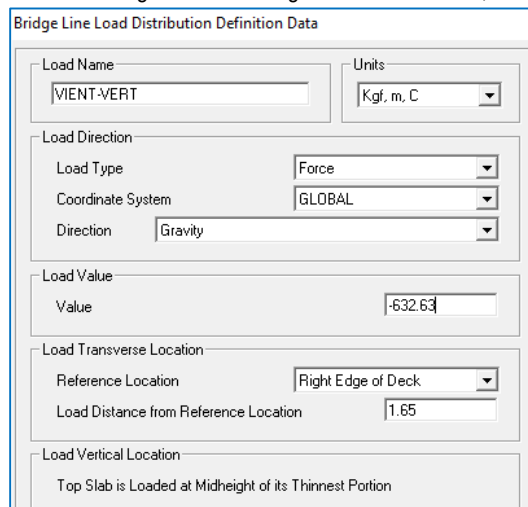
$$P_{DV} = 9.6 \times 10^{-4} \text{ Mpa} \times 6.6 \text{ m}$$

$$P_{DV} = 95.853 \text{ kg/m}^2 \times 6.6 \text{ m}$$

$$P_{DV} = 632.63 \text{ kg/m}$$

Esta fuerza lineal se aplica a un cuarto del ancho del tablero a barlovento (1/4 x 6.6m = 1.65m).

Gráfico N°9 Ilustración de configuración de carga vertical de viento, a ¼ ancho tablero



Bridge Line Load Distribution Definition Data

Load Name: WIENT-VERT Units: Kgf. m. C

Load Direction:
 Load Type: Force
 Coordinate System: GLOBAL
 Direction: Gravity

Load Value:
 Value: -632.63

Load Transverse Location:
 Reference Location: Right Edge of Deck
 Load Distance from Reference Location: 1.65

Load Vertical Location:
 Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion

SISMOS

La fuerza de sismo se calcula de acuerdo al manual de diseño de puentes (MTC, 2003, p. 62-66), como se muestra a continuación:

- a. **Coefficiente de respuesta sísmica elástica C_{sm}** , para el n-ésimo modo de vibración:

$$C_{sm} = \frac{1,2 A S}{T_m^{2/3}} \leq 2,5A$$

Donde:

T_m : Periodo de vibración del "n-ésimo" modo (s).

A: Coeficiente de aceleración

S: Coeficiente de sitio

- b. **Excepciones:**

Para suelos tipo III y IV, y para otros modos distintos al modo fundamental el cual tenga periodos menores a 0.3 s:

$$C_{sm} = A(0,8 + 4,0T_m)$$

Si el periodo de vibración para cualquier modo excede 4.0 s:

$$C_{sm} = \frac{3AS}{T_m^3}$$

- c. **Datos de diseño:**

A = 0.36 (Mapa de isoaceleraciones (MTC, 2003, p.248), Zona 4 con $A \geq 0.29$)

S = 1.2 (Perfil de suelo tipo II, estratos profundo de suelos no cohesivo)

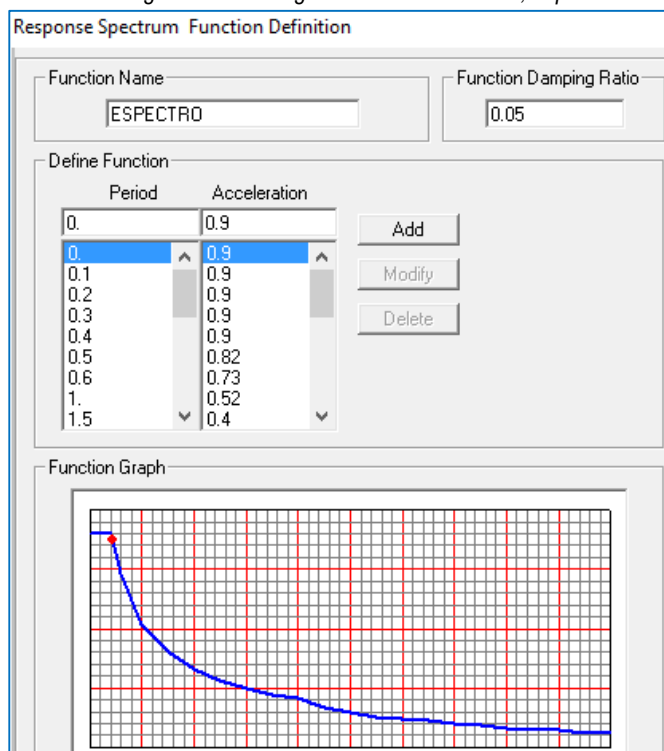
R Subestructuras = 5.0 (Factor de modificación de respuesta, en subestructuras)

R Conexiones = 1.0 (Factor de modificación de respuesta, en conexiones)

Tabla a-4: Cálculo de coeficiente de respuesta sísmica, para diferentes periodos

T_m	C_{sm}
0.00	0.90
0.10	0.90
0.20	0.90
0.30	0.90
0.40	0.90
0.50	0.82
0.60	0.73
1.00	0.52
1.50	0.40
2.00	0.33
2.50	0.28
3.00	0.25
3.50	0.22
4.00	0.21
4.50	0.17
5.00	0.15
5.50	0.13
6.50	0.11
7.00	0.10
7.50	0.09
8.00	0.08
8.50	0.07
9.00	0.07
9.50	0.06
10.00	0.06

Gráfico N°10 Ilustración de configuración de carga de sismo en modelo, espectro de diseño elástico

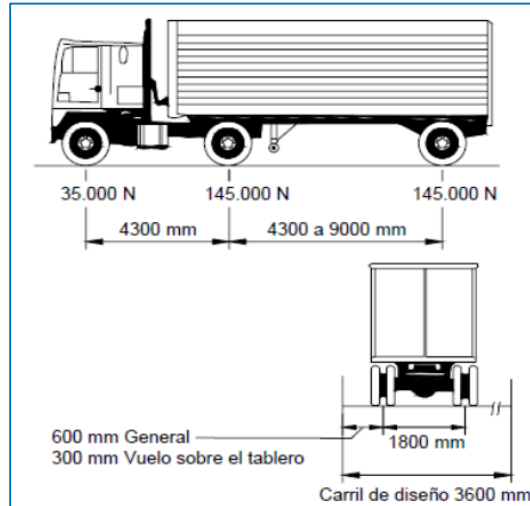


CARGAS MÓVILES

Los vehículos de diseño se definieron siguiendo especificaciones del AASHTO-LRFD 2007.

Camión de diseño HL 93.

Gráfico N°11 Ilustración de configuración de camión diseño AASHTO LRFD, HL-93.



- a. **Efecto tándem:** Combinación definida en el modelo como HL-93M, diseño combinado con el efecto de carga de dos ejes espaciados a 1.20 m más la consideración de amplificación dinámica de 33%.

Gráfico N°12 Ilustración de configuración de camión HL-93M, en modelo

General Vehicle Data

Vehicle name: [HL-93M-1] Units: [Tonf, m, C]

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

Lane Negative Moments at Supports

Interior Vertical Support Forces

All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048

Lane Interior Edge: 0.6096

Length Effects

Axle: [None] [Modify/Show...]

Uniform: [None] [Modify/Show...]

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048	15.0819	Two Points	1.8288
Leading Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048	15.0819	Two Points	1.8288
Fixed Length	1.2192		0.9524	Fixed Width	3.048	15.0819	Two Points	1.8288
Trailing Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048	15.0819	Two Points	1.8288

- b. **Efecto camión diseño con espaciamento variable entre ejes:** combinación definida como HL-93K, la carga entre ejes también esta amplificada al 33%.

Gráfico N°13 Ilustración de configuración de camión HL-93K, en modelo

General Vehicle Data

Vehicle name: HL-93K-1 Units: Kgf, m, C

Floating Axle Loads

For Lane Moments: Value: 0.0, Width Type: One Point, Axle Width: []

For Other Responses: Value: 0.0, Width Type: One Point, Axle Width: []

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

Lane Negative Moments at Supports

Interior Vertical Support Forces

All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048

Lane Interior Edge: 0.6096

Length Effects

Axle: None [Modify/Show...]

Uniform: None [Modify/Show...]

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		952.4	Fixed Width	3.048	4826.2	Two Points	1.8288
Leading Load	Infinite		952.4	Fixed Width	3.048	4826.2	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672	9.144	952.4	Fixed Width	3.048	19304.9	Two Points	1.8288
Variable Length	4.2672		952.4	Fixed Width	3.048	19304.9	Two Points	1.8288
Trailing Load	Infinite		952.4	Fixed Width	3.048			

- c. Efecto de tren de carga combinado con el 90% de efecto de carril de carga: combinación definida como HL-93S, tren de cargas espaciado a distancia mínima de 15m, distancia entre los ejes de 32 kips es 4.27m, para momentos negativos máximos.

Gráfico N°14 Ilustración de configuración de camión HL-93S, en modelo

General Vehicle Data

Vehicle name: HL-93S-1 Units: Kgf, m, C

Floating Axle Loads

For Lane Moments: Value: 0.0, Width Type: One Point, Axle Width: []

For Other Responses: Value: 0.0, Width Type: One Point, Axle Width: []

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

Lane Negative Moments at Supports

Interior Vertical Support Forces

All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048

Lane Interior Edge: 0.6096

Length Effects

Axle: None [Modify/Show...]

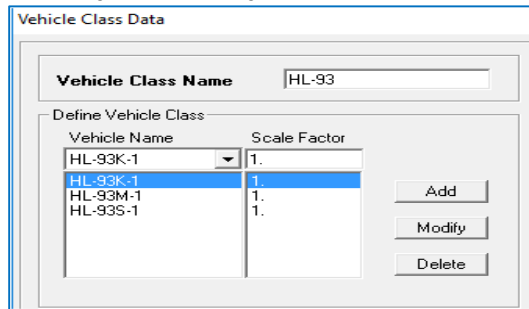
Uniform: None [Modify/Show...]

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		857.2	Fixed Width	3.048	4343.6	Two Points	1.8288
Leading Load	Infinite		857.2	Fixed Width	3.048	4343.6	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672	0. (Infinite)	857.2	Fixed Width	3.048	17374.4	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672		857.2	Fixed Width	3.048	17374.4	Two Points	1.8288
Variable Length	15.24		857.2	Fixed Width	3.048	4343.6	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672		857.2	Fixed Width	3.048	17374.4	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672		857.2	Fixed Width	3.048	17374.4	Two Points	1.8288
Trailing Load	Infinite		857.2	Fixed Width	3.048			

- d. Ensamblaje de carga móvil de diseño: combinación definida como HL-93, resultante del efecto de los vehículos de diseño HL-93M, HL-93K y HL-93S:

Gráfico N°15 Ilustración de configuración de carga móvil de diseño HL-93, en modelo.

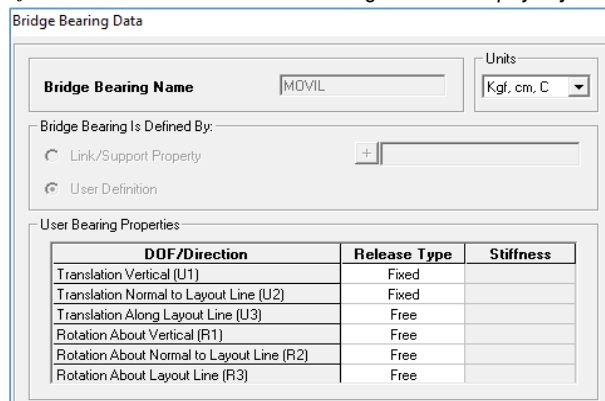


3. CONFIGURACIÓN TRANSVERSAL DEL PUENTE

APOYOS MÓVILES

Apoyos móviles para estribos, en donde solo se permite el desplazamiento en a lo largo de la longitud del puente (x-x).

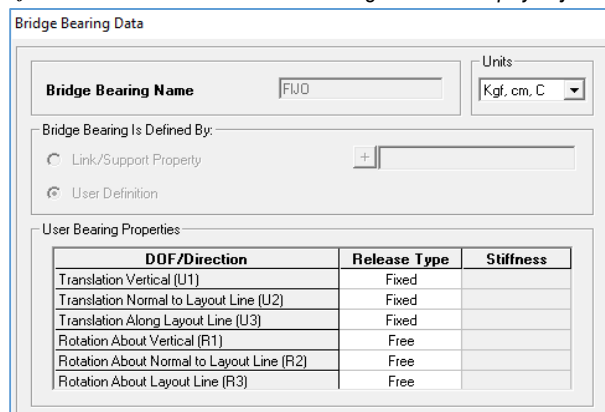
Gráfico N°16 Ilustración de configuración de apoyo fijo en modelo



APOYO FIJO

Apoyos fijo para pilar central, en donde no se permite el desplazamiento en las direcciones longitudinal (x-x), transversal (y-y) y vertical (z-z).

Gráfico N°17 Ilustración de configuración de apoyo fijo en modelo



VIGA DIAFRAGMA

Utilizado para rigidizar la superestructura, asumido un ancho de 40cm.

Gráfico N°18 Ilustración de viga diafragma en modelo.

Bridge Diaphragm Property

Diaphragm Name: V-DIAF-40

Select Diaphragm Type:

- Solid (Applies to Concrete Bridges Only)
- Chord and Brace (Applies to Steel Bridges Only)
- Single Beam (Applies to Steel Bridges Only)

Solid Diaphragm Parameters:

Diaphragm Thickness: 40

VIGA LONGITUDINAL

Se define de la viga longitudinal de dimensión de 40x175cm, con resistencia del concreto de 350 kg/cm².

Gráfico N°19 Ilustración de viga longitudinal en modelo.

Precast Concrete I Girder

Section Name: VIGA_40x175

Set Section Dimensions Based on a Standard Section:

Section Dimensions:

Bulb Tee

B1	40
B2	40
B3	40
B4	0
D1	175
D2	10
D3	5
D4	0
D5	5
D6	10

I Beam

B1	
B2	
B3	
D1	
D2	
D3	
D4	
D5	
D6	

Material: FC_350

Section Properties: Section Properties...

Property Modifiers: Set Modifiers...

Section Notes: Modify/Show Notes...

OK Cancel

SECCIÓN TRANSVERSAL DE SUPERESTRUCTURA

Se asigna las 4 vigas longitudinales configuradas, tablero espesor 15cm de resistencia del concreto 280kg/cm².

Gráfico N°20

Ilustración de configuración de superestructura, sección transversal.

Define Bridge Section Data - Precast Concrete I Girder

Section Data

Item	Value
General Data	
Bridge Section Name	TABLERO-0.15
Slab Material Property	FC_280
Number of Interior Girders	2
Total Width	660.
Girder Longitudinal Layout	Along Layout Line
Constant Girder Spacing	Yes
Constant Girder Haunch Thickness (t2)	Yes
Constant Girder Frame Section	Yes
Slab Thickness	
Top Slab Thickness (t1)	15.
Concrete Haunch Thickness (t2)	0.
Girder Section Properties	
Girder Section	VIGA_40x175
Fillet Horizontal Dimension Data	
f1 Horizontal Dimension	0.
f2 Horizontal Dimension	0.
Left Overhang Data	

Girder Output

Modify/Show Girder Force Output Locations...

Modify/Show Properties

Materials... Frame Sects...

Units: Kgf, cm, C

Section is Legal Do Snap Show Section Details...

OK Cancel

4. CONFIGURACIÓN LONGITUDINAL DEL PUENTE

Se configura longitudes de tramos y ubicación de apoyos.

Gráfico N°21 Ilustración de configuración de superestructura, longitudinalmente.

Bridge Object Data

Bridge Object Name: PuenteVIGATEE | Layout Line Name: ALINEAMIENTO | Coordinate System: GLOBAL | Units: Tonf, m, C

Define Bridge Object Reference Line

Span Label	Station m	Span Type
Estribo 0+000	0	Start Abutment
Estribo 0+025	25	Full Span to End Bent
Estribo 0+050	50	Full Span to End Abutment

Note: 1. Bridge object location is based on bridge section insertion point following specified layout line.

Bridge Object Plan View (X-Y Projection)

Modify/Show Assignments

- Spans
- User Discretization Points
- Abutments
- Bents
- In-Span Hinges (Expansion Jt)
- In-Span Cross Diaphragms
- Super-elevation
- Pileless Tendons
- Girder Rebar
- Staged Construction Groups
- Point Load Assigns
- Line Load Assigns

Modify/Show...

OK Cancel

Gráfico N°22 Ilustración de configuración de apoyos móviles, estribos.

Gráfico N°23 Ilustración de configuración de apoyo fijo, pilar.

5. ASIGNACIÓN DE CARGAS

Se asigna las cargas definidas en el ítem 2, como se ilustra a continuación:

Gráfico N°24 Asignación de cargas puntuales, cargas de frenado.

Point Load Assignments - PuenteVIGATEE

Load Pattern	Load Distribution	Start Station	Spacing	Number	Transverse Variation
FREN	FREN-DEP	25	8	1	None
FREN	FREN-IZQ	25	8	1	None

Buttons: Add New, Add Copy, Delete, Up, Down, Load Patterns, Load Distributions, Variations. Units: Tonf. m. C

Gráfico N°25 Ilustración de carga de frenado en modelo

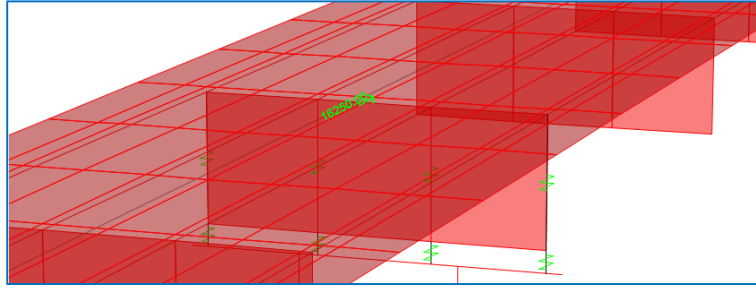


Gráfico N°26 Asignación de cargas lineales, cargas de viento y de barandas.

Line Load Assignments - PuenTeVIGATEE

Line Load Data

Load Pattern	Load Distribution	Start Station	End Station	Transverse Variation
		m	m	
DEF-AC	DEF-120	0.	50.	None
DEF-AC	DEF-DER	0.	50.	None
VIENTO	VIENT-VERT	0.	50.	None

Tonf, m, C

Gráfico N°27 Ilustración de carga horizontal de viento en modelo

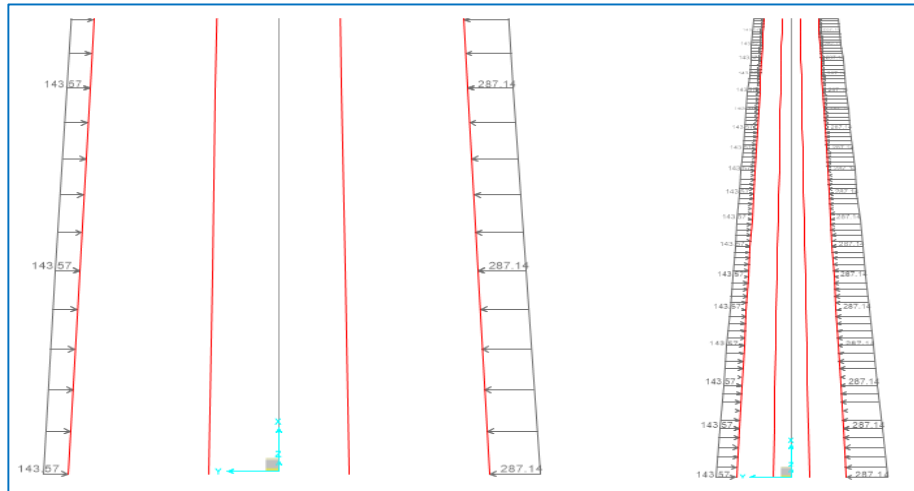


Gráfico N°28 Ilustración de carga vertical de viento en modelo

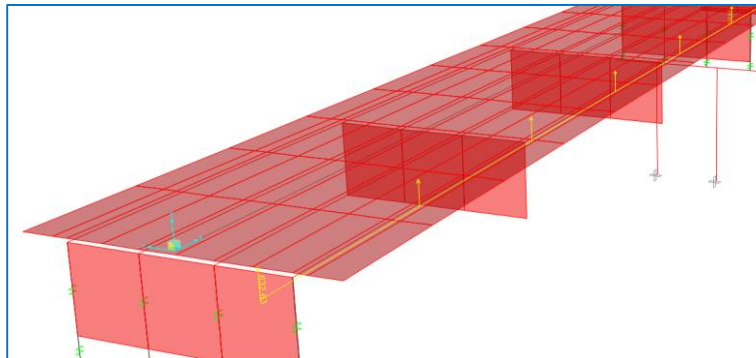


Gráfico N°29 Asignación de cargas de área, cargas de asfalto y de acera.

Area Load Assignments - PuenteVIGATEE

Area Load Data

Load Pattern	Load Distribution	Start Station m	End Station m	Left Edge Variation	Right Edge Variation
ASF	PAV BASICO	0.	50.	None	None
DEF-AC	ACE-DER	0.	50.	None	None
DEF-AC	ACE-IZQ	0.	50.	None	None
PEAT	PEAT-DER	0.	50.	None	None
PEAT	PEAT-IZQ	0.	50.	None	None

Tonf., m, C

Gráfico N°30 Ilustración de carga de asfalto en modelo

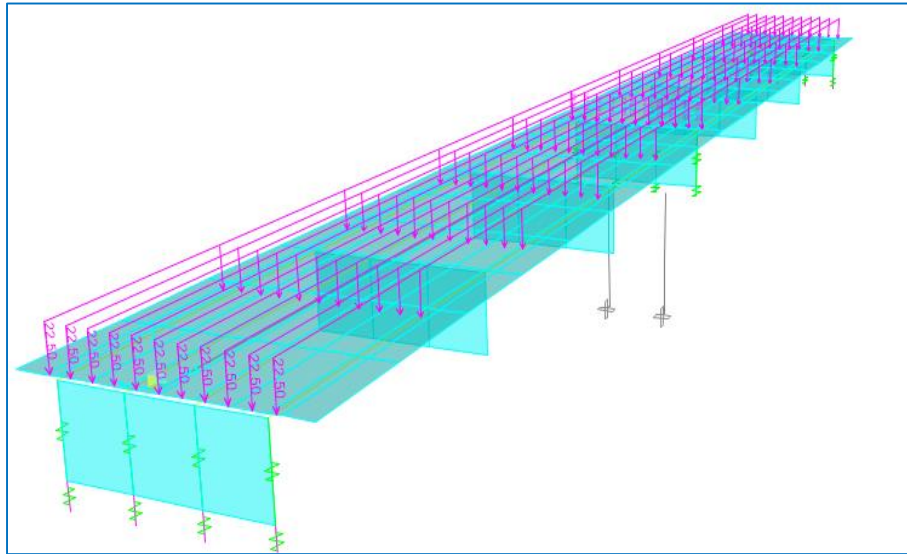


Gráfico N°31 Ilustración de carga de aceras en modelo

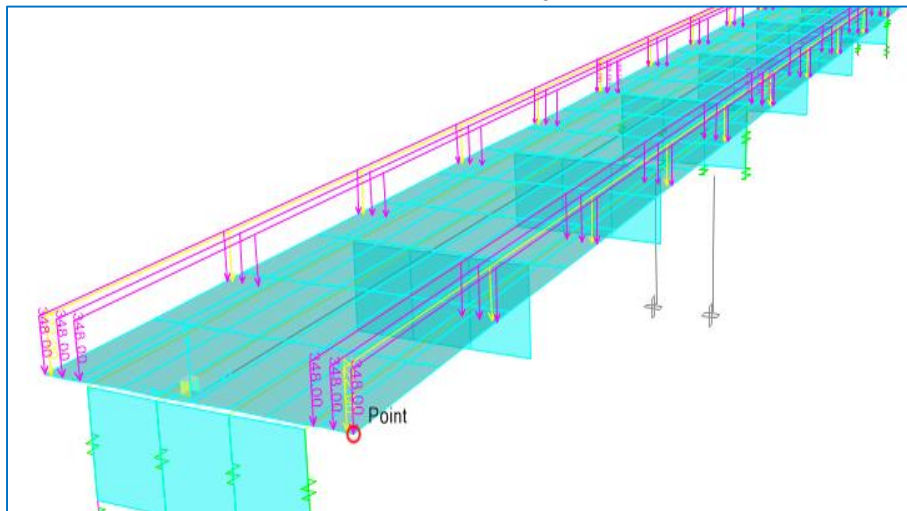


Gráfico N°32 Cargas sísmicas en dirección X-X

Load Case Name: Sx

Modal Combination: CQC (GMC I1: 1.0, GMC I2: 0.0)

Directional Combination: SRSS

Modal Load Case: MODAL

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	ESPECTRO	3.81

Gráfico N°33 Cargas sísmicas en dirección Y-Y

Load Case Name: Sy

Modal Combination: CQC (GMC I1: 1.0, GMC I2: 0.0)

Directional Combination: SRSS

Modal Load Case: MODAL

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	ESPECTRO	3.81

6. COMBINACIÓN DE CARGAS

Los esfuerzos máximos/mínimos se obtienen a partir de las combinaciones de carga muerta (DL), viva (LL), viento (WL), y por efectos de sismo (EQ), etc. Luego de la combinación de dichos esfuerzos: axiales, cortantes, flexión, y torsión; de los cuales se busca los valores críticos, para realizar el diseño de todos los elementos.

De acuerdo a la norma AASHTO LRFD 2007, sección 3, ítem 3.4, los elementos del puente se diseñarán para estados límite de resistencia y de evento extremo.

Gráfico N°34 Configuración de combinación de cargas para resistencia ultima V, y evento extremo I en modelo

Limit States for which User Defined Load Combinations are to be Generated

Select Limit States:

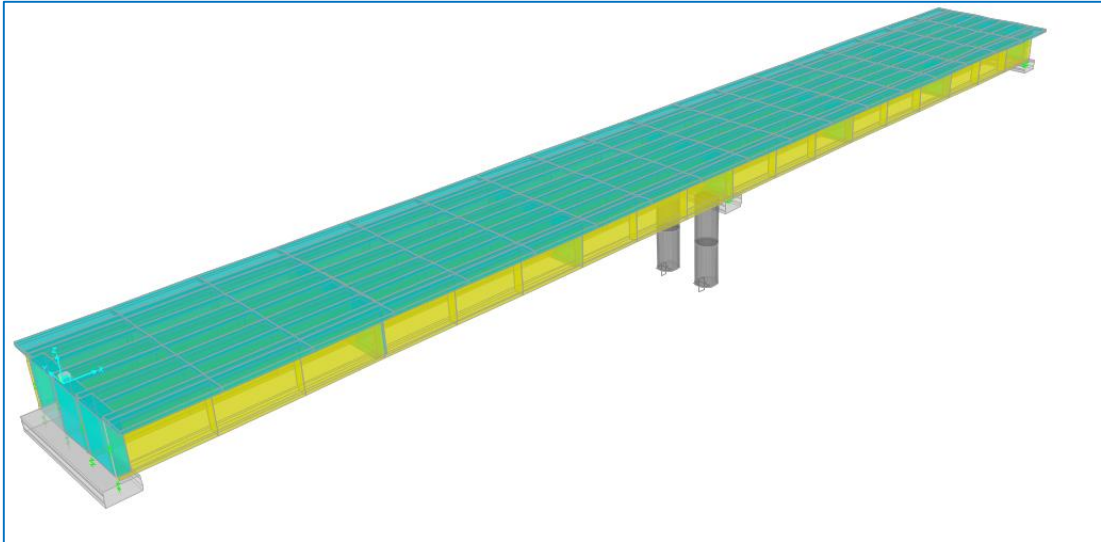
- Strength I
- Strength II
- Strength III
- Strength IV
- Strength V
- Service I
- Service II
- Service III
- Service IV
- Extreme Event I
- Extreme Event II
- Fatigue

Load Factors for Permanent and Transient Loads

Set Load Factors for Permanent and Transient Loads

7. MODELO TRIDIMENSIONAL IDEALIZADO

Gráfico N°35 Isométrico 3D Modelo



8. VERIFICACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS PERMISIBLES

Las especificaciones AASHTO LRFD 2007 (pág. 2-13) recomienda:

- Carga vehicular, general..... Longitud/800,
- Cargas vehiculares y/o peatonales..... Longitud/1000,
- Carga vehicular sobre voladizos..... Longitud/300, y
- Cargas vehiculares y/o peatonales sobre voladizos ..
..... Longitud/375

Para el proyecto se adapta para carga vehicular general, de donde:

$$\text{Deformación máx} = \text{Longitud}/800$$

$$\text{Deformación máx} = 25\text{m}/800 = 0.0313 \text{ m}$$

$$\text{Deformación máx} = 25\text{m}/800 = 3.13 \text{ cm}$$

Gráfico N°36 Ilustración gráfica de deformaciones producidas en modelo, combinación por resistencia V.

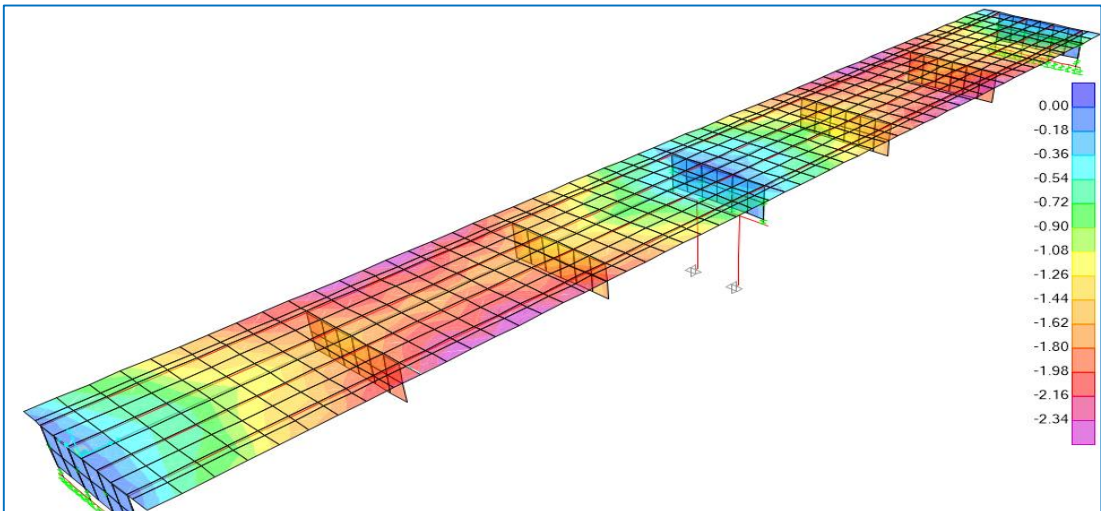
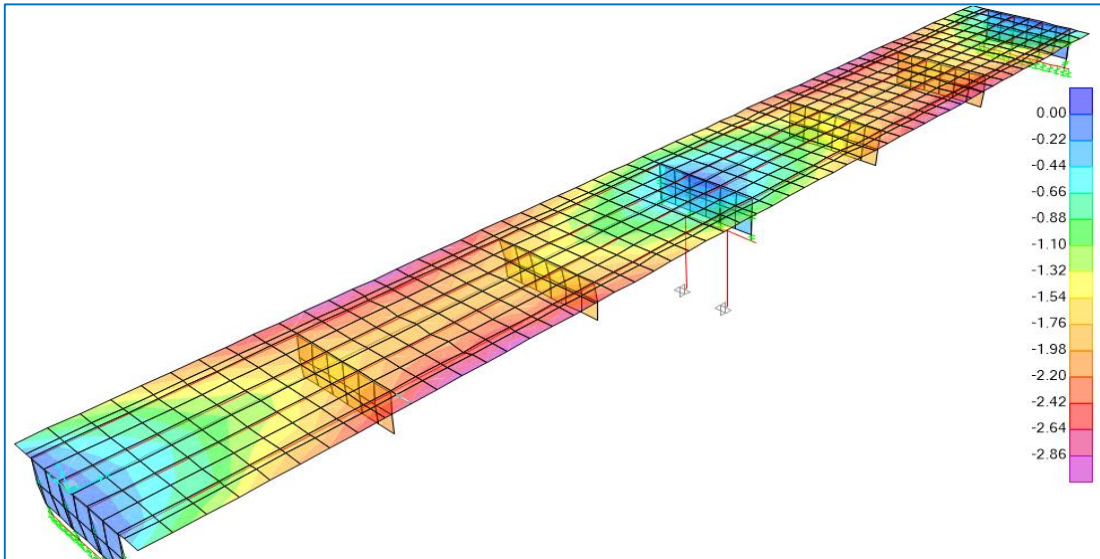


Gráfico N°37 Ilustración gráfica de deformaciones producidas en modelo, combinación por eventos extremos.

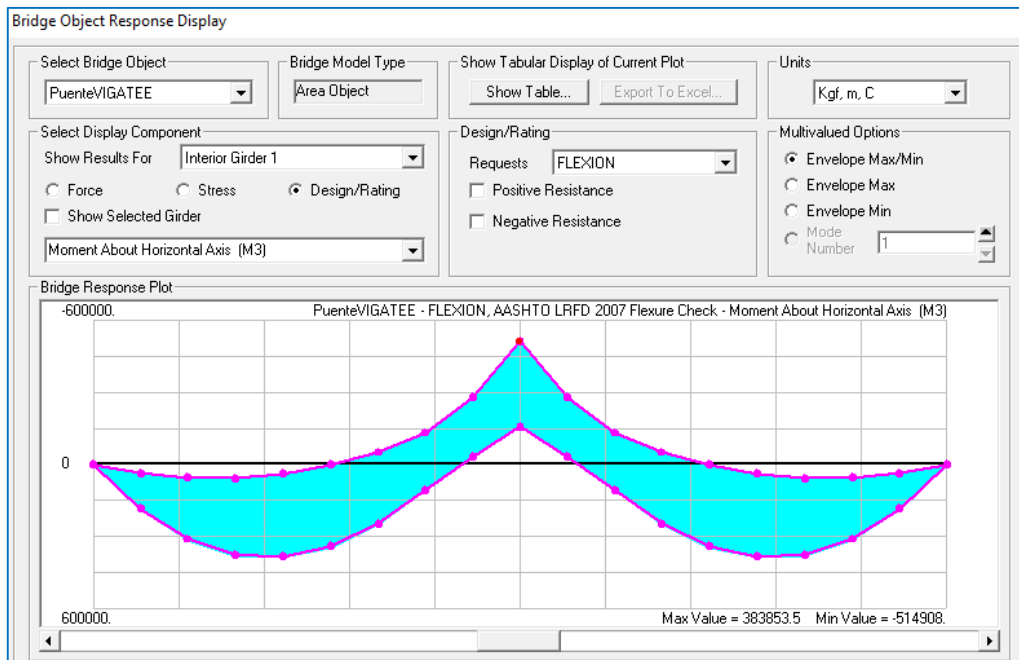


De acuerdo al Gráfico N°36 y Gráfico N°37 , se observa que las deformaciones son menores a 3.13 cm, por lo tanto CUMPLE con respecto a deflexiones máximas.

9. CÁLCULO ACERO VIGA LONGITUDINAL

MOMENTOS ÚLTIMOS (ENVOLVENTE RESISTENCIA ÚLTIMA)

Gráfico N°38 Envolvente para momentos máximos y mínimos, en viga longitudinal (interior).



- Viga Interior (Crítico)
 - $M_{\text{máx. (+)}} = 383.854 \text{ tn.m}$
 - $M_{\text{mín. (-)}} = 514.908 \text{ tn.m}$

CÁLCULO DE ACERO

DATOS DE DISEÑO:

$f_y =$	4200	kg/cm ²
$f_c =$	350	kg/cm ²
$\Phi =$	0.9	
$b =$	40	cm
$h =$	190	cm
$rec =$	5	cm
$As\ mín =$	24.67	cm ²

CÁLCULO DE ACERO REQUERIDO

Descripción	M_u (tn.m)	M_u (kg.cm)	M_{uc} (kg.cm)	r' (cm)	ζ Req. As Compresión ?	a (tanteo)	As Req. (cm ²)	a (cálculo)
As Refuerzo Superior [M (-)]	514.91	51,490,800.00	94,749,737.12	16.00	No	30.26	85.74	30.26
As refuerzo Inferior [M (+)]	383.85	38,385,400.00	96,940,410.13	14.00	No	21.7	61.49	21.70

NÚMERO DE VARILLAS DE ACERO

Descripción	M_u (tn.m)	As Req. (cm ²)	Número Aceros		As Adap. (cm ²)	Observación
			1 pulg.	3/4 pulg.		
As Refuerzo Superior [M (-)]	519.10	85.74	18	0	91.21	Cumple
As refuerzo Inferior [M (+)]	386.22	61.49	14	0	70.94	Cumple
As mínimo (Contorno)		24.67	6	0	30.40	Cumple

10. CÁLCULO ACERO VIGA DIAFRAGMA (EN APOYOS)

Gráfico N°39 Envoltura Resistencia V, para momentos máximos M(-), en viga diafragma sobre apoyo fijo.

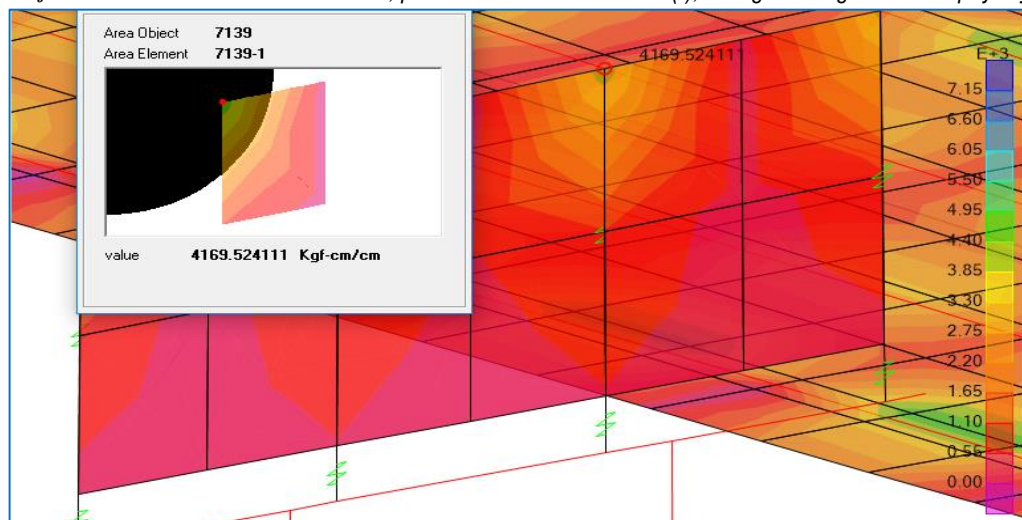
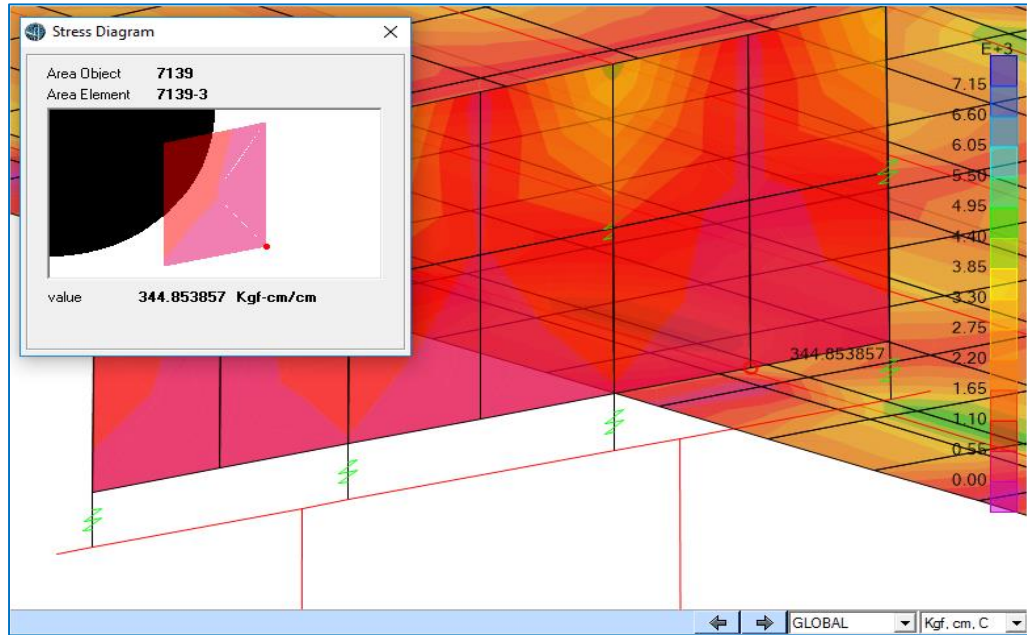


Gráfico N°40 Envolvente Resistencia V, para momentos máximos M(+), en viga diafragma entre apoyos.



DATOS DE DISEÑO:

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi = 0.9$
 $b = 40 \text{ cm}$
 $h = 130 \text{ cm}$
 $rec = 5 \text{ cm}$
 $As_{min} = 16.67 \text{ cm}^2$

CÁLCULO DE ACERO REQUERIDO

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	M_u (kg.cm)	M_{uc} (kg.cm)	r' (cm)	¿Req. As Compresión ?	a (tanteo)	As Req. (cm ²)	a (cálculo)
As Refuerzo Superior [M (-)]	4,169.52	792,209.56	105,953,464.79	6.00	No	0.4	1.14	0.40
As refuerzo Inferior [M (+)]	344.85	65,522.24	105,953,464.79	6.00	No	0.03	0.09	0.03

NÚMERO DE VARILLAS DE ACERO

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	As Req. (cm ²)	Número Aceros		As Adap. (cm ²)	Observación
			1 pulg.	3/4 pulg.		
As Refuerzo Superior [M (-)]	4,169.52	1.14	0	5	14.25	Acero mínimo
As refuerzo Inferior [M (+)]	344.85	0.09	0	5	14.25	Acero mínimo
As mínimo (Contorno)		16.67	0	10	28.50	OK...!

11. CÁLCULO ACERO VIGA DIAFRAGMA (ENTRE APOYOS)

Gráfico N°41 Envolvente Resistencia V, para momentos máximos M(-), en viga diafragma sobre apoyo fijo.

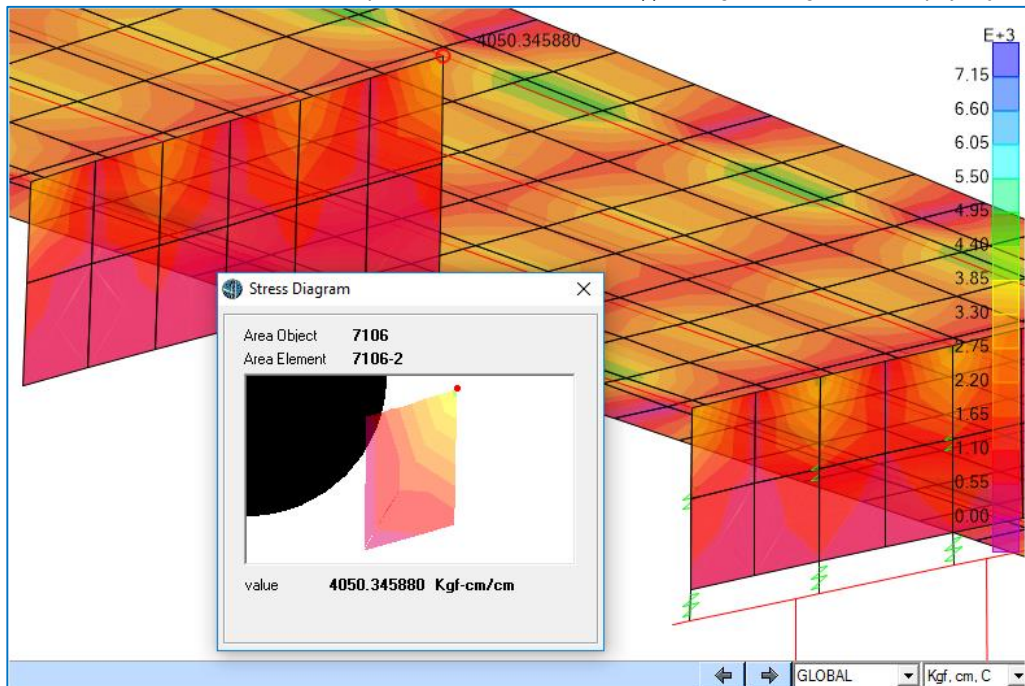
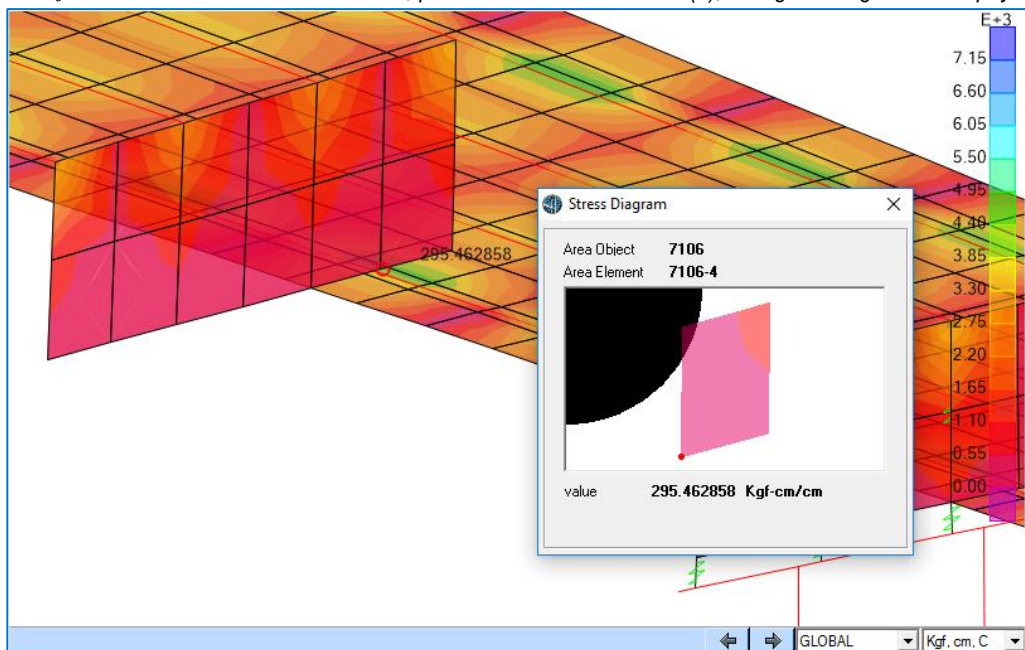


Gráfico N°42 Envolvente Resistencia V, para momentos máximos M(+), en viga diafragma entre apoyos.



DATOS DE DISEÑO:

$$\begin{aligned} f_y &= 4200 && \text{kg/cm}^2 \\ f_c &= 350 && \text{kg/cm}^2 \\ \phi &= 0.9 \end{aligned}$$

$b = 40 \text{ cm}$
 $h = 130 \text{ cm}$
 $rec = 5 \text{ cm}$
 $As_{min} = 16.67 \text{ cm}^2$

CÁLCULO DE ACERO REQUERIDO

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	M_u (kg.cm)	M_{uc} (kg.cm)	r' (cm)	¿Req. As Compresión ?	a (tanteo)	As Req. (cm ²)	a (cálculo)
As Refuerzo Superior [M (-)]	4,050.35	769,566.50	105,953,464.79	6.00	No	0.39	1.11	0.39
As refuerzo Inferior [M (+)]	295.46	56,137.40	105,953,464.79	6.00	No	0.03	0.08	0.03

NÚMERO DE VARILLAS DE ACERO

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	As Req. (cm ²)	Número Aceros		As Adap. (cm ²)	Observación
			1 pulg.	3/4 pulg.		
As Refuerzo Superior [M (-)]	4,050.35	1.11	0	5	14.25	Acero mínimo
As refuerzo Inferior [M (+)]	295.46	0.08	0	5	14.25	Acero mínimo
As mínimo (Contorno)		16.67	0	10	28.50	OK...!

12. CÁLCULO ACERO LOSA E=15cm

Gráfico N°43 Envoltura Resistencia V, para momentos máximos M (-), Losa dirección x-x.

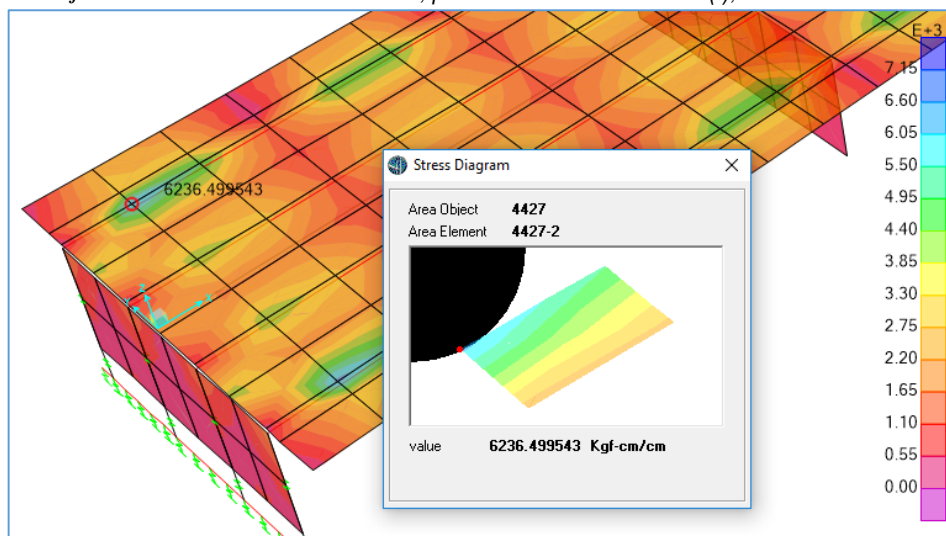


Gráfico N°44 Envolverte Resistencia V, para momentos máximos M (+), Losa dirección x-x.

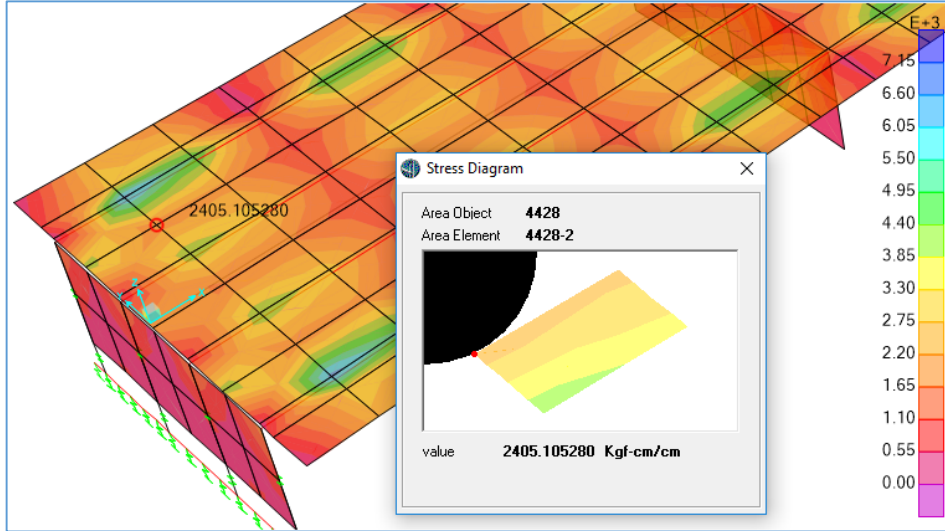


Gráfico N°45 Envolverte Resistencia V, para momentos máximos M (-), Losa dirección y-y.

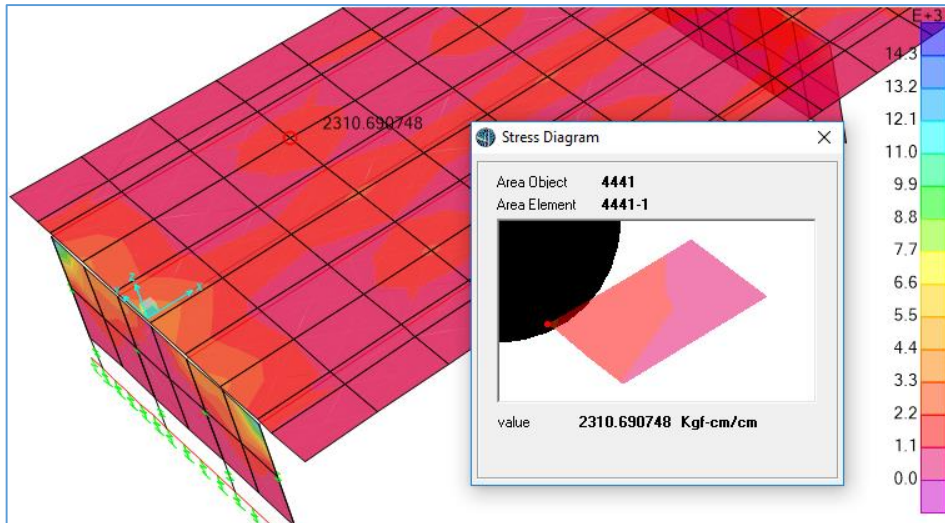
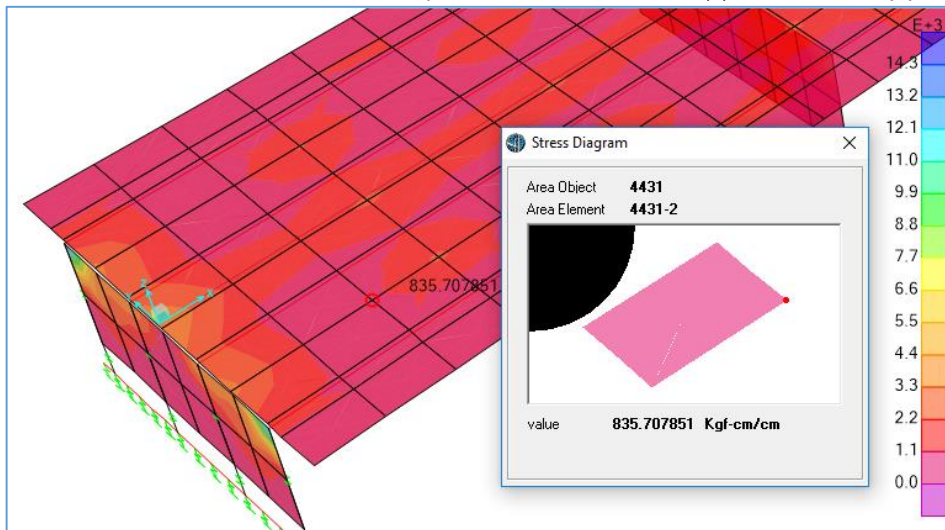


Gráfico N°46 Envolverte Resistencia V, para momentos máximos M (+), Losa dirección y-y.



DATOS DE DISEÑO:

$f_y =$	4200	kg/cm ²
$f_c =$	350	kg/cm ²
$\phi =$	0.9	
$b =$	100	cm
$h =$	15	cm
$rec =$	4	cm
As mín =	3.67	cm ²

CÁLCULO DE ACERO REQUERIDO

Descripción	Mu (kg.cm /cm)	Mu (kg.cm)	Muc (kg.cm)	r' (cm)	a (tanteo)	As Req. (cm ²)	a (cálculo)
As Refuerzo Superior [x-x]	6,236.50	623,649.95	782,383.22	5.00	2.69	19.06	2.69
As Refuerzo Inferior [x-x]	2,405.11	240,510.52	782,383.22	5.00	0.94	6.68	0.94
As Refuerzo Superior [y-y]	2,310.69	231,069.07	782,383.22	5.00	0.9	6.40	0.90
As Refuerzo Inferior [y-y]	835.71	83,570.79	782,383.22	5.00	0.32	2.25	0.32

NÚMERO DE VARILLAS DE ACERO (Para 100 cm)

Descripción	Mu (kg.cm /cm)	As Req. (cm ²)	Número Aceros		As Adap. (cm ²)	Observación
			1 pulg.	5/8 pulg.		
As Refuerzo Superior [x-x]	6,236.50	19.06	5	0	25.34	Cumple @ 0.20m
As Refuerzo Inferior [x-x]	2,405.11	6.68	0	4	7.92	Cumple @ 0.25m
As Refuerzo Superior [y-y]	2,310.69	6.40	0	4	7.92	Cumple @ 0.25m
As Refuerzo Inferior [y-y]	835.71	2.25	0	4	7.92	Cumple @ 0.25m
As mínimo (Contorno)		3.67	0	2	3.96	Cumple

DISEÑO ESTRUCTURAL DE SUBESTRUCTURA PARA PUENTE DE CONCRETO

ARMADO

1. DATOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Uso : Puente vehicular y peatonal.
Luz de diseño : 50 m.
Nro. de tramos : 2 tramos de 25m.
Resistencia del concreto en Estribos : 280 kg/cm²
Resistencia del concreto en Pilar : 280 kg/cm²
Resistencia a la fluencia del acero : 4200 kg/cm²

1.2. NORMAS EMPLEADAS

Se sigue las disposiciones de las Normas Nacionales e Internacionales descritos a continuación:

- ✓ Manual de diseño de puentes (MTC, 2003).
- ✓ Especificaciones AASHTO para el diseño de puentes por el método LRFD 2007.

1.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para determinar los momentos últimos y esfuerzos cortantes de la superestructura se utiliza el software SAP2000 v15.

1.4. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES ADAPTADOS

CONCRETO 280 kg/cm²:

- Resistencia de diseño del Concreto (f_c): : 280.00 kg/cm²
- Peso Unitario del Concreto Armado (w): : 2.40E-03 kg/cm³
- Masa : 2.45E-06 kg/cm³
- Modulo de Elasticidad (E_c): : 248860.443 kg/cm²
- Poisson: : 0.20

Gráfico N°1 Asignación de propiedades de concreto 280 kg/cm² en modelo

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a material named 'FC_280'. The 'Material Type' is set to 'Concrete'. The 'Weight and Mass' section shows 'Weight per Unit Volume' as 2.400E-03 and 'Mass per Unit Volume' as 2.447E-06. The 'Units' are set to 'Kgf, cm, C'. The 'Isotropic Property Data' section shows 'Modulus of Elasticity, E' as 248860.44, 'Poisson's Ratio, U' as 0.2, 'Coefficient of Thermal Expansion, A' as 9.900E-06, and 'Shear Modulus, G' as 103691.85. The 'Other Properties for Concrete Materials' section shows 'Specified Concrete Compressive Strength, f_c' as 280.

ACERO 4200 kg/cm²:

- Limite de Fluencia del Acero (f_y): : 4200 kg/cm²
- Peso Unitario del Acero (w_s): : 7.85E-03 kg/cm³
- Masa : 8.00E-06 kg/cm³
- Modulo de Elasticidad (E_s): : 2,000,000.00 kg/cm²
- Poisson: : 0.20

Gráfico N°2

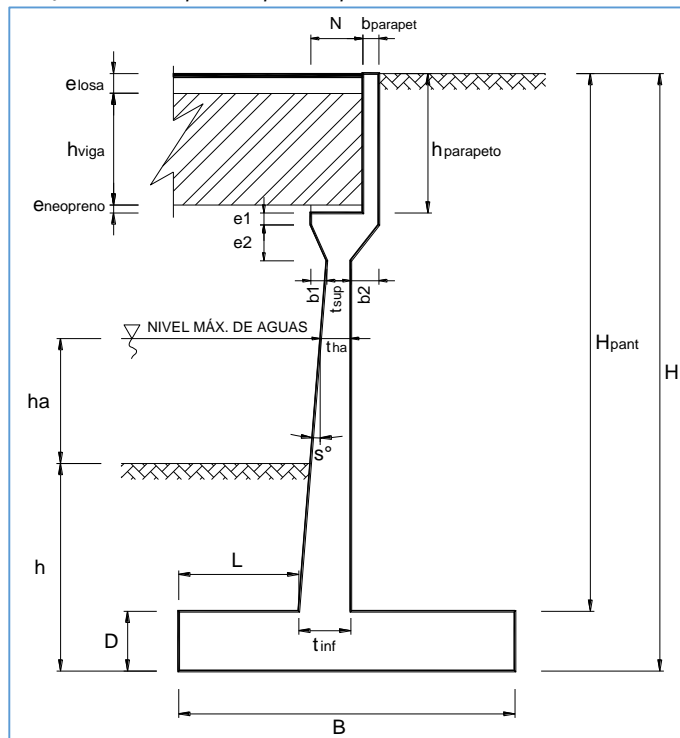
Asignación de propiedades de acero 4200 kg/cm² en modelo

Material Property Data	
General Data	
Material Name and Display Color	As_Grado60
Material Type	Steel
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	7.850E-03
Mass per Unit Volume	8.005E-06
Units	
	Kgf. cm. C
Isotropic Property Data	
Modulus of Elasticity, E	2000000.
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	833333.3
Other Properties for Steel Materials	
Minimum Yield Stress, Fy	4200.

2. CÁLCULO ACERO EN ESTRIBOS

2.1. DIMENSIONAMIENTO DE ESTRIBO

Gráfico N°3 Esquema típico de predimensionado de estribos



a. Dimensionado de estribo izquierdo:

Tabla b-1: Cálculo de dimensiones de estribo izquierdo

DIMENSIÓN	CALCULADO	REDONDEADO	OBSERVACIÓN
H	9.20 m	9.20 m	Dato
h	4.03 m	4.03 m	Dato
B=0.6H	5.52 m	7.00 m	Criterio
D=0.1H	0.92 m	1.00 m	Criterio
$t_{sup}=H/24$	0.38 m	0.40 m	Valor mínimo
$t_{inf}=0.1H$	0.92 m	1.00 m	Criterio
L=B/3	1.84 m	1.50 m	Criterio
e _{losa}	0.15 m	0.15 m	Dato
h _{viga}	1.75 m	1.75 m	Dato
e _{neopreno}	0.05 m	0.05 m	Dato
h _{parapeto}	1.95 m	1.95 m	e _{losa} +h _{viga} +e _{neopreno}
b _{parapeto}	0.20 m	0.20 m	Asumido
e ₁	0.15 m	0.15 m	Asumido
e ₂	0.45 m	0.45 m	Asumido
b ₁	0.20 m	0.20 m	Asumido
b ₂	0.20 m	0.20 m	Asumido
s°	6.46°	6.46°	Calculado
N _{mínimo}	0.24 m	--	Según Norma MTC
N	0.58 m	0.60 m	Calculado
h _a	1.30 m	1.30 m	Dato
t _{ha}	0.51 m	0.51 m	Calculado
H _{pant}	8.20 m	8.20 m	Calculado

b. Dimensionado de estribo derecho:

Tabla b-2: Cálculo de dimensiones de estribo izquierdo

DIMENSIÓN	CALCULADO	REDONDEADO	OBSERVACIÓN
H	10.30 m	10.30 m	Dato
h	4.03 m	4.03 m	Dato
B=0.6H	6.18 m	7.60 m	Criterio
D=0.1H	1.03 m	1.00 m	Criterio
$t_{sup}=H/24$	0.43 m	0.40 m	Valor mínimo
$t_{inf}=0.1H$	1.03 m	1.00 m	Criterio
L=B/3	2.06 m	1.50 m	Criterio
e _{losa}	0.15 m	0.15 m	Dato
h _{viga}	1.75 m	1.75 m	Dato
e _{neopreno}	0.05 m	0.05 m	Dato
h _{parapeto}	1.95 m	1.95 m	e _{losa} +h _{viga} +e _{neopreno}
b _{parapeto}	0.20 m	0.20 m	Asumido
e ₁	0.15 m	0.15 m	Asumido
e ₂	0.45 m	0.45 m	Asumido
b ₁	0.20 m	0.20 m	Asumido
b ₂	0.20 m	0.20 m	Asumido
s°	4.98°	4.98°	Calculado
N _{mínimo}	0.24 m	--	Según Norma MTC
N	0.63 m	0.60 m	Calculado
h _a	1.30 m	1.30 m	Dato
t _{ha}	0.62 m	0.62 m	Calculado
H _{pant}	9.30 m	9.30 m	Calculado

2.2. CARGAS EN ESTRIBOS

Se define para el presente cargas resultantes propios de la superestructura (del modelo CSI BRIDGE), además se considera cargas de empuje vertical sobre la subestructura.

REACCIONES RESULTANTES EN ESTRIBOS

Área de contacto subestructura:

Ancho :	0.50 m
Longitud :	6.60 m
Área:	3.30 m²

Cálculo de cargas distribuidas para estribo:

Tabla b-3: Reacciones resultantes de superestructura

NODO	CARGAS MUERTAS (DD)			CARGA VIVA (LL)	CARGA IMPACTO (IM)
	Peso Propio (DC)	Asfalto (DW)	Acera (DW)	Móvil (HL-93)	33% LL
49	24.43	0.24	3.42	28.45	
50	25.80	0.29	1.30	20.74	
51	25.84	0.29	1.30	20.74	
52	24.48	0.24	3.42	28.46	
TOTAL (tn)	100.55	10.50		98.39	
Carga Distribuida (tn/m²)	33.65			29.81	9.84

Gráfico N°4 Carga muerta asignada en estribo (DD=33.65 tn/m²)

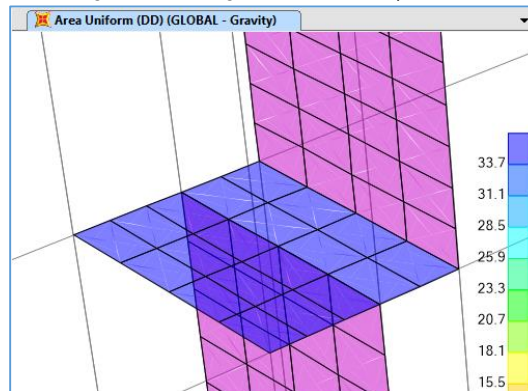


Gráfico N°5 Carga viva asignada en estribo (LL=29.81 tn/m²)

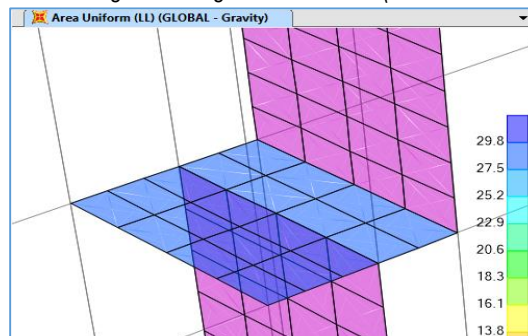
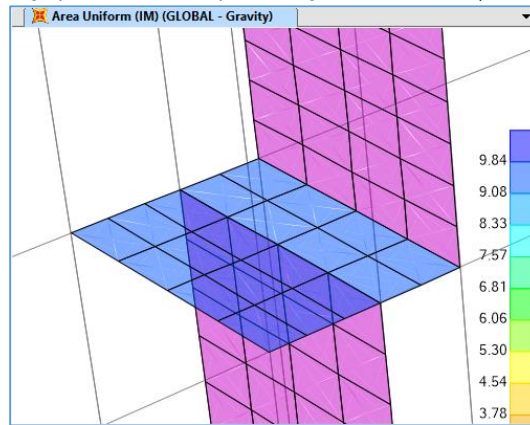


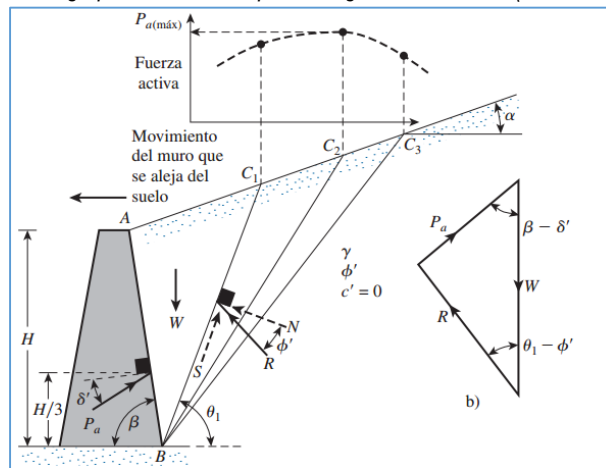
Gráfico N°6 Carga por acción de impacto asignada en estribo (IM=9.84 tn/m2)



FUERZA DE EMPUJE

Datos generales:

Gráfico N°7 Carga por acción de impacto asignada en estribo (IM=9.84 tn/m2)



- $\delta = 21.80^\circ$ (ángulo de fricción entre el suelo y el muro)
- $\alpha = 0^\circ$ (Ángulo del relleno con respecto a la horizontal)
- $\beta = 90^\circ$ (Ángulo entre la cara posterior del muro con respecto a la horizontal)
- $\Phi = 32.7^\circ$ (Ángulo de fricción interna del suelo)
- $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$ (Peso unitario del relleno)
- $K_a = 0.268$ (Coeficiente de presión activa de tierra de Coulomb)

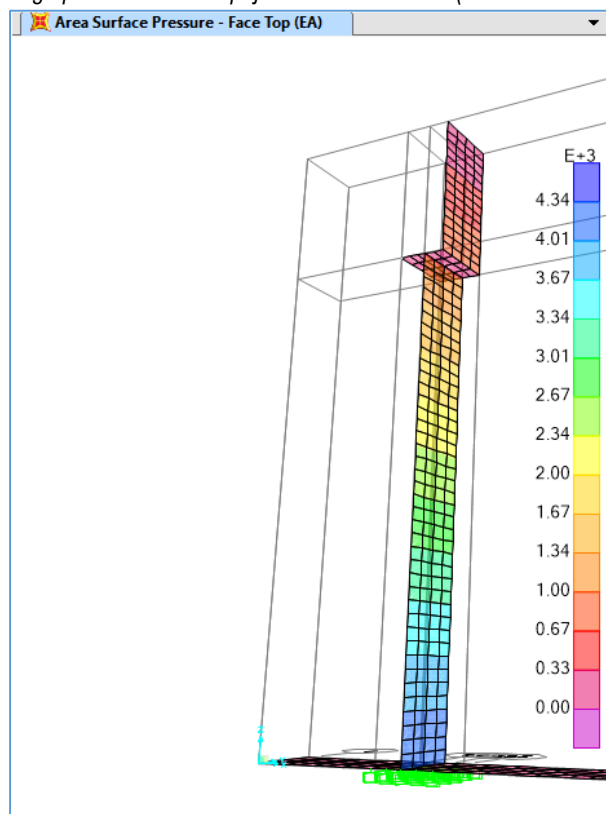
Carga tabulada, para diferentes alturas:

Tabla b-4: Presión activa en diferentes alturas

Z (m)	EA = $K_a \cdot \gamma \cdot Z$ (tn/m)
0.00	4.33
0.50	4.08
1.00	3.84
1.50	3.60
2.00	3.36
2.50	3.12

Z (m)	EA = $K_a \cdot \gamma \cdot Z$ (tn/m)
3.00	2.88
3.50	2.64
4.00	2.40
4.50	2.16
5.00	1.92
5.50	1.68
6.00	1.44
6.50	1.19
7.00	0.95
7.50	0.71
8.00	0.47
8.50	0.23
8.98	0.00

Gráfico N°8 Carga por acción de empuje vertical en estribo (EA=4.34-0.482 Z [tn/m²])



2.3. COMBINACIÓN DE CARGAS

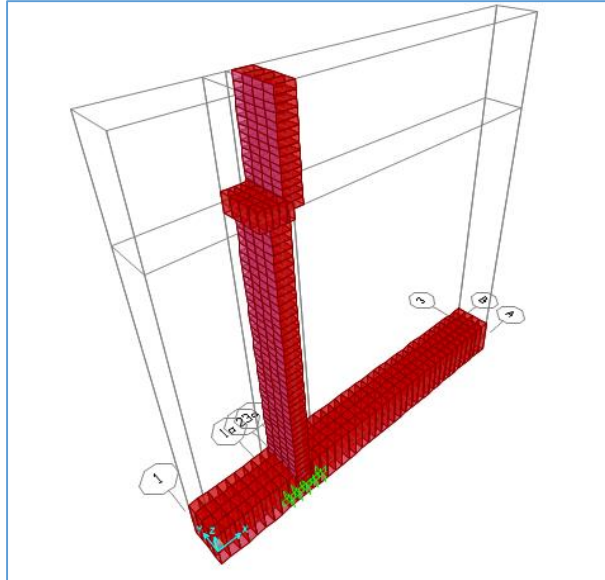
Los momentos máximos/mínimos se obtienen a partir de las combinaciones de carga muerta (DD), viva (LL), presión vertical (EV), y por efectos de impacto (IM); de los cuales se busca los valores críticos, para realizar el diseño de todos los elementos. De acuerdo a la norma AASHTO LRFD 2007, sección 3, ítem 3.4, los elementos del puente se diseñarán para estados límite de resistencia y de evento extremo.

Tabla b-2: Combinación de cargas para diseño de elementos de estribo.

COMBINACIÓN	DD	EV	LL	IM	n
Resistencia I	1.8	1.35	1.75	1.75	1.05
Resistencia V	1.8	1.35	1.35	1.35	1
Evento extremo I	1.8	1.35	1.8	1.8	1
Evento extremo II	1.8	1.35	0.5	0.5	1

2.4. MODELO TRIDIMENSIONAL IDEALIZADO

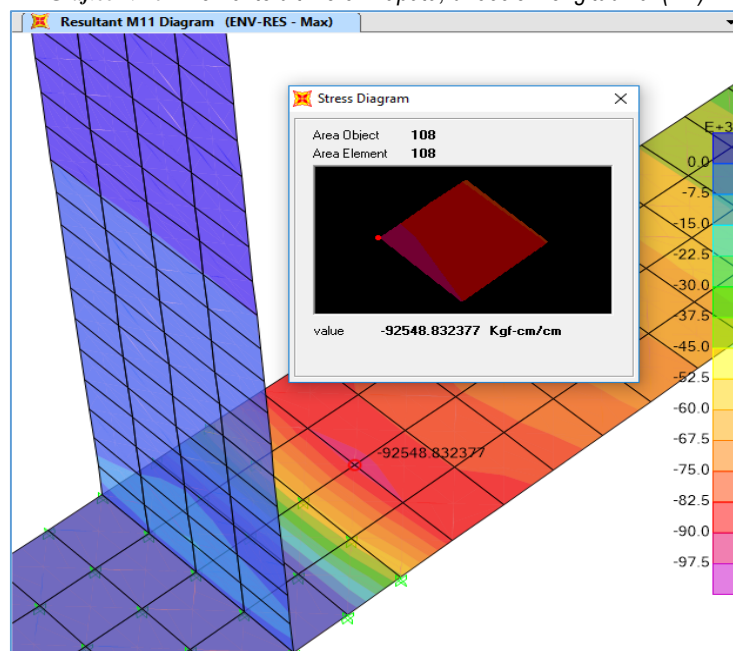
Gráfico N°9 Isométrico 3D Modelo (Ancho 1m)

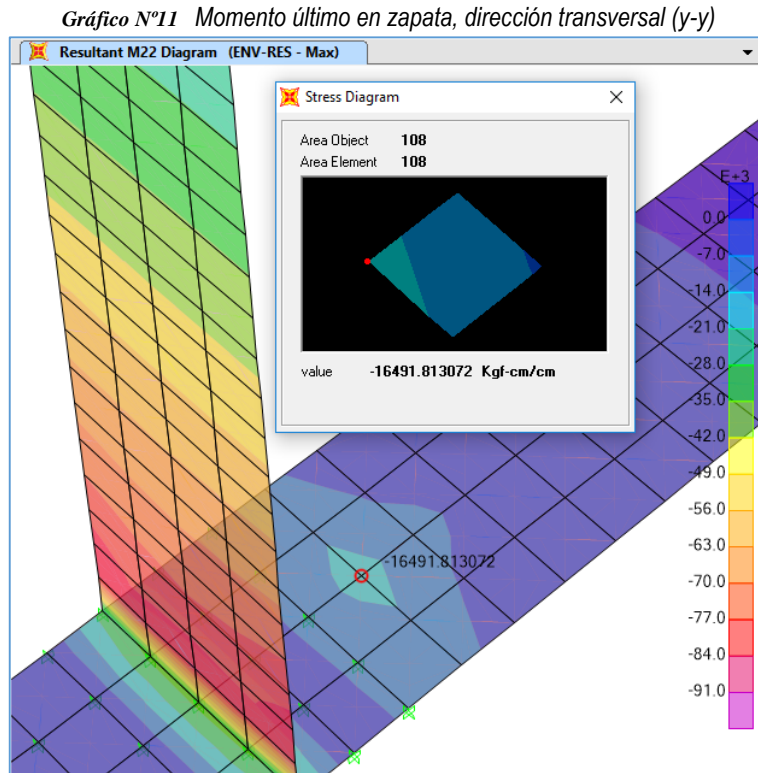


2.5. CÁLCULO ACERO EN ZAPATA

MOMENTOS ÚLTIMOS (ENVOLVENTE RESISTENCIA ÚLTIMA)

Gráfico N°10 Momento último en zapata, dirección longitudinal (x-x)





- Momentos críticos (Crítico)
 - $M_{x-x} = 92548.83 \text{ kg.cm/cm}$
 - $M_{y-y} = 16491.81 \text{ kg.cm/cm}$

CÁLCULO DE ACERO

DATOS DE DISEÑO:

$$\begin{aligned}
 f_y &= 4200 && \text{kg/cm}^2 \\
 f_c &= 280 && \text{kg/cm}^2 \\
 \phi &= 0.9 \\
 b &= 100 && \text{cm} \\
 h &= 100 && \text{cm} \\
 r_{ec} &= 7.5 && \text{cm} \\
 A_{s \text{ mín}} &= 30.83 && \text{cm}^2
 \end{aligned}$$

CÁLCULO DE ACERO REQUERIDO

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	M_u (kg.cm)	M_{uc} (kg.cm)	r' (cm)	¿Req. As Compresión ?	a (tanteo)	As Req. (cm ²)	a (cálculo)
As Refuerzo [x-x]	92,548.83	9,254,883.00	54,626,041.22	8.75	No	4.86	27.57	4.86
As Refuerzo [y-y]	16,491.81	1,649,181.00	54,626,041.22	8.75	No	0.85	4.80	0.85

NÚMERO DE VARILLAS DE ACERO (Long. = 100 cm)

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	As Req. (cm ²)	Número Aceros		As Adap. (cm ²)	Observación
			1 pulg.	5/8 pulg.		
As Refuerzo [x-x]	92,548.83	27.57	8	0	40.54	Cumple
As Refuerzo [y-y]	16,491.81	4.80	0	3	5.94	Cumple
As mínimo (Contorno)		30.83	8	0	40.54	Cumple

2.6. CÁLCULO ACERO EN PANTALLA

MOMENTOS ÚLTIMOS (ENVOLVENTE RESISTENCIA ÚLTIMA)

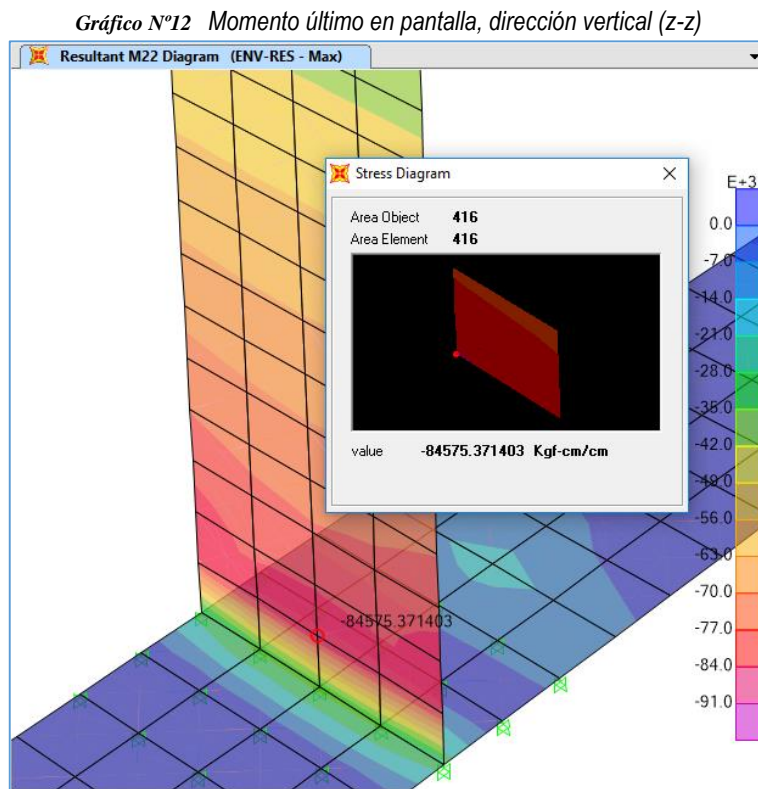
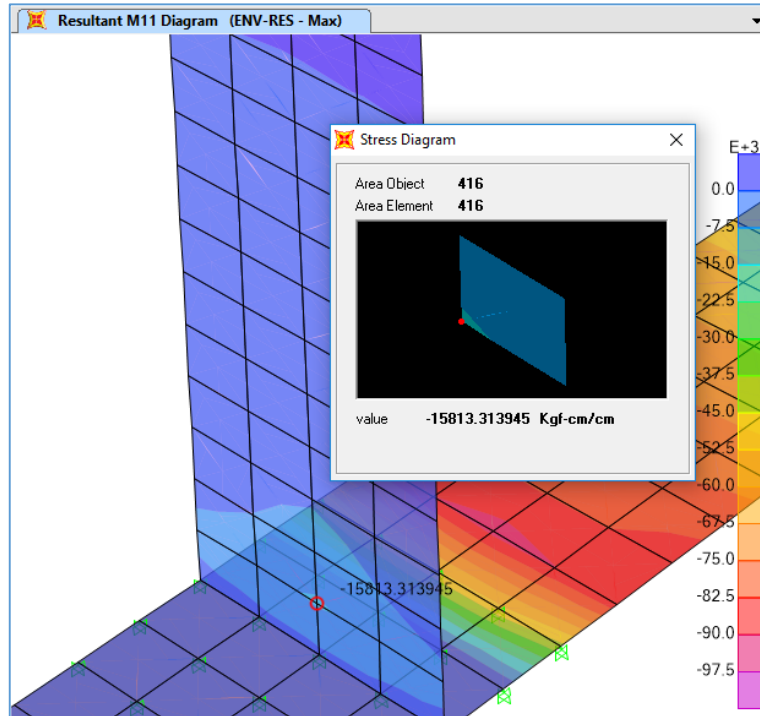


Gráfico N°13 Momento último en pantalla, dirección transversal (y-y)



- Momentos críticos (Crítico)
 - $M_{z-z} = 84575.37 \text{ kg.cm/cm}$
 - $M_{y-y} = 15813.31 \text{ kg.cm/cm}$

CÁLCULO DE ACERO

DATOS DE DISEÑO:

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi = 0.9$
 $b = 100 \text{ cm}$
 $h = 100 \text{ cm}$
 $rec = 7.5 \text{ cm}$
 $As_{\text{mín}} = 30.83 \text{ cm}^2$

CÁLCULO DE ACERO REQUERIDO

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	M_u (kg.cm)	M_{uc} (kg.cm)	r' (cm)	¿Req. As Compresión ?	a (tanteo)	As Req. (cm ²)	a (cálculo)
As Refuerzo [x-x]	84,575.37	8,457,537.00	70,610,085.34	5.00	No	3.39	23.98	3.39
As Refuerzo [y-y]	15,813.31	1,581,331.00	70,610,085.34	5.00	No	0.62	4.42	0.62

NÚMERO DE VARILLAS DE ACERO (Long. = 100 cm)

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	As Req. (cm ²)	Número Aceros		As Adap. (cm ²)	Observación
			1 pulg.	5/8 pulg.		
As Refuerzo [z-z]	84,575.37	23.98	7	0	35.47	Cumple
As Refuerzo Inferior [y-y]	15,813.31	4.42	0	3	5.94	Cumple
As mínimo (Contorno)		30.83	8	0	40.54	Cumple

2.7. CÁLCULO ACERO EN PARAPETO Y CAJUELA

MOMENTOS ÚLTIMOS (ENVOLVENTE RESISTENCIA ÚLTIMA)

Gráfico N°14 Momento último en parapeto

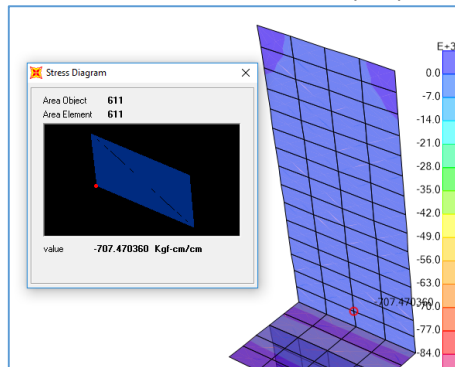
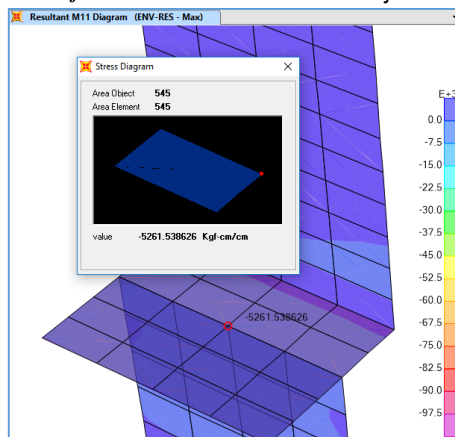


Gráfico N°15 Momento último en cajuela



- Momentos críticos parapeto:
 - $M_{2-2} = 707.47 \text{ kg.cm/cm}$ (Vertical)
- Momentos críticos cajuela:
 - $M_{1-1} = 5261.54 \text{ kg.cm/cm}$ (Longitudinal)

CÁLCULO DE ACERO

DATOS DE DISEÑO:

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 0.9$$

CAJUELA:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$rec = 4 \text{ cm}$$

$$As \text{ mín} = 15.33 \text{ cm}^2$$

PARAPETO

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$rec = 4 \text{ cm}$$

$$As \text{ mín} = 5.33 \text{ cm}^2$$

CÁLCULO DE ACERO REQUERIDO

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	M_u (kg.cm)	M_{uc} (kg.cm)	r' (cm)	¿Req. As Compresión ?	a (tanteo)	As Req. (cm ²)	a (cálculo)
As Refuerzo Cajuela	5,261.54	526,154.00	15,843,260.15	5.00	No	0.44	3.11	0.44
As Refuerzo Parapeto	707.47	70,747.00	15,843,260.15	5.00	No	0.12	0.42	0.06

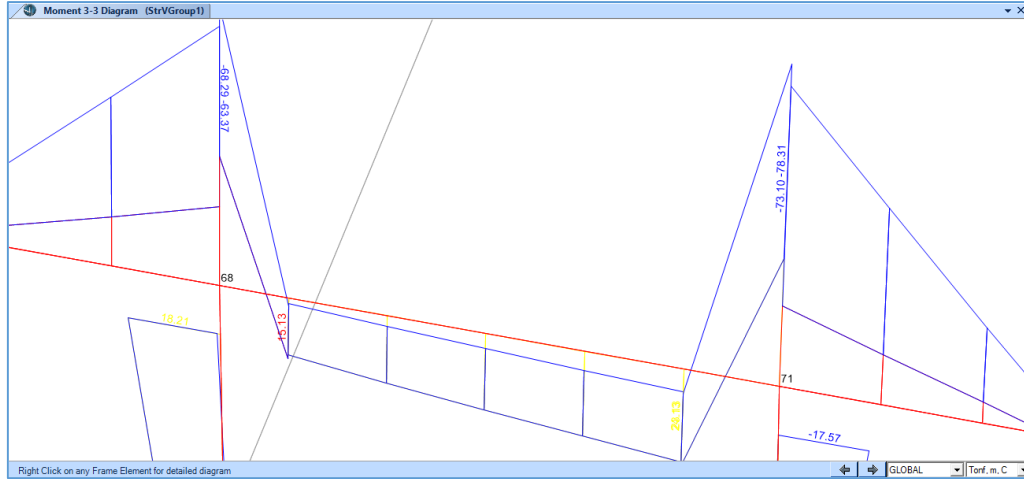
NÚMERO DE VARILLAS DE ACERO (Long. = 100 cm)

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	As Req. (cm ²)	Número Aceros		As Adap. (cm ²)	Observación
			3/4 pulg.	1/2 pulg.		
As Refuerzo Cajuela	5,261.54	3.11	0	4	5.07	Cumple
As Refuerzo Parapeto	707.47	0.42	0	1	1.27	Cumple
As mínimo Cajuela		15.33	6	0	17.10	Cumple
As mínimo Parapeto		5.33	0	5	6.33	Cumple

3. CÁLCULO ACERO EN PILAR

3.1. CALCULO DE ACERO VIGA DE APOYO

Gráfico N°16 Momento último en viga de apoyo



- Momentos críticos viga de apoyo:
 - $M_{(-)} = -78.10 \text{ tn.m}$
 - $M_{(+)} = 24.13 \text{ tn.m}$

DATOS DE DISEÑO:

$f_y =$	4200	kg/cm^2
$f_c =$	350	kg/cm^2
$\phi =$	0.9	
$b =$	100	cm
$h =$	50	cm
rec =	5	cm
As mín =	15.00	cm^2

CÁLCULO DE ACERO REQUERIDO

Descripción	M_u (kg.cm/cm)	M_u (kg.cm)	M_{uc} (kg.cm)	r' (cm)	¿Req. As Compresión ?	a (tanteo)	As Req. (cm^2)	a (cálculo)
As Refuerzo Superior [M (-)]	78.10	7,810,000.00	15,493,143.66	5.50	No	7.12	50.47	7.12
As refuerzo Inferior [M (+)]	24.13	2,413,000.00	15,493,143.66	5.50	No	2.07	14.69	2.07

NÚMERO DE VARILLAS DE ACERO

Descripción	M _u (kg.cm/cm)	As Req. (cm ²)	Número Aceros		As Adap. (cm ²)	Observación
			3/4 pulg.	1/2 pulg.		
As Refuerzo Superior [M (-)]	78.10	50.47	10	0	50.67	OK...!
As refuerzo Inferior [M (+)]	24.13	14.69	3	0	15.20	OK...!
As mínimo (Contorno)		15.00	3	0	15.20	OK...!

10. MANUAL DE SOFTWARE HEC RAS

HEC RAS 5.0

SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE PUENTES

Puede utilizar HEC-RAS, se descarga el software, del sitio Web <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>, haciendo clic en “Descargas”.

HEC-RAS es un paquete integrado de análisis hidráulico, programa en que el usuario actúa recíprocamente con el sistema a través del uso de una Interface Gráfica del Usuario (GUI).

En la terminología de HEC-RAS, un Proyecto es un juego de archivos de datos asociados con un sistema de un río en particular. El modelador puede realizar cualquiera o varios tipos de análisis, incluido en el paquete de HEC-RAS, como parte del proyecto. Los archivos de datos para un proyecto se categorizan como sigue:

Datos de planta, Datos geométricos,

Datos de flujo uniforme, Datos de flujo variado, Datos de sedimentos y

Los datos de diseño hidráulico.

Durante el curso de un estudio el proyectista puede desear formular varios Planes diferentes.

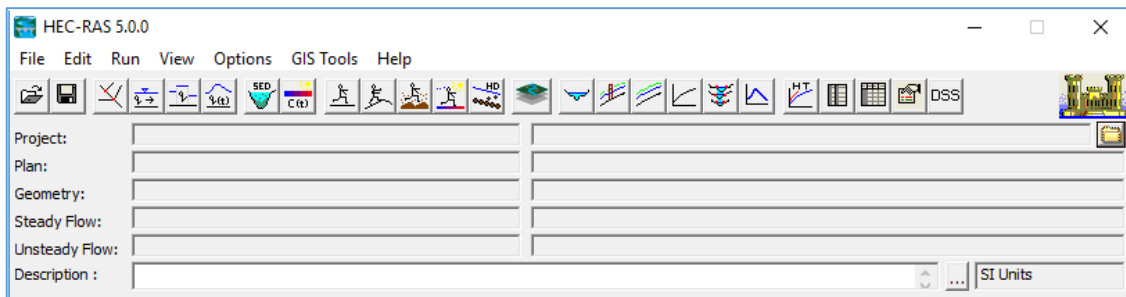
Cada plan representa una simulación específica de datos geométricos y datos de flujo. Una vez introducidos los datos básicos en el HEC-RAS, el proyectista puede formular los nuevos planes fácilmente. Después de que las simulaciones son hechas para los varios proyectos, los resultados pueden compararse simultáneamente en la forma tabular y gráfica.

1. EMPEZANDO HEC RAS

Para Empezar HEC-RAS de Windows, pulse el botón en el Icono de HEC-RAS 5.0.

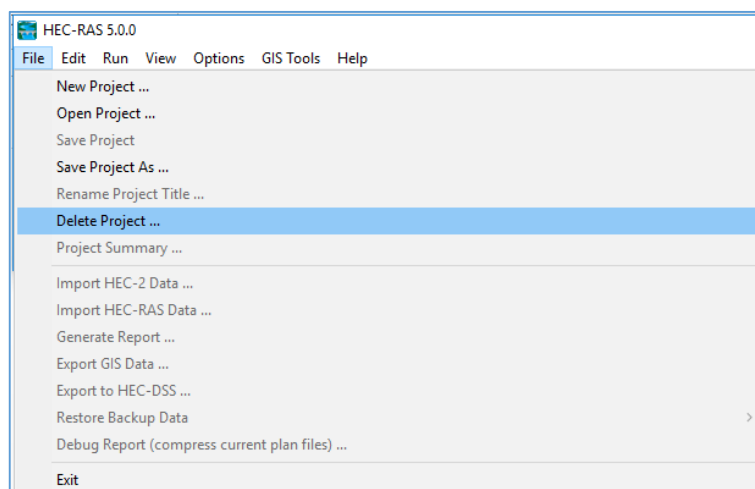


Luego veremos la ventana principal del programa:



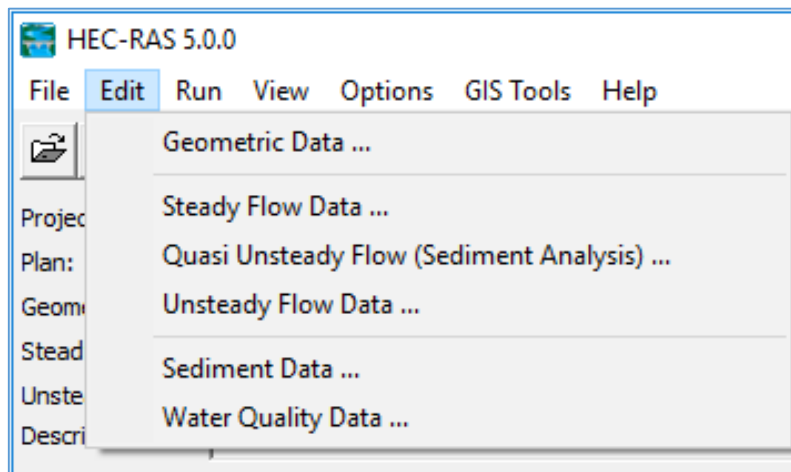
Esta ventana principal tiene las opciones siguientes en la barra del menú:

File (Archivo)



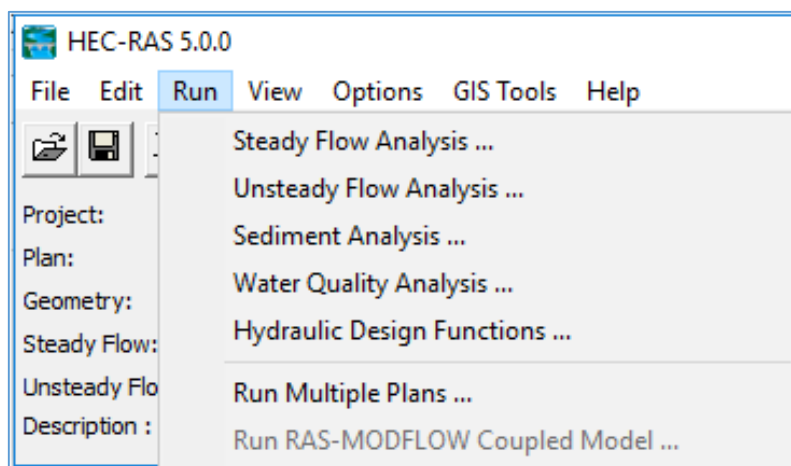
Esta opción se usa para el manejo de archivos. Las opciones disponibles bajo el menú del Archivo incluyen: Nuevo Proyecto; Abrir Proyecto; Guardar el Proyecto; Guardar el Proyecto Como; Renombre el Proyecto; Borre el Proyecto; Resumen del proyecto, Importar los Datos de HEC-2; Importar los datos de HEC-RAS; Genere el Informe; Exportar datos GIS; Exporte to HEC-DSS, Restaurar Datos de Backup y Salida.

Edit (Edición)



Esta opción se usa por entrar y revisar los datos: datos geométricos; de flujo Uniforme; de flujo Variado; datos de sedimentos entre otros.

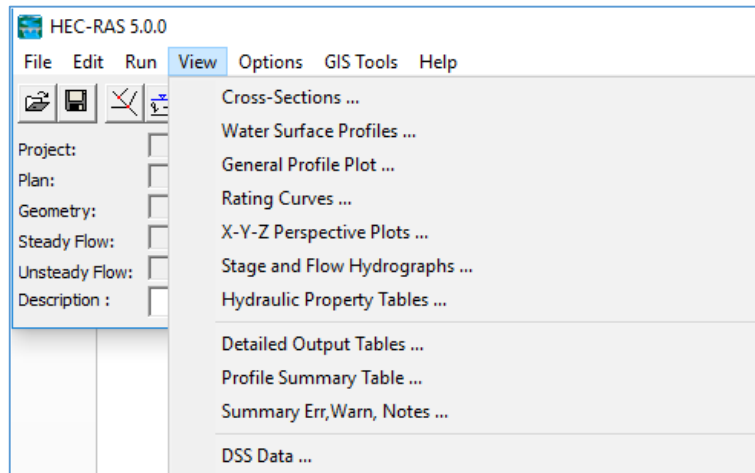
Run (Correr)



Esta opción se usa para realizar los cálculos hidráulicos. Las opciones bajo este artículo del menú incluyen:

- ✓ El Análisis de Flujo Uniforme.
- ✓ El Análisis de Flujo Variado.
- ✓ El Análisis del Sedimento.
- ✓ Las Funciones de diseño Hidráulico.
- ✓ Además de correr múltiples planes.

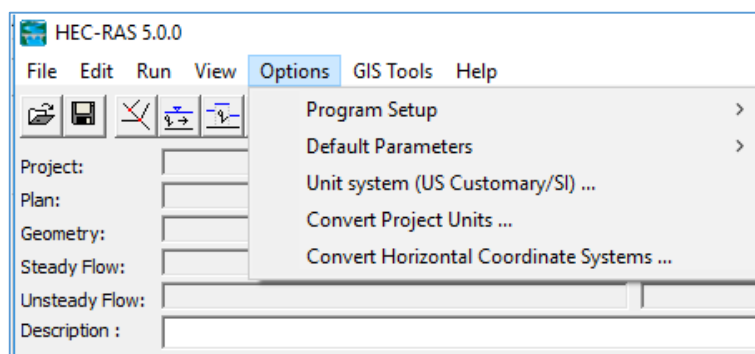
View (Vista)



Esta opción contiene un juego de herramientas que proveen ventanas gráficas y tabulares de los resultados del modelamiento. Los ítems que incluyen son:

- ✓ Las Secciones transversales; Los Perfiles de Superficie de Agua.
- ✓ Ploteo de perfiles en general Curvas típicas.
- ✓ Vista en Perspectiva X-Y-Z.
- ✓ Ver hidrogramas de caudal y tirante (solo cuando se ejecutan simulaciones con flujo no permanente).
- ✓ Ploteo de propiedades hidráulicas Tabla detallada de resultados las tablas de las Secciones transversales; las tablas del Perfil; y el Resumen de errores, advertencias, y Notas.

Options (opciones)



Este ítem del menú le permite al usuario cambiar las opciones en: El Setup del Programa; Los Parámetros Predefinidos; Establecer el Sistema de

las Unidades Predefinido (inglés o Métrico); y Conversión de unidades del Proyecto (inglés a Métrico, o Métrico a inglés).

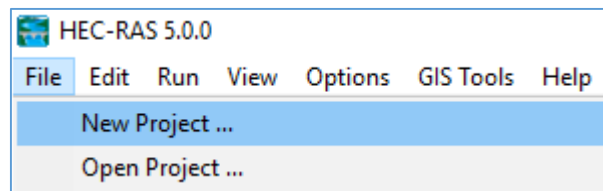
Help (ayuda)

Esta opción le permite al usuario conseguir las ayudas en línea, así como el despliegue la información de la versión actual sobre HEC-RAS.

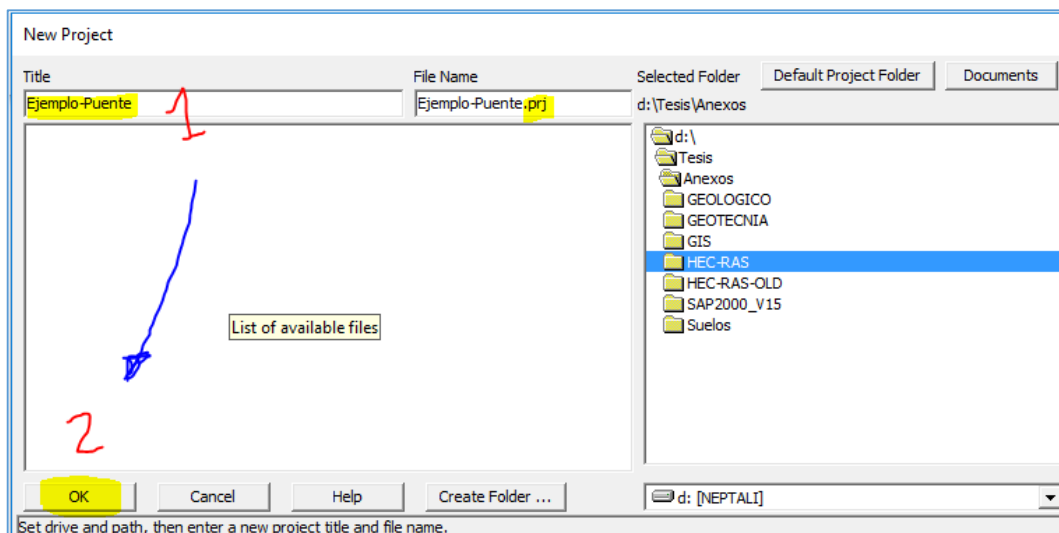
2. **CREAR PROYECTO NUEVO**

El primer paso al desarrollar un modelo hidráulico con HEC-RAS es establecer qué directorio usted desea para trabajar e ingresar un título para el nuevo proyecto.

Para empezar un nuevo proyecto, vaya al menú del **File** en la ventana de **HEC-RAS** principal y seleccione el **New Project**.



Luego veremos la siguiente ventana:

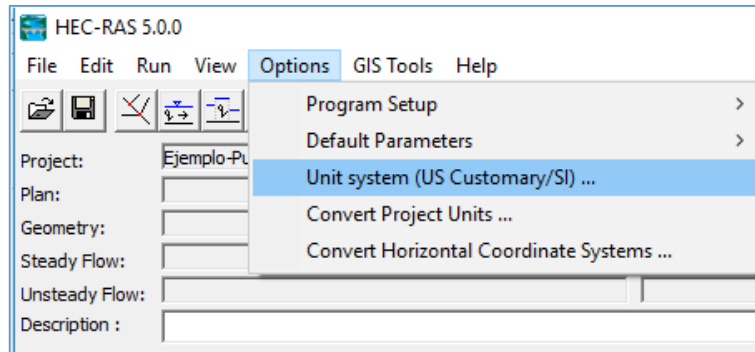


Se ingresa el nombre de proyecto, en donde se puede observar que el archivo del proyecto tiene la extensión .PRJ.

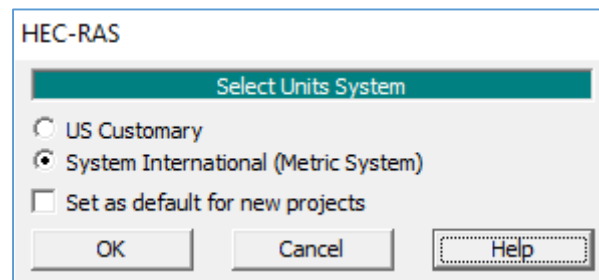
Una vez que usted ingresado la información del proyecto, presionamos el botón **"OK"** para crear el proyecto.

3. DEFINIR SISTEMA DE UNIDADES

Para definir el sistema de unidades, vaya al menú del **Options** en la ventana de HEC-RAS principal y seleccione el **Unit system (US Customary/SI)**.



Luego nos mostrara la siguiente ventana, donde se define el Sistema de Unidades del proyecto.

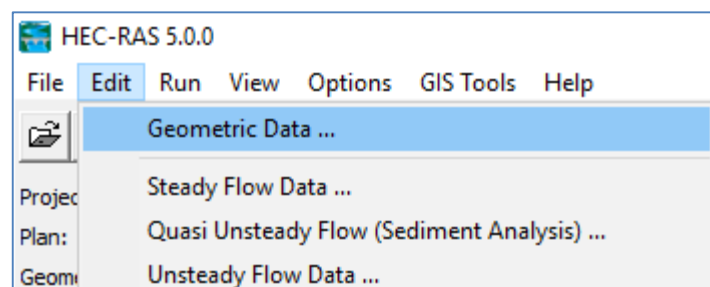


4. INGRESO DE DATOS GEOMÉTRICOS

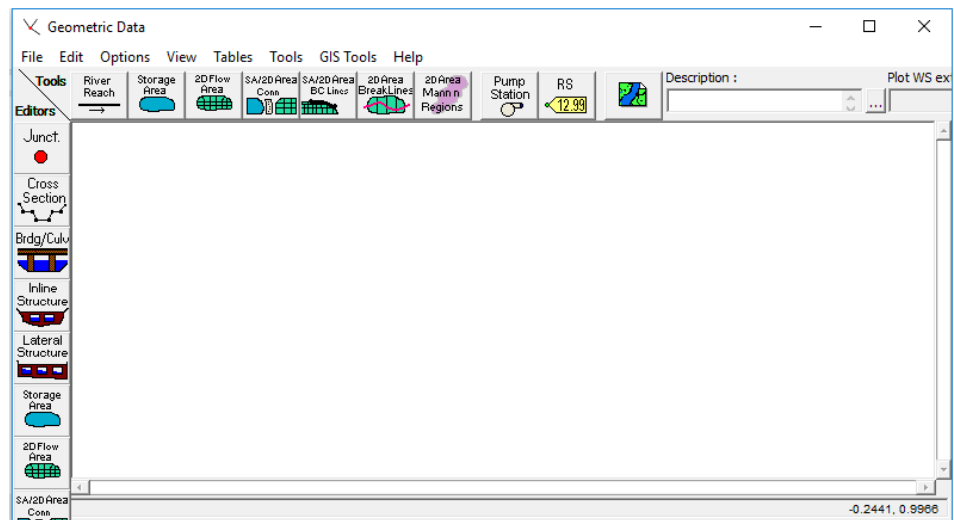
Los datos geométricos necesarios consisten en:

- ✓ Alineamiento del cauce.
- ✓ Datos de las secciones transversales.
- ✓ Datos de las estructuras hidráulicas (los puentes, alcantarillas, los azudes, etc.).

Para ingresar los datos geométricos se selecciona de la ventana principal de HEC RAS, la opción "**Geometric Data**" del menú **Edit**.

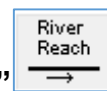


Luego aparecerá la ventana de trabajo “**GEOMETRIC DATA**”:

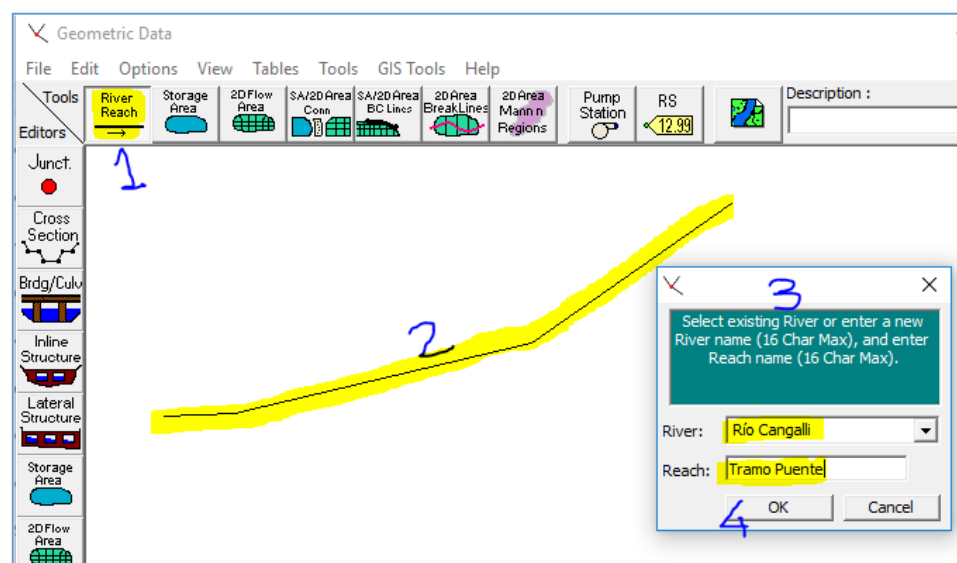


ALINEAMIENTO DEL CAUCE

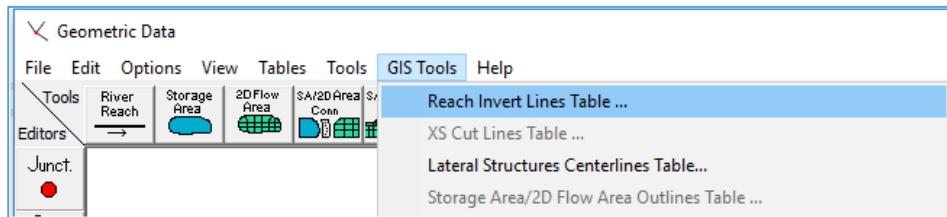
Para definir el alineamiento del cauce, vamos a la barra de herramientas de GEOMETRIC DATA.



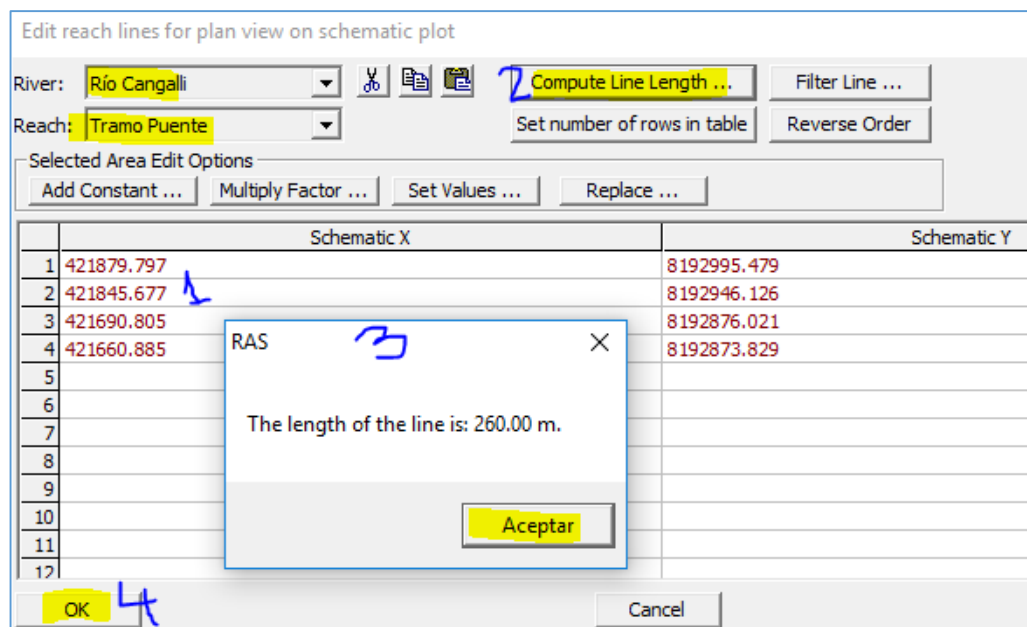
1. Presionamos la opción “**River Reach**”.
2. Definimos el alineamiento aproximado del cauce, se finaliza con doble Click.
3. Luego nos aparecerá la ventana para ingresar el nombre del río, y tramo en estudio.
4. Finalmente presionamos la opción “**OK**”.



Luego para georeferenciar el alineamiento del puente en coordenadas UTM, en la barra de menú principal de GEOMETRIC DATA, seleccionamos la opción “**GIS tools**”, opción “**REACH INVERT LINES TABLE**”.



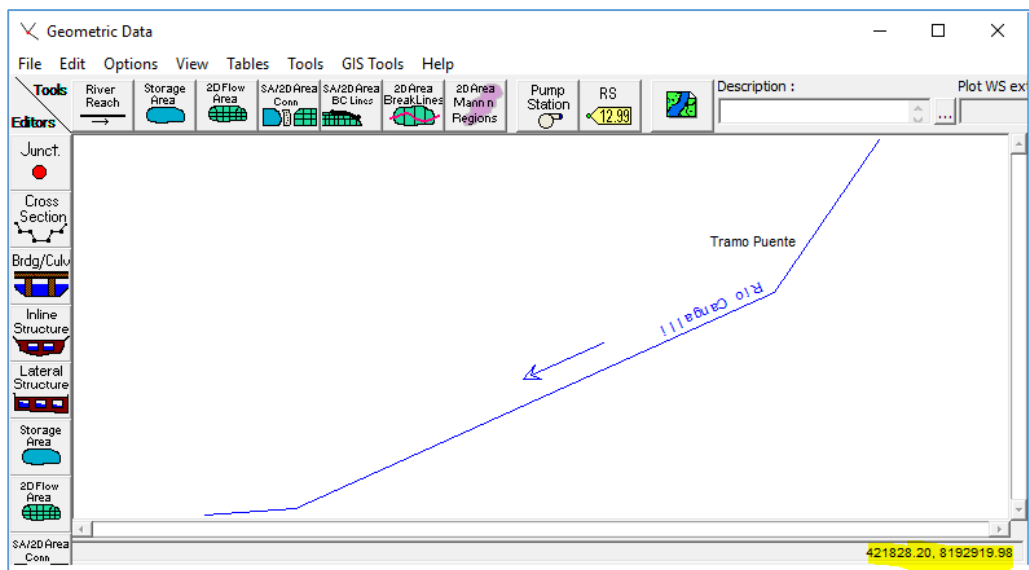
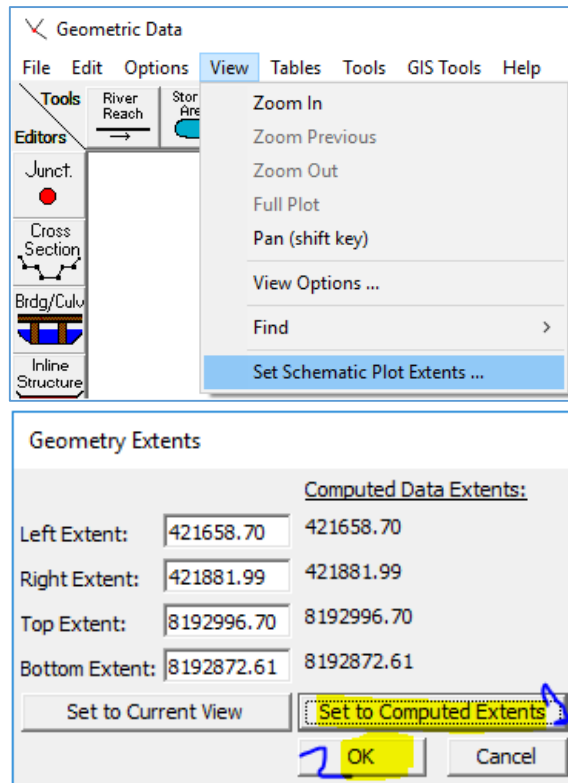
Luego nos aparecerá la siguiente ventana, en donde ingresamos las coordenadas del alineamiento del río (River) y tramo (Reach) en estudio, así mismo calculamos la longitud del alineamiento con la opción “**COMPUTE LINE LENGTH**”.



Por ultimo presionamos **OK**, para terminar de georeferenciar el alineamiento del puente.

Para ver el alineamiento del puente, en el entorno de trabajo, en barra de menú del entorno GEOMETRIC DATA, nos vamos a la opción “**VIEW**”, luego a “**SET SCHEMATIC PLOT EXTENTS...**”.

Luego en la ventana “**GEOMETRY EXTENS**” presionamos el botón “**Set to computer extens**”, después “**OK**”, así podremos visualizar el alineamiento del cauce georeferenciado.



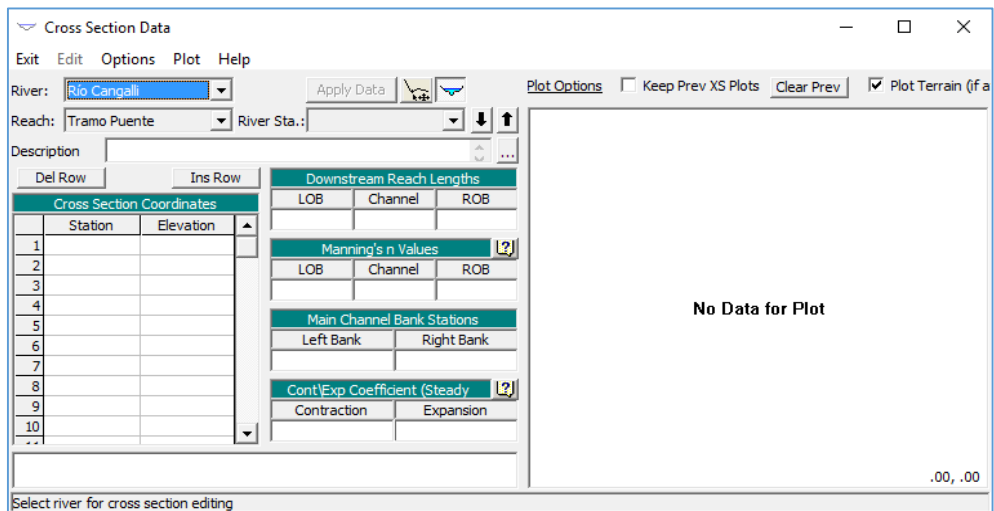
SECCIONES TRANSVERSALES DE CAUCE

Después del realizar el alineamiento del cauce, se ingresan los datos de secciones transversales.

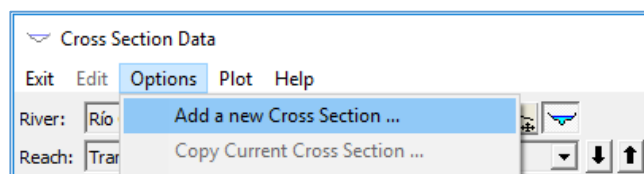
En la ventana “**Geometric Data**”, seleccionar el icono “**Cross Section**”



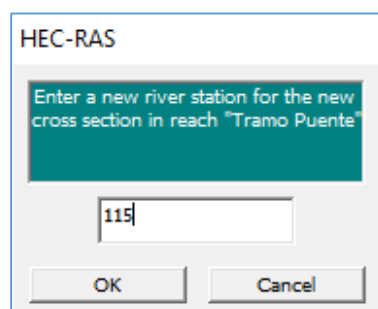
Aparecerá una ventana con un espacio en blanco:



- ✓ Cada sección transversal tiene un nombre del Río (**River**), nombre del tramo del río en estudio (**Reach**), y una descripción (**Descripción**) para describir donde la sección transversal se localiza en el sistema del río.
- ✓ Para introducir la primera sección transversal, seleccionar **Options/Add a new Cross Section**.

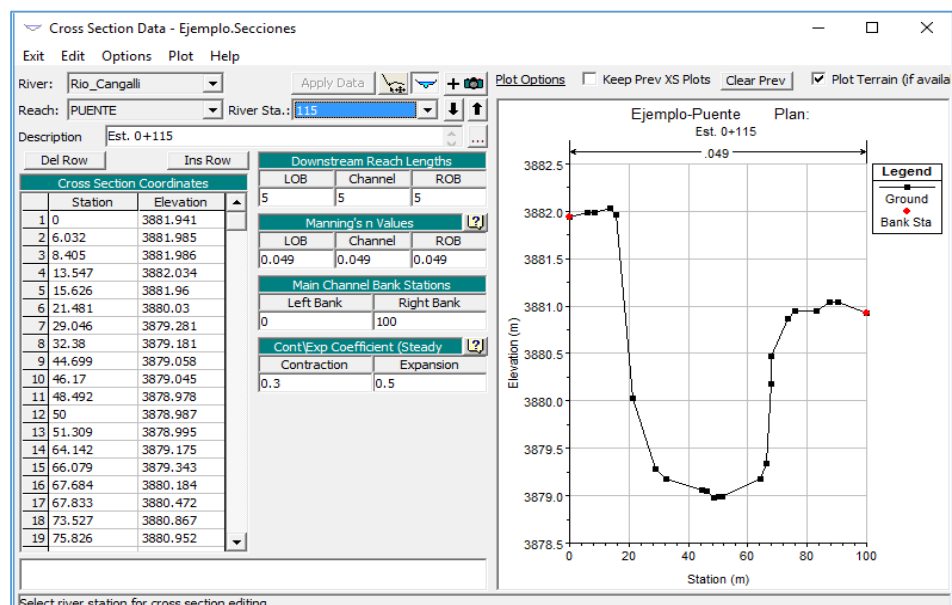


- ✓ Aparecerá una ventana pidiendo un identificador para la sección transversal. El identificador de la "Estación del Río" no tiene que ser la estación del río real (millas o kilómetros), pero tiene que ser un valor numérico (por ejemplo 0, 10, 20, 30,...110, 115, etc.). El número ingresado en el identificador representará su posición relativa con respecto a las demás secciones.



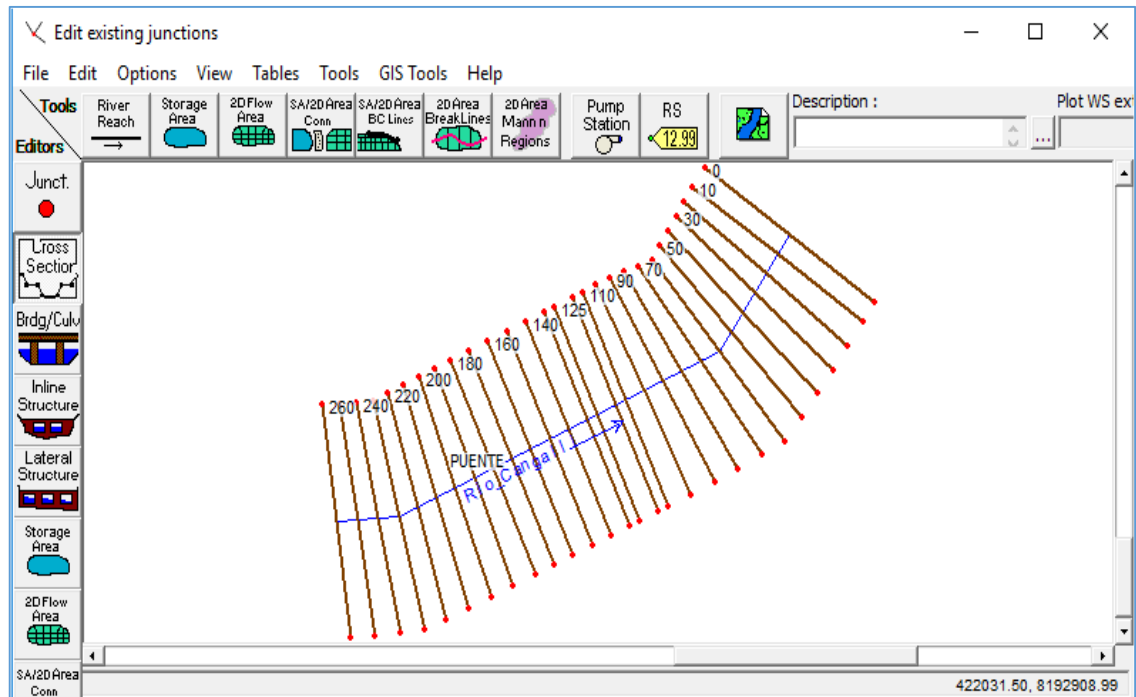
- ✓ Luego de definir la posición se construye la sección transversal introduciendo:
 - **STATION:** Estación
 - **ELEVATION:** Elevación
 - **DOWSTREAM:** Distancia con respecto a la sección aguas abajo (m).
 - **MANNING'S VALUES:** Coeficiente de rugosidad del cauce.
 - **MAIN CHANEL BANK STATIONS:** Limites derecho y izquierdo del cauce.
 - **CONT/EXP COEFFICIENT:** Coeficiente de expansion y contracción, para transiciones graduales 0,1/0,3, para secciones típicas del puente 0,3/0,5.

- ✓ Cada vez que se hace “clic” sobre el “Apply Data” los datos serán introducidos y representados en el espacio de la derecha, como se muestra en la siguiente figura:



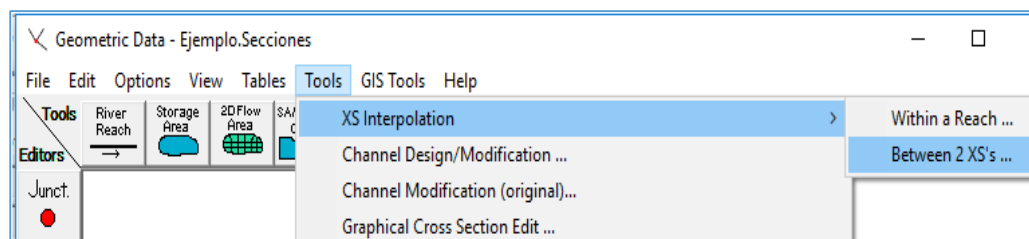
Nota: **LOB** Lado izquierdo del cauce, **ROB** Lado derecho del cauce, **CHANNEL** eje del cauce.

- ✓ Se repite los pasos hasta terminar de insertar todas las secciones del cauce, y al terminar nos mostrara las secciones ingresadas como se ilustra:

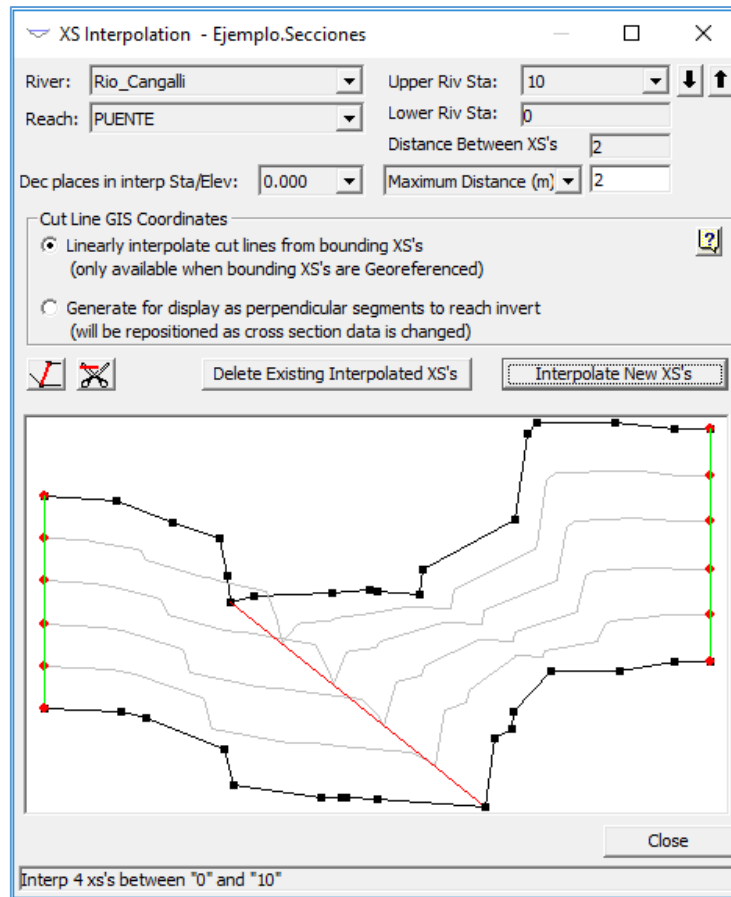


INTERPOLACIÓN DE SECCIONES INTERMEDIAS

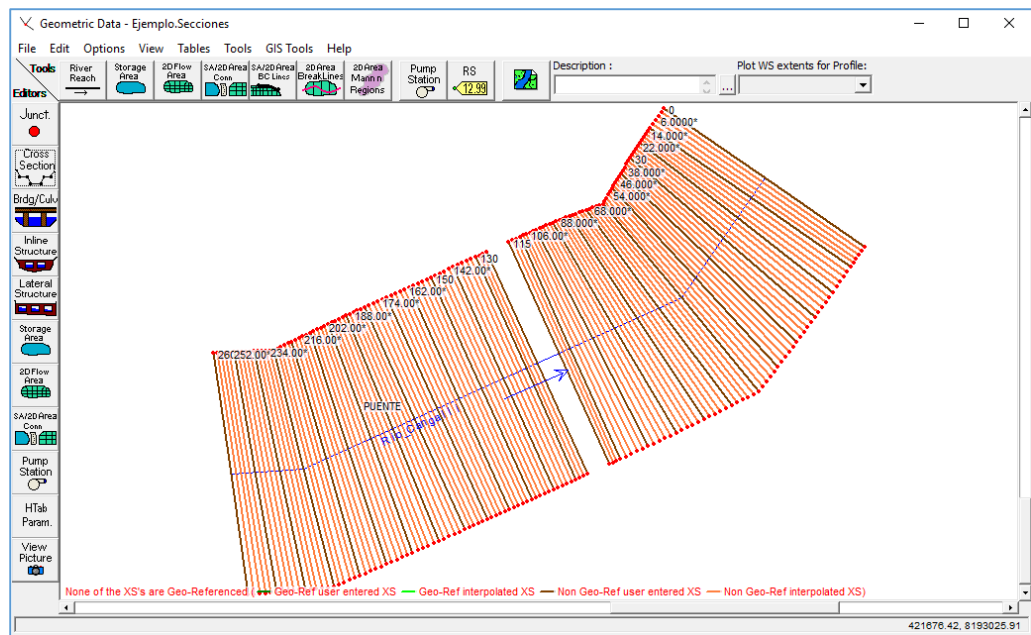
Para mejorar el proceso de simulación se interpola secciones intermedias entre dos estaciones, para ello se dirige a la opción **Tools/XS Interpolation/Between 2XS's**, de barra de menú del entorno GEOMETRIC DATA.



Luego no saldrá la siguiente ventana, en donde en la opción **“Maximun Distance (m)”** se ingresa la máxima distancia de segmentos para interpolar, después se presiona la opción **“Interpolate New XS's”**:



Luego de interpolar entre todas las secciones, la ventana GEOMETRIC DATA, nos mostrara todas las secciones ingresadas incluidas las secciones interpoladas, como se muestra a continuación:



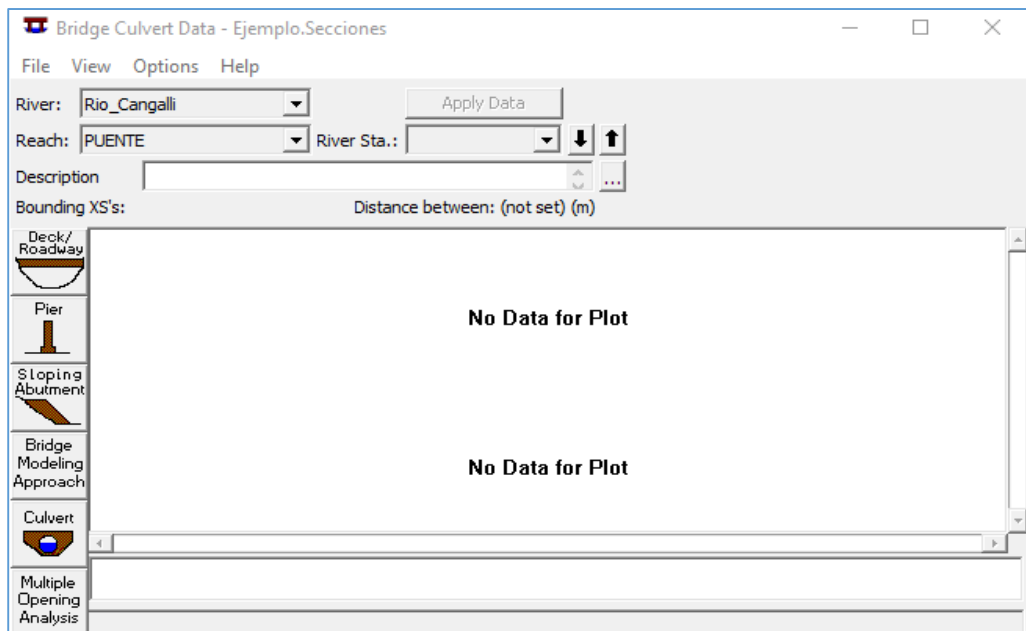
Nota: No se interpola las secciones donde se ubicara el puente a plantear.

INGRESO DE LA SECCIÓN DE PUENTE

Para introducir un puente, en la ventana “Geometric Data”, seleccionamos el icono “**Brdg/Culv**”.

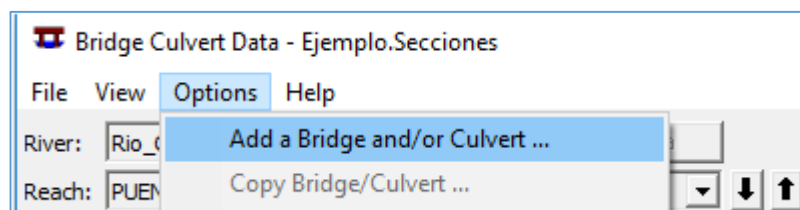


Luego nos mostrara la siguiente ventana “**BRIDGE CULVERT DATA**” (DATOS PUENTES ALCANTARILLA), en blanco:

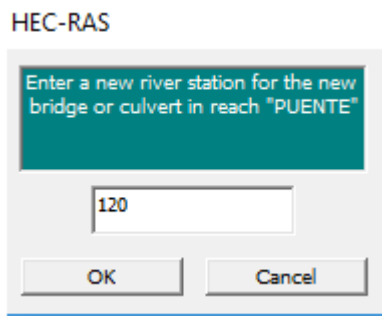


Para definir un puente se necesita conocer las secciones aguas arriba y aguas abajo inmediatas donde se ubicara el puente, para el ejemplo ubicaremos el puente en la progresiva 0+120, las secciones inmediatas serán 0+115 y 0+125 ingresadas y la distancia entre ellos es 10m:

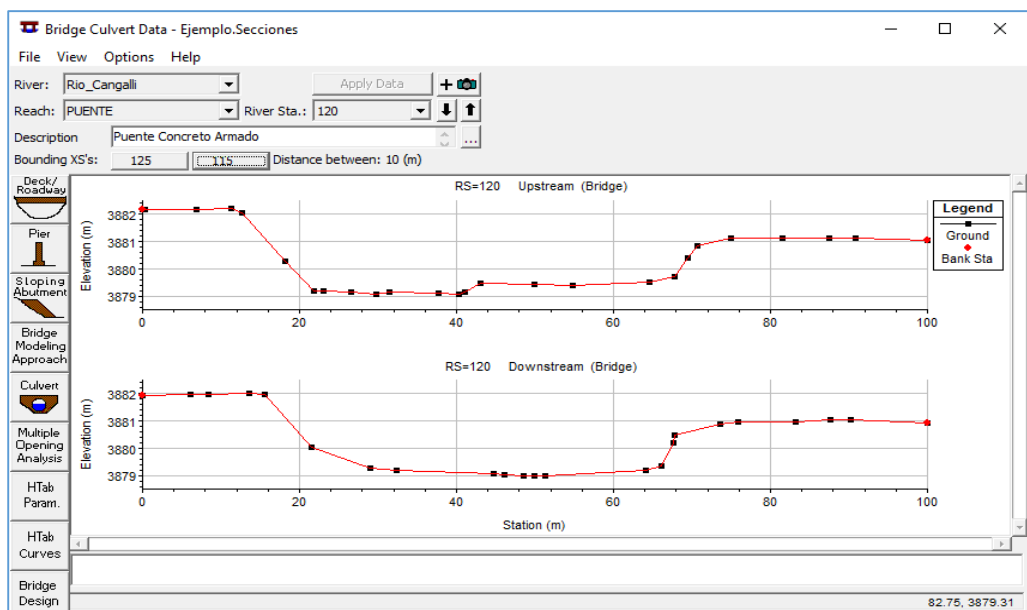
Para ingresar la sección 0+120, nos vamos a la opción **Options/Add a Bridge and/or Culvert...** de la barra de menús del BRIDGE CULVERT DATA.



Ingresamos la ubicación “120”, que corresponde a la estación 0+120, luego presionamos **OK**.



Consecuentemente nos mostrara la siguiente ventana, en donde se puede observar las secciones aguas arriba y aguas abajo que limitan a nuestro puente, con distancia de 10m entre las secciones límites.



DEFINIR LA GEOMETRÍA DE LOS ESTRIBOS

Para definir el estribo de un puente, en la ventana “Bridge Culvert Data”, seleccionamos el icono “**Deck/Roadway**”.



Luego nos mostrara la siguiente ventana “**DECK/ROADWAY DATA EDITOR**”, en donde ingresamos la sección de los estribos y la superestructura, considerando.

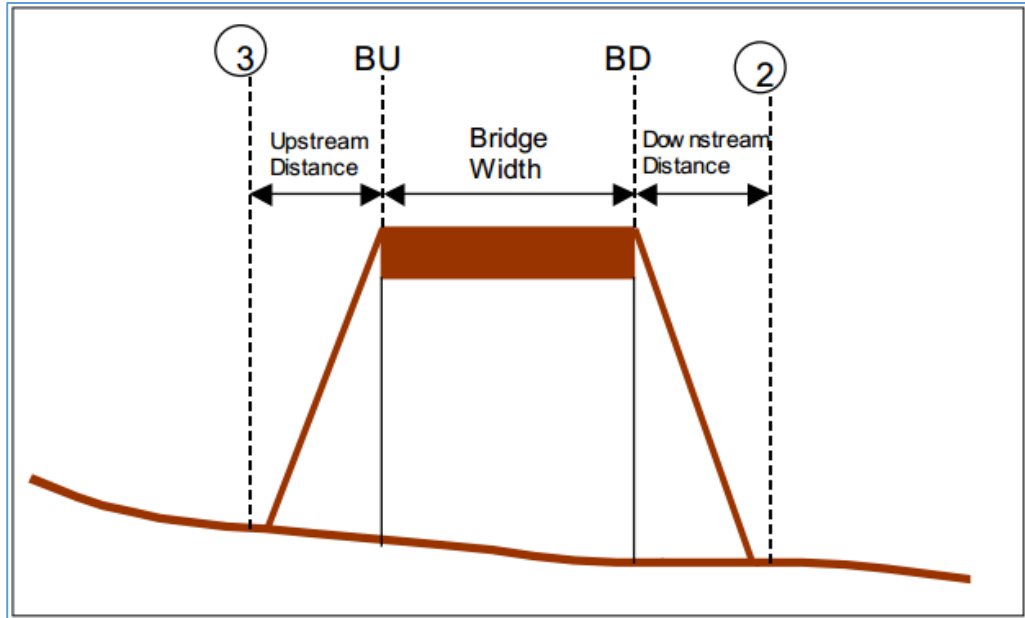
Distance: Distancia con respecto a la sección aguas arriba.

Width: Ancho del Puente

Weir Coef:

Upstream: Estación y elevación aguas arriba, a la entrada del flujo del puente.

Downstream: Estación y elevación aguas abajo, a la salida del flujo del puente.



Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
1.2	7.6	1.4

Upstream				Downstream		
	Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	0.	3884.4	3878.	0.	3884.4	3878.
2	18.8	3884.4	3878.	18.8	3884.4	3878.
3	18.8	3884.4	3882.47	18.8	3884.4	3882.47
4	68.3	3884.4	3882.47	68.3	3884.4	3882.47
5	68.3	3884.4	3878.	68.3	3884.4	3878.
6	100.	3884.4	3878.	100.	3884.4	3878.
7						
8						

U.S Embankment SS:
 D.S Embankment SS:

Weir Data
 Max Submergence:
 Min Weir Flow El:

Weir Crest Shape
 Broad Crested
 Ogee

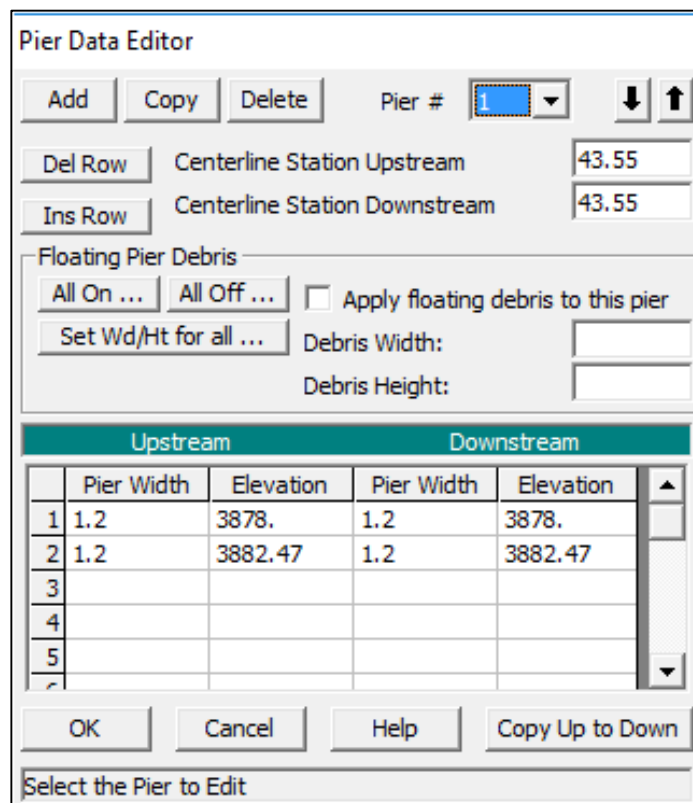
Enter distance between upstream cross section and deck/roadway. (m)

✓ DEFINIR PILAR CENTRAL

Para definir el estribo de un puente, en la ventana “Bridge Culvert Data”, seleccionamos el icono “**Pier**”.



Luego nos mostrara la siguiente ventana “**PIER DARTA EDITOR**”, en donde ingresamos la ubicación y ancho del pilar.



La ventana "Pier Data Editor" contiene los siguientes elementos:

- Botones: Add, Copy, Delete.
- Control de lista: Pier # (dropdown con '1'), flechas de arriba y abajo.
- Campos de texto: Del Row, Centerline Station Upstream (43.55), Ins Row, Centerline Station Downstream (43.55).
- Sección "Floating Pier Debris":
 - Botones: All On ..., All Off ..., Set Wd/Ht for all ...
 - Checkbox: Apply floating debris to this pier (desmarcado).
 - Campos: Debris Width, Debris Height.
- Tabla de datos:

	Upstream		Downstream	
	Pier Width	Elevation	Pier Width	Elevation
1	1.2	3878.	1.2	3878.
2	1.2	3882.47	1.2	3882.47
3				
4				
5				

Botones de acción: OK, Cancel, Help, Copy Up to Down.

Barra de estado: Select the Pier to Edit

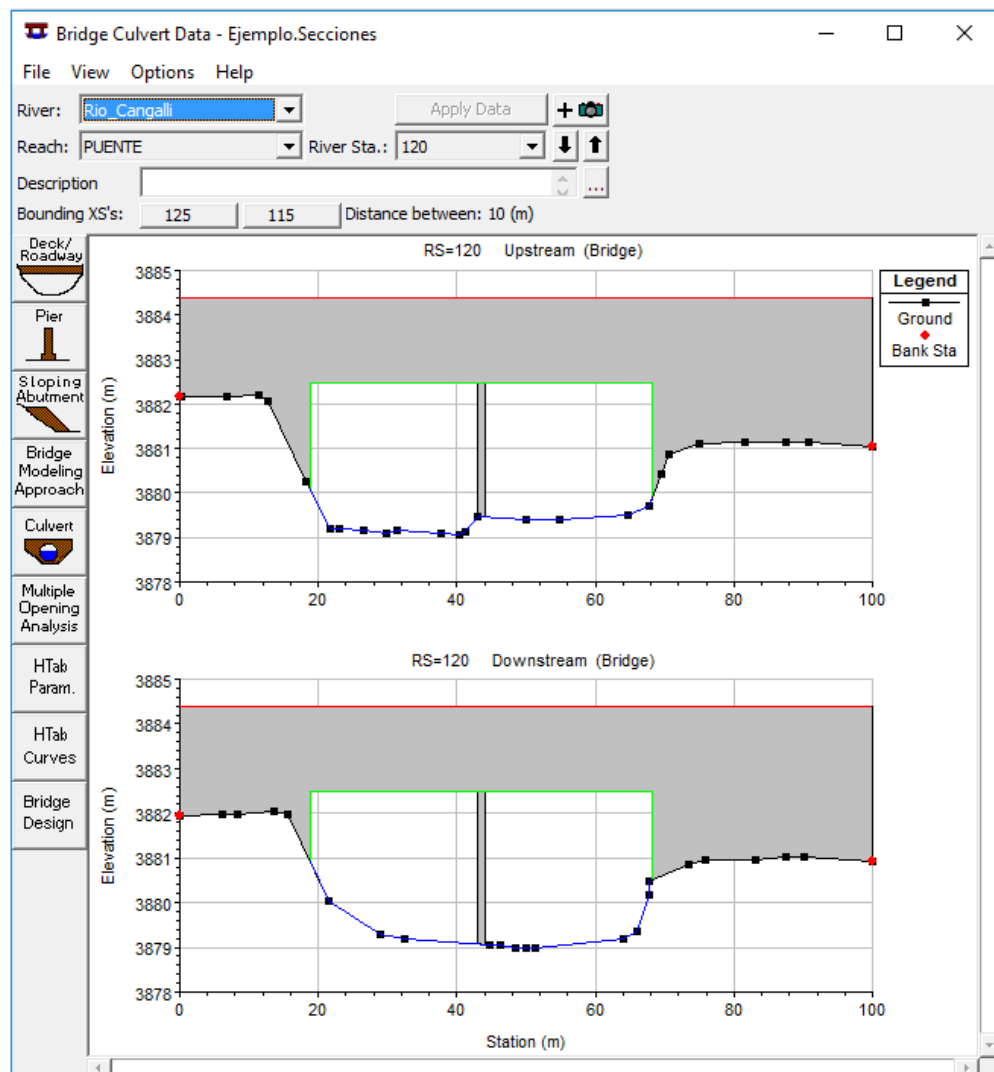
Para definir los pilares se tiene presente lo siguiente:

- ✓ **Centerline stations Upstream:** Ubicación del eje del pilar aguas arriba.
- ✓ **Centerline stations Downstream:** Ubicación del eje del pilar aguas abajo.
- ✓ **Apply floating debris on this pier:** opción de escombros (basura, árboles entre otros) de muelle a HEC, aguas arriba, debido a que puede acumularse en el lado aguas arriba de

un muelle durante el flujo alto, estos restos pueden bloquear una porción significativa de la abertura del puente.

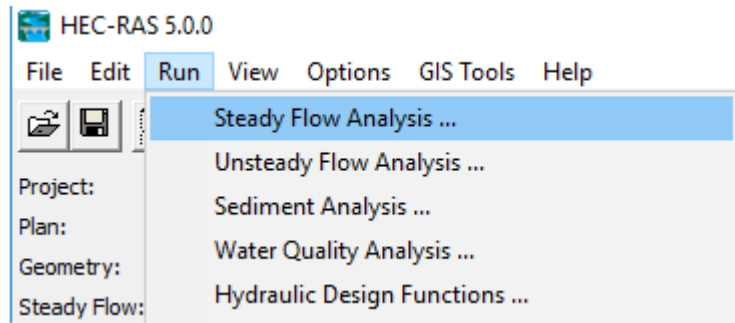
- ✓ **Upstream:** Relación estación versus elevación para definir un pilar del puente, hacia aguas arriba.
- ✓ **Downstream:** Relación estación versus elevación para definir sección del puente, hacia aguas abajo

✓ GEOMETRÍA FINAL DEL PUENTE DEFINIDO

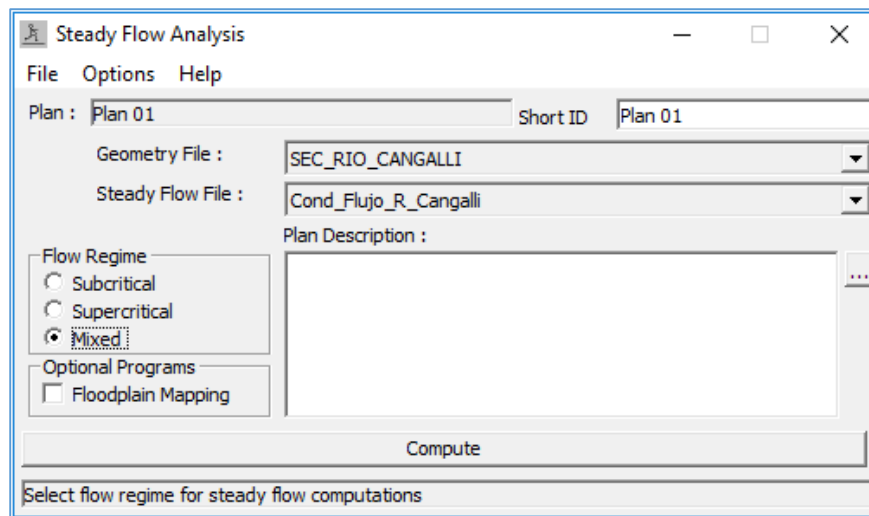


 **CORRER EL PROGRAMA**

Para correr el programa nos vamos a la barra de menus opción **Run/Steady Flow Analysis**



Se selecciona en la venta para flujo mixto, para evaluar flujos críticos y subcríticos, después presionamos **COMPUTE**.



PLOTEO DE RESULTADOS

En la barra de herramientas del menú principal de HEC RAS, observamos las siguientes opciones:



De donde:



Muestra el nivel de flujo en cada sección así como la línea de energía.



Muestra el perfil de flujo del cauce y perfil de la línea de energía.



Muestra el isométrico, para visualizar inundaciones dentro de la zona de estudio.



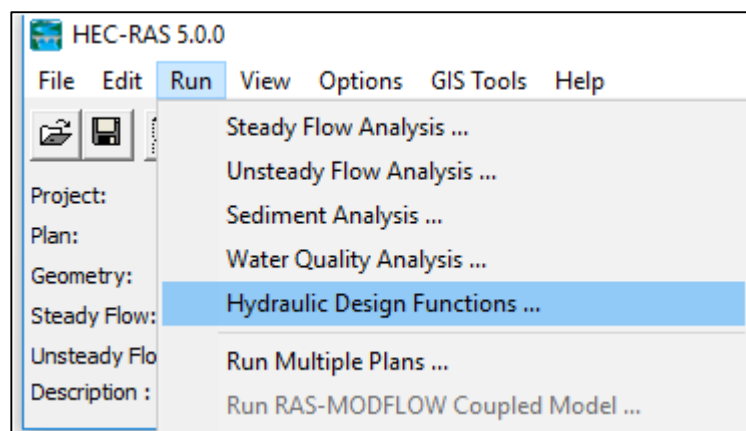
Muestra resultados de la simulación hidráulica por secciones.



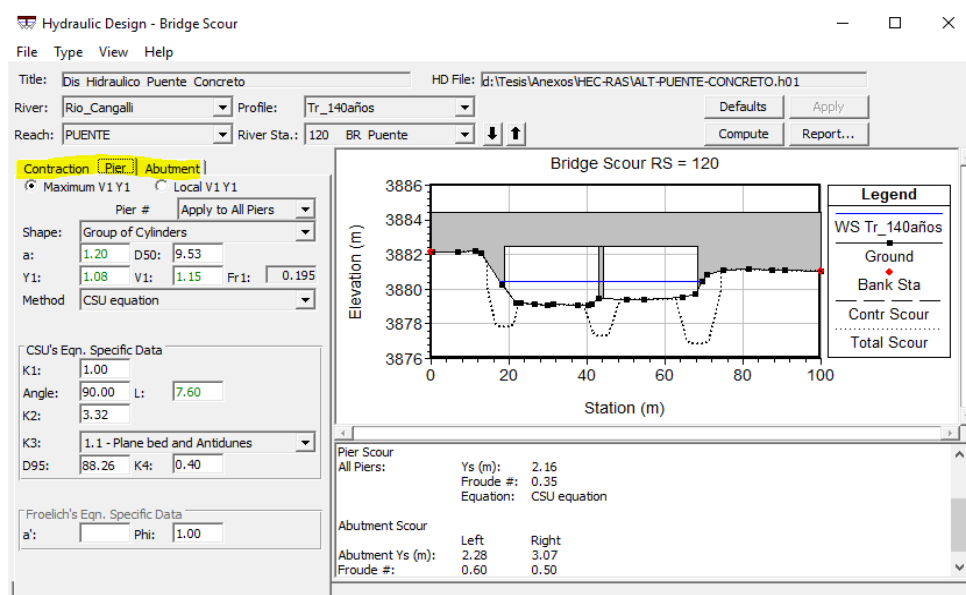
Muestra resultados de la simulación hidráulica de todo el alineamiento del cauce.

SOCAVACION EN PUENTES

Para calcular socavación en puentes, nos vamos a la barra de menus opción **Run/Hydraulic Design Functions...**



Luego nos mostrara la siguiente ventana:



En donde debemos ingresar datos de granulometría y seleccionar el tipo de ecuación a utilizar para calcular la socavación en las opciones **“Contraction”, “Pier” y “Aboutment”**.