



2. MEMORIAS DE CALCULO PUENTE ANIMAS

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

MOVILIDAD

Instituto de Desarrollo Urbano

Sistema Estructural - Puente Animas

El puente en la vereda Animas fue diseñado inicialmente para el tránsito vehicular de la zona. Como no hubo posibilidad de generar las vías necesarias para acceder a este puente, se modificó su uso por un paso peatonal utilizado por los habitantes de esta zona. Los accesos provisionales al puente se elaboraron en madera y así fue como se le ha dado uso a esta estructura.

Los cálculos presentados a continuación incluyen la revisión de la capacidad del puente en concreto existente y los diseños de los accesos de la margen derecha e izquierda del mismo.

El puente en concreto de una luz simplemente apoyado, consta de dos vigas de altura igual a 1.1m y espesor de 20cm que trabajan en sección T con el tablero de espesor de 15cm. La luz de este puente es de 16.75m y el ancho del tablero es de 4.5m. Además el puente tiene 3 riostras, dos ubicadas en cada estribo y una localizada en el centro de la luz. La baranda del puente es también en concreto.

El puente se apoya sobre estribos de concreto de altura promedio 4.0m, estos estribos se encuentran protegidos contra la socavación por estructuras de contención igualmente en concreto que rodean la base del estribo.

Debido a la inestabilidad de los taludes en cada margen del puente y la reducción de cargas a que se ve sometida la estructura debido a su uso actual, se optó por diseñar accesos en estructura metálica.

Los accesos se diseñaron como estructuras en voladizo dado que esta condición de trabajo es la mas desfavorable. Para ambos accesos la concepción del diseño es el de un tablero en sección compuesta (Metaldeck2") de espesor igual a 12cms, soportado por vigas de piso (S6"x12.5) y estas a su vez apoyadas en vigas longitudinales (IPE 300). Las Diagonales son del tipo (HEA 160) arriostradas lateralmente por perfiles L3.5"x1/4" para la margen derecha y L3"x1/4" para la margen izquierda.

El ancho de los accesos peatonales es de 1.6m y sujetan barandas, también metálicas compuestas por tubos de diámetro de 1" y 1 1/2".

El apoyo de los accesos es sobre los estribos del puente (Apoyo inferior) y sobre la parte superior del espaldar (Apoyo superior).

Materiales empleados:

Laminas ASTM A-36

Ángulos ASTM A-36

Concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$

Tornillos SAE Gr. 5

Soldadura E70XX o E60XX

Cargas de diseño para el modelo estructural (Diseño de Accesos Peatonales)

Cargas permanentes: Dados los perfiles seleccionados y la lámina colaborante a utilizar, se calculó la carga muerta de acuerdo con la geometría de las estructuras.

Margen Derecha

La carga muerta se calculó teniendo en cuenta las siguientes propiedades de los materiales:

Densidad del acero = 7.850 kg/m³

Densidad del concreto = 2.400 kg/m³

La carga muerta sobre el Acceso de la margen derecha tiene un valor de 6.788kg, y se calculó con base a los siguientes elementos:

Vigas longitudinales IPE 300 = 42.23 kg/m

Vigas Transversales S6x12.5 = 18.6 kg/m

Vigas Diagonales HE-160 = 30.46 kg/m

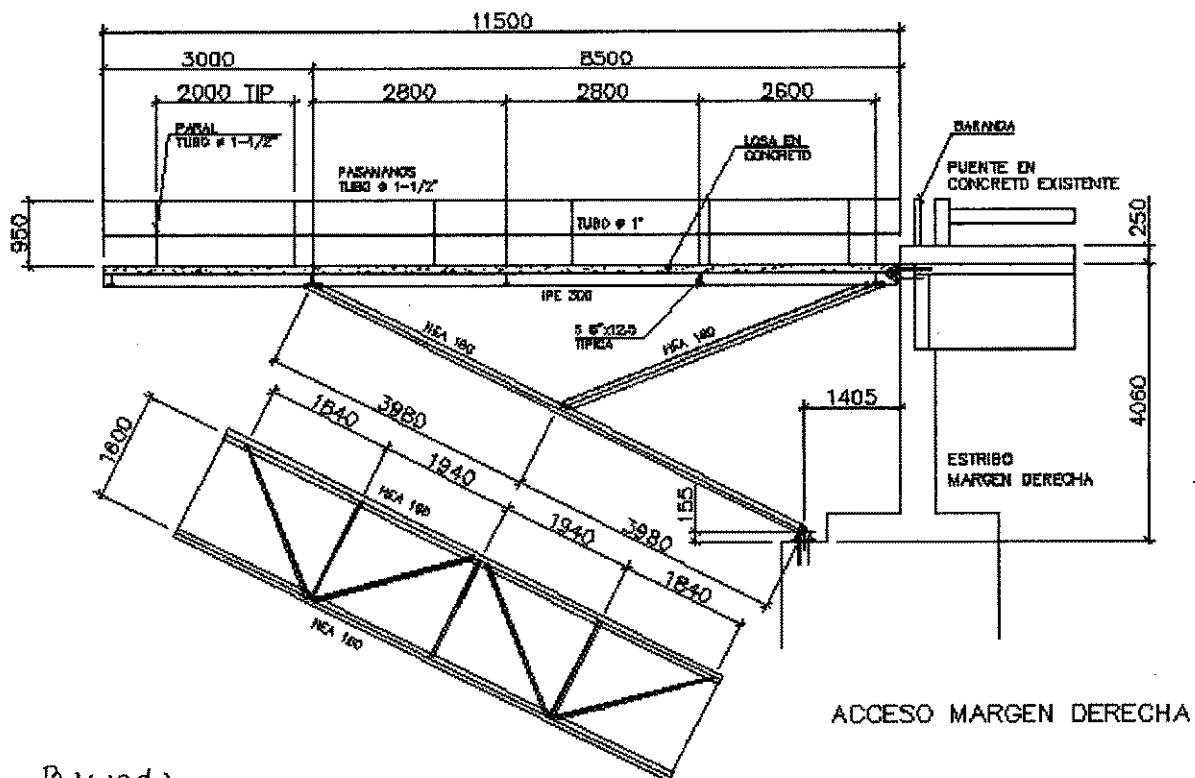
Riostras L 3.5"x3.5"x1/4" = 8.55 kg/m

Tornillería de unión y soldadura: 10% del peso de la estructura metálica

Tablero en concreto Metaldeck 2" Calibre 22 e=12cm = 234.7kg/m² (Manual Técnico Metal Deck)

Barandas = ((11.5 + 7x0.95)m x 5.16e-4m² + 11.5m x 3.19e-4) x 7850 kg/m³ = 102.2 kg

Carga Baranda (por metro lineal a cada lado del acceso) = 102.2kg / 11.5m = 9 kg/m



Baranda
 Tubo 1 1/2" → 1 tubo 11,5m (horizontal superior)
 6 tubos 0,95m (Parales verticales)
 2 tubos 0,48 (Parales extremos)
 $A = 5,16 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
 $11,5 + 7 \times 0,95$

Tubo 1" → 1 tubo 11,5m
 $A = 3,19 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

El programa de análisis calcula el peso propio de los elementos estructurales de acuerdo con las secciones proporcionadas, la carga muerta adicional por metro lineal que hay que adicionarle al modelo corresponde al peso de las barandas y tablero en concreto.

Esta carga se distribuyó así:

Barandas = 9 kg/m (Sobre vigas longitudinales)

Tablero en concreto = 234.7 kg/m² (Sobre vigas transversales)

Viga	Aferencia (m)	Carga (ton/m)	Carga Total (ton) L = 1.60m
Vigas transversal 1	1.50	0.352	= 0.352 x 1.6 = 0.563
Vigas transversal 2	2.90	0.680	= 0.680 x 1.6 = 1.088
Vigas transversal 3	2.80	0.660	= 0.660 x 1.6 = 1.056
Vigas transversal 4	2.85	0.670	= 0.670 x 1.6 = 1.072
Vigas transversal 5	1.45	0.340	= 0.340 x 1.6 = 0.544
Carga Total Tablero en Concreto			4.32

Margen Izquierda

La carga muerta sobre el acceso de la margen izquierda tiene un valor de 2.668kg, y se calculó con base a los siguientes elementos:

Vigas longitudinales IPE 300 = 42.23 kg/m

Vigas Transversales S6x12.5 = 18.6 kg/m

Vigas Diagonales HE-160 = 30.46 kg/m

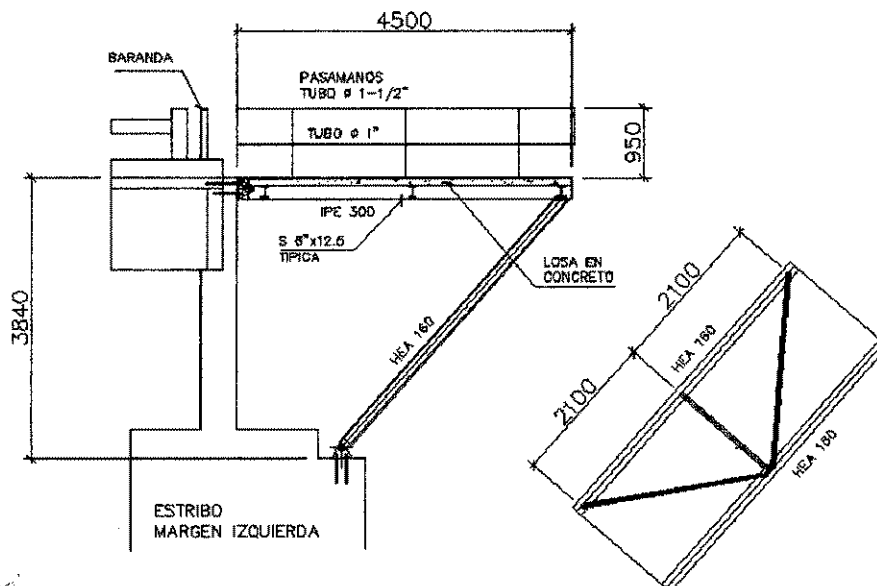
Riostras L 3"x3"x1/4" = 7.3 kg/m

Tornillería de unión y soldadura: 10% del peso de la estructura metálica.

Tablero en concreto Metaldeck 2" Calibre 22 e=12cm = 234.7kg/m² (Manual Técnico Metal Deck)

Barandas = ((4.5 + 4x0.95)m x 5.16e-4m² + 4.5m x 3.19e-4) x 7850 kg/m³ = 44.85 kg

Carga Baranda (por metro lineal a cada lado del acceso) = 44.85kg / 4.5m = 10 kg/m



Baranda
Tubo #1
A 1/2"

Baranda
Tubo #1
A 1/2"

Baranda
Tubo #1
A 1/2"

El programa de análisis calcula el peso propio de los elementos de acuerdo a las secciones proporcionadas, la carga muerta adicional por metro lineal que hay que adicionarle al modelo corresponde al peso de las barandas y tablero en concreto. Esta carga se distribuyó así:

Barandas = 10 kg/m (Sobre vigas longitudinales)

Tablero en concreto = 234.7 kg/m² (Sobre vigas transversales)

Viga	Aferencia (m)	Carga (ton/m)	Carga Total (ton) L = 1.60m
Vigas transversal 1	1.175	0.276	= 0.276 x 1.6 = 0.441
Vigas transversal 2	2.25	0.528	= 0.528 x 1.6 = 0.845
Vigas transversal 3	1.08	0.252	= 0.252 x 1.6 = 0.403
Carga Total Tablero en Concreto			1.690

Carga viva

La carga viva se estableció en 400kg/m² valor dado el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes - 95, y se distribuyó de la siguiente forma en el modelo estructural:

Acceso margen derecha:

Viga	Aferencia (m)	Carga (ton/m)	Carga Total (ton) L = 1.60m
Vigas transversal 1	1.50	0.60	= 0.60 x 1.6 = 0.960
Vigas transversal 2	2.90	1.16	= 1.16 x 1.6 = 1.856
Vigas transversal 3	2.80	1.12	= 1.12 x 1.6 = 1.792
Vigas transversal 4	2.85	1.14	= 1.14 x 1.6 = 1.824
Vigas transversal 5	1.45	0.58	= 0.58 x 1.6 = 0.928
Carga Viva Total			7.36

Acceso margen izquierda:

Viga	Aferencia (m)	Carga (ton/m)	Carga Total (ton) L = 1.60m
Vigas transversal 1	1.175	0.47	= 0.47 x 1.6 = 0.752
Vigas transversal 2	2.25	0.90	= 0.90 x 1.6 = 1.440
Vigas transversal 3	1.08	0.43	= 0.43 x 1.6 = 0.688
Carga Viva Total			2.88

Carga de viento: Para ambos modelos la carga de viento se distribuyó uniformemente sobre las vigas IPE 300 y vigas HE 160. En ambos casos se calculo el área expuesta de barandas y vigas IPE 300 y HE 160. Las vigas IPE 300 llevan la carga correspondiente a su propia aferencia más la carga que se induce sobre las barandas. Las vigas HE 160 llevan la carga de viento correspondiente a su propia aferencia.

Acceso margen Derecha

Carga de Viento sobre IPE 300 = 25.03kg/m.

Carga de Viento sobre HE 160 = 9.87kg/m.

Acceso margen Izquierda

Carga de Viento sobre IPE 300 = 25.7kg/m.

CARGA EN EL SENTIDO TRANSVERSAL (Y)

Carga de Viento sobre HE 160 = 9.87kg/m.

Carga de sismo:

Clasificación del puente: Grupo III (Otros Puentes)

Categoría de Comportamiento Sísmico = CCS-C

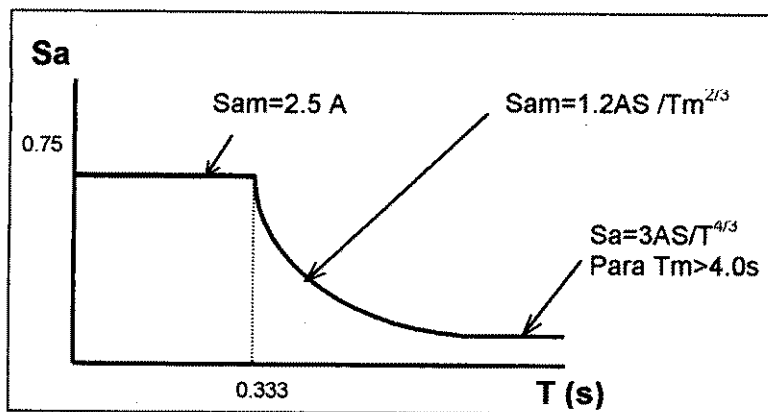
Procedimiento Mínimo de análisis sísmico = PASS

Coefficiente Sísmico = A

La carga de sismo se modeló de dos formas, la primera de ellas incluye el espectro de diseño con los siguientes parámetros sísmicos:

$A = 0.3$ (Figura A.3.5 -1 Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, Región 7)

$S = 1.0$ Suelo estable



La segunda forma incluye la fuerza de sismo como la carga muerta multiplicada por el coeficiente A (PAS-S).

Acceso margen Derecha

Carga de Sismo = $9.798 \times 0.30 = 2.939$ kg

Acceso margen Izquierda

Carga de Sismo = $2.668 \times 0.30 = 800.3$ kg

El sismo se aplica a la estructura de la siguiente manera

- 100% de la carga en el sentido longitudinal + 30% en el sentido transversal + 10% en el sentido vertical.
- 100% de la carga en el sentido transversal + 30% en el sentido longitudinal + 10% en el sentido vertical.

Combinaciones de Carga:

Se consideraron las siguientes combinaciones de carga:

G1 = CM + CV

G2 = CM + W

G3 = CM + CV + 0.3W

G4 = CM + EQ

Donde CM = Carga muerta, CV = Carga viva, W = Carga de viento, EQ = Carga de sismo.

REVISIÓN SECCIÓN CONCRETO

Luz Puente 16.45 m
 f'_c 210 kg/cm²

Avaluo de cargas

Carga Viva 0.40 ton/m²
 Carga Viva 0.90 ton/m

CM x Viga

Peso Propio	0.53 ton/m
Losa	0.81 ton/m
	1.33 ton/m
Baranda	0.19 ton/m
Riostra	1.38 ton

Carga Ultima	4.08 ton/m	Carga Distribuida
1.4D + 2.17L	1.94 ton	Carga Puntual por riostra

Mu	146.12 ton-m
Vu	36.50 ton

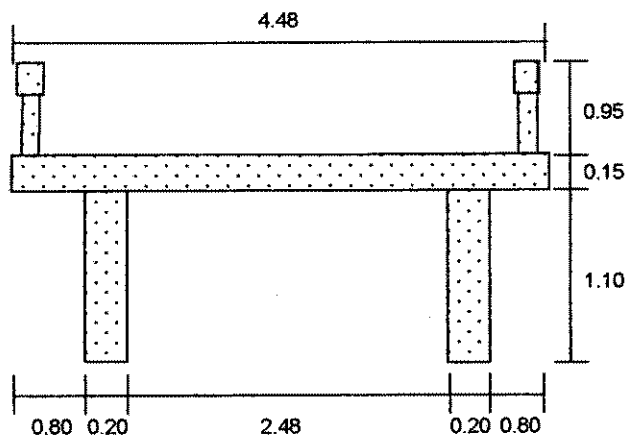
Recubrimiento 3.00 cm

Revisión a flexión

b	180 cm	Sección T 6 No 8 + 2 No 7
d	112.42 cm	
As	38.16 cm ²	
ϕM_n	158.57 ton-m	

Revisión a Corte

ϕ	0.85	
Av	2.54 cm ²	2 No 4
s	30 cm	
f _y	4200 kg/cm ²	
d	122.00 cm	
Vu	36.50 ton	
vu	14.96 kg/cm ²	
vc	7.68 kg/cm ²	
vs	17.78 kg/cm ²	
vn	25.46 kg/cm ²	
ϕvn	21.64 kg/cm ²	

**SECCIÓN TRANSVERSAL**

CARGAS SOBRE LA SUPERESTRUCTURA - ACCESO MARGEN DERECHA

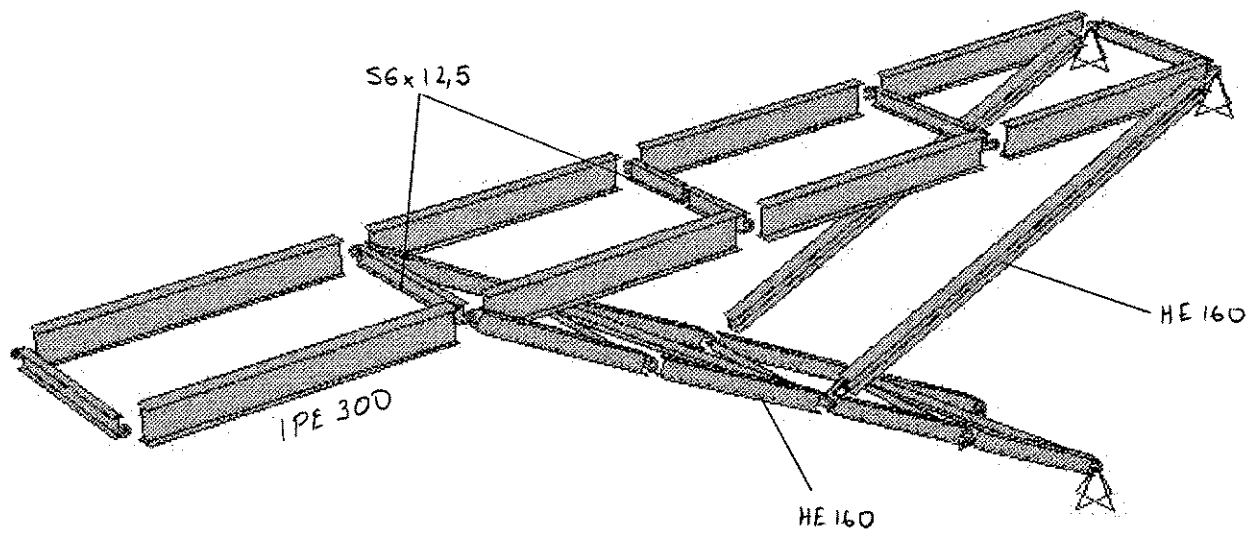
			cantidad	kg
METALDECK	234.70	kg/m ²	18.4	4,318.48
BARANDAS	9.00	kg/m	23	207.00
				<u>4,525.48</u>
ESTRUCTURA METALICA				<u>2,262.48</u>
CARGA MUERTA TOTAL				<u>6,787.96</u>
Carga de Sismo A = 0.30				2036.39

CARGA DE VIENTO**Area expuesta**

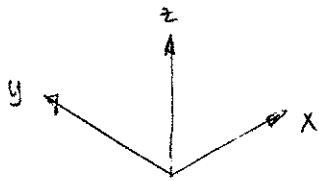
Barandas	
L 1-1/2	1,815 cm
Espesor	3.81 cm
L 1	1,150 cm
Espesor	2.54 cm
	9,836 cm ²
	0.98 m ²
Vigas IPE-300	
Altura	30 cm
Longitud	1150 cm
Area expuesta	34,500 cm ²
	3.45 m ²

Vigas HE-160	
Altura	15.2 cm
Longitud	1335 cm
Area expuesta	20,292 cm ²
	2.03 m ²

Cp	1.4
Vs = Vs1s2s3	
S1	1.1
S2	0.83
S3	1.05
V	120 km/h
Vs	115 km/h
S4	0.73
q	0.464 KN/m ²
P	0.649 KN/m ²
	64.92 kg/m ²
F total en IPE-300	287.83 kg
w en IPE-300	25.03 kg/m
F total en HE - 160	132 kg
w en HE - 160	9.87 kg/m



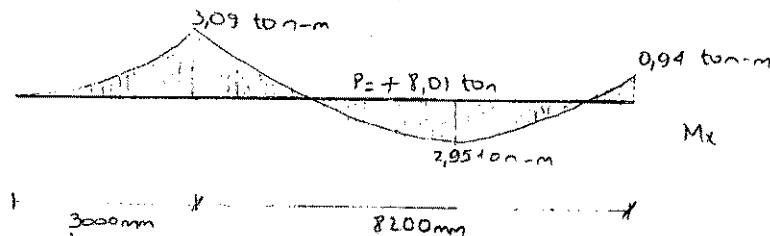
RIOSTRAJ L 3,5"x 1/4"

**Puente Animas – Acceso Margen Derecha**

PUENTE ANIMAS - ACCESO MARGEN DERECHA

PERFIL IPE 300

DISEÑO X ESFUERZOS ADMISIBLES



$$F_y = 25,3 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 20400 \text{ kg/mm}^2$$

$$A = 5380 \text{ mm}^2$$

$$S_x = 557066,7 \text{ mm}^3$$

$$L_b = 8200 \text{ mm en } x$$

Soporte lateral total por placa de concreto

• Relación ancho espesor aleta en compresión

$$\frac{b_f}{2t_f} < \frac{54}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \frac{150}{2 \cdot 10,7} = 7 \leq \frac{54}{\sqrt{25,3}} = 10,3$$

$$f_a = \frac{8010 \text{ kg}}{5380 \text{ mm}^2} = 1,49 \text{ kg/mm}^2$$

$$F_t = 0,55 f_y = 13,92 \text{ kg/mm}^2$$

$$f_{bx} = \frac{M}{S} = \frac{3090 \times 1000 \text{ kg-mm}}{557066,7 \text{ mm}^3} = 5,54 \text{ kg/mm}^2$$

$$F_{bx} = 0,55 f_y = 13,92 \text{ kg/mm}^2$$

$$\frac{f_a}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} = \frac{1,49}{13,92} + \frac{5,54}{13,92} = 0,40 \leq 1,0$$

• Relación ancho espesor alma

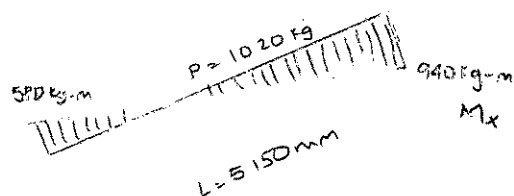
$$\frac{d}{t_w} = \frac{(300 - 2 \cdot 10,7)}{7,1} = 39,24$$

$$m_{2x} = \frac{537}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 3,74 \frac{f_a}{F_y} \right)$$

$$= \frac{537}{\sqrt{25,3}} \left(1 - 3,74 \times \frac{1,49}{25,3} \right) = 23,24$$

PUENTE ANIMAS ACCESO MARGEN DERECHA

PERFIL HE-160 DISEÑO X ESFUERZOS ADMISIBLES
DIAGONAL EN TENSION



$$F_y = 25,3 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 20400 \text{ kg/mm}^2$$

$$A = 3880 \text{ mm}^2$$

$$L = 5150 \text{ mm}$$

$$S_x = 220131,6 \text{ mm}^3$$

$$f_d = \frac{1020 \text{ kg}}{3880 \text{ mm}^2} = 0,26 \text{ kg/mm}^2$$

$$F_t = 0,55 f_y = 13,92 \text{ kg/mm}^2$$

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{940 \times 1000 \text{ kg-mm}}{220131,6 \text{ mm}^3} = 4,27 \text{ kg/mm}^2$$

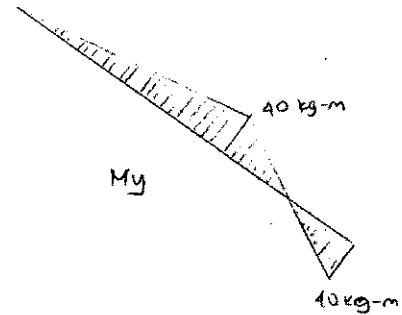
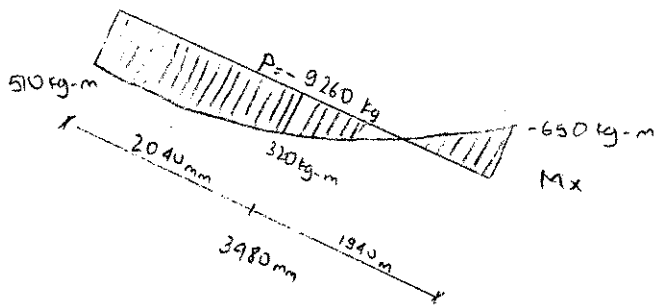
$$F_b = 0,55 f_y = 13,92$$

$$\frac{f_d}{F_t} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1,0$$

$$\frac{0,26}{13,92} + \frac{4,27}{13,92} = 0,32 \leq 1,0$$

PUENTE ANIMAS - ACCESO MARGEN DERECHA

PERFIL HE-160 DISEÑO X ESTUERZOS ADMISIBLES
 DIAONAL - FLEXOCOMPRESION



$$F_y = 25,3 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 20400 \text{ kg/mm}^2$$

$$L_x = 3980 \text{ mm}$$

$$L_y = 2040 \text{ mm}$$

$$r_x = 65,7 \text{ mm}$$

$$r_y = 39,8 \text{ mm}$$

$$\frac{KL_x}{r_x} = \frac{3980}{65,7} = 60,57$$

$$\frac{KL_y}{r_y} = \frac{2040}{39,8} = 51,25$$

$$A = 3880 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 160 \times 9 = 1440 \text{ mm}^2$$

$$\frac{bf}{2t_f} = \frac{160}{2 \times 9} = 8,9 < 10,3$$

$$S_x = 220131,6 \text{ mm}^3$$

$$f_a = \frac{9260}{3980} = 2,39 \text{ kg/mm}^2$$

$$F_a = \frac{F_y}{2,12} \left[1 - \frac{(KL/r)^2 F_y}{4\pi^2 E} \right] = \frac{25,3}{2,12} \left[1 - \frac{60,57^2 \times 25,3}{4\pi^2 \times 20400} \right]$$

$$F_a = 10,55 \text{ kg/mm}^2$$

$$C_{mx} = 0,85 \quad C_{my} = 0,85$$

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{FS \left(\frac{KL}{r_x} \right)^2} = \frac{\pi^2 \times 20400}{2,12 (60,57)^2} = 25,89$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 \times 20400}{2,12 (51,25)^2} = 36,16 \text{ kg/mm}^2$$

$$C_{bx} = 1,75 + 1,05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$C_{bx} = 1,75 - 1,05 \left(\frac{510}{650} \right) + 0,3 \left(\frac{510}{650} \right)^2 = 1,11$$

$$\frac{64 b_f}{\sqrt{f_y}} = \frac{64 \times 160}{\sqrt{25,3}} = 2036 \text{ mm } L_{b \max}$$

$$\frac{L_{bx}}{r_t} = \frac{3980}{39,8} = 100 > \sqrt{\frac{7,2 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{7,2 \times 10^4 \times 1,11}{25,3}} = 56,2$$

$$F_{b1} = \frac{8450 C_b}{L_b (d/A_t)} = \frac{8450 \times 1,11}{3980 (152/1440)} = 22,32 < 0,6 F_y \quad F_{b1} = 15,2 \text{ kg/mm}^2$$

$$\frac{L_{bx}}{r_t} < \sqrt{\frac{36 \times 10^4 C_b}{25,3}} = 125$$

$$F_{b2} = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b/r_t)^2}{1,08 \times 10^6 C_b} \right] F_y = \left[\frac{2}{3} - \frac{25,3 (100)^2}{1,08 \times 10^6 \times 1,11} \right] 25,3 = 11,53 \text{ kg/mm}^2$$

$$F_b = \text{mayor } (F_{b1}, F_{b2}) = 15,2 \text{ kg/mm}^2$$

$$C_{by} = 1,0$$

$$F_{by} = 0,75 F_y = 19 \text{ kg/mm}^2$$

Ahora se comprueban esbazar admisibles
según el código de puentes

Según Código de puentes

$$F_{b_x} = \frac{35300}{S_{xc}} C_{b_x} \left(\frac{I_{yc}}{I} \right) \sqrt{0,772 \left(\frac{J}{I_{yc}} \right) + 9,77 \left(\frac{d}{L} \right)^2} \leq 0,55 f_y$$

$$C_{b_x} = 1,75 + 1,05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$C_{b_x} = 1,75 + 1,05 \left(\frac{510}{650} \right) + 0,3 \left(\frac{510}{650} \right)^2 = 1,11$$

$$C_{b_y} = 1,0$$

$$F_{yc} = \frac{1}{12} 160^3 \times 9$$

$$= 3072.000 \text{ mm}^4$$

$$S_{cx} = 220131,6$$

$$d = 152 \text{ mm}$$

$$J = 121.000 \text{ mm}^4$$

$$L_x = 3980$$

$$F_{b_x} = \frac{35300 \times 1,11}{220131,6} \left(\frac{3072.000}{3980} \right) \sqrt{0,772 \left(\frac{121000}{3072000} \right) + 9,77 \left(\frac{152}{3980} \right)^2}$$

$$= 29,08 \leq 13,92 \rightarrow F_{b_x} = 13,92 \text{ kg/mm}^2$$

$$F_{b_y} = \frac{35300 \times 1,0}{220131,6} \left(\frac{3072000}{2040} \right) \sqrt{0,772 \left(\frac{121000}{3072000} \right) + 9,77 \left(\frac{152}{2040} \right)^2}$$

$$= 70,48 \leq 13,92 \quad F_{b_y} = 13,92 \text{ kg/mm}^2$$

$$f_{bx} = \frac{650 \times 1000}{220131,6} = 2,95 \text{ kg/mm}^2$$

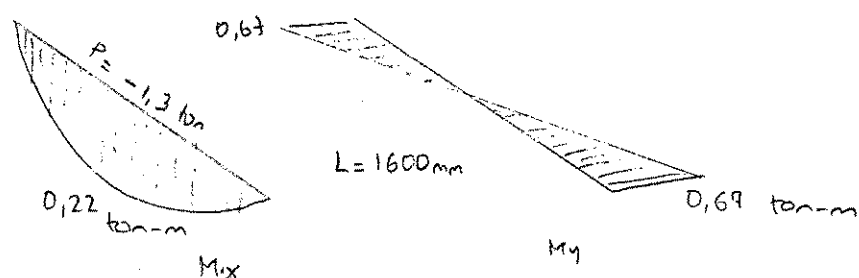
$$f_{by} = \frac{40 \times 1000}{77000} = 0,52 \text{ kg/mm}^2$$

Interacción

$$\frac{2,39}{10,55} + \frac{0,85 \times 2,95}{\left(1 - \frac{2,39}{2589} \right) 13,92} + \frac{0,85 \times 0,52}{\left(1 - \frac{2,39}{36,16} \right) 13,92} = 0,46 \leq 1,0$$

PUENTE ANIMAS - ACCESO MARGEN DERECHA

PERFIL S6 x 12,5



$$F_y = 25,3 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 20400 \text{ kg/mm}^2$$

$$L_x = 1600 \text{ mm}$$

$$L_y = 0 \text{ Arriostrado Lateralmente}$$

• Propiedades sección

metálica.

$$r_x = 62,3 \text{ mm}$$

$$r_y = 17,9 \text{ mm}$$

$$A = 2368 \text{ mm}^2$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{84,6}{2 \times 9,1} = 4,65 < 10,3$$

$$S_x = 120700 \text{ mm}^3$$

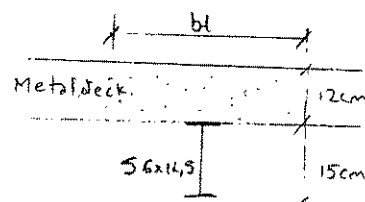
$$C_c = 126$$

$$J = 70759,4 \text{ mm}^4$$

$$d = 152 \text{ mm}$$

$$I_{yc} = \frac{1}{12} 84,6^3 \times 9,1 = 459168 \text{ mm}^4$$

Sección compuesta



$$b_t = \min \left(\frac{L_{viga}}{4}, 12e_{top}, S_{viga} \right)$$

$$= \min \left(\frac{1,6}{4}, 12 \times 0,12, 2,8 \right)$$

$$= 0,4 \text{ m} = 400 \text{ mm}$$

$$n = 8$$

$$b_{lef} = 50 \text{ mm}$$

$$A = 8463,3 \text{ mm}^2$$

$$S_x = 484547 \text{ mm}^3$$

$$S_y = 51364 \text{ mm}^3$$

$$r_x = 75,5 \text{ mm}$$

$$r_y = 16,15 \text{ mm}$$

Prop sección compuesta

$$F_{bx} = 0,55 f_y = 13,92 \text{ kg/mm}^2$$

$$\bullet F_{by} = 0,55 f_y = 13,92$$

$$\bullet f_{bx} = \frac{220 \times 1000 \text{ kg-mm}}{484547 \text{ mm}^3} = 0,45 \text{ kg/mm}^2$$

$$C_{M_x} = 1,0$$

$$\bullet f_{by} = \frac{670 \times 1000 \text{ kg-mm}}{51364 \text{ mm}^3} = 13 \text{ kg/mm}^2$$

$$C_{M_y} = 1,0$$

$$\bullet f_a = \frac{1300 \text{ kg}}{8463,3 \text{ mm}^2} = 0,1536 \text{ kg/mm}^2$$

$$\frac{KL}{r_{x, \text{comp}}} = \frac{1600}{75,5} = 21,2$$

$$\bullet F_a = \frac{f_y}{FS} \left(1 - \frac{KL/r^2}{4\pi^2 E} F_y \right) = \frac{25,3}{2,12} \left(1 - \frac{(21,2)^2 25,3}{4\pi^2 20400} \right) = 11,76 \text{ kg/mm}^2$$

Interacción

$$\frac{0,15}{11,76} + \frac{1,0 \times 0,45}{13,92} + \frac{1,0 \times 13}{13,92} = 0,98$$

Perfor 56x12,5

REVISION X CARGA VERTICAL

$$M_x = 0,580 \text{ ton-m}$$

$$S_{req} = \frac{M_x}{0,55 f_y} = \frac{580 \times 1000 \text{ kg-mm}}{0,55 \times 25,3 \text{ kg/mm}^2} = 41681,6 \text{ mm}^3$$

$$S_{suministado} = 120300 \text{ mm}^3 -$$

PUENTE ANIMAS - ACCESO MARGEN DERECHA

PERFIL L 3,5" x 3,5" x 1/4" DISEÑO X ESFUERZOS ADMISIBLES

$$P = -4110 \text{ kg}$$

$$L = 2400 \text{ mm}$$

$$P = +4618 \text{ kg}$$

$$L = 2400 \text{ mm}$$

Reducción 33% Cargas

Hyp: CM + EQ

$$f_y = 25,3 \text{ kg/mm}^2$$

$$E = 20400 \text{ kg/mm}^2$$

$$A = 1090,3 \text{ mm}^2$$

$$r_z = 17,63 \text{ mm}$$

$$\frac{KL}{r_z} = \frac{2400 \text{ mm}}{17,63 \text{ mm}} = 136,13$$

$$C_c = \sqrt{2\pi^2 E / F_y} = 126,16$$

$$\frac{KL}{r} > C_c$$

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{FS (KL/r)^2} = \frac{\pi^2 \times 20400}{2,12 \times 136,13^2} = 5,13 \text{ kg/mm}^2$$

$$P_{adm} = 5,13 \times 1090,3 = 5588 \text{ kg (Compresión)}$$

$$P_{adm} = 0,55 f_y \times A = 0,55 \times 25,3 \times 1090,3 = 15177 \text{ kg (Tensión)}$$

VERIFICACIÓN DE CONEXIONES

ACCESO MARGEN DERECHA

CONEXIÓN 1**TORNILLOS**

Número de tornillos	4	
Diametro	1.59	cm
Fu	4080.00	kg/cm ²

PLACAS

φ Placa 1	1.07	cm
φ Placa 2	0.95	cm

FUERZAS

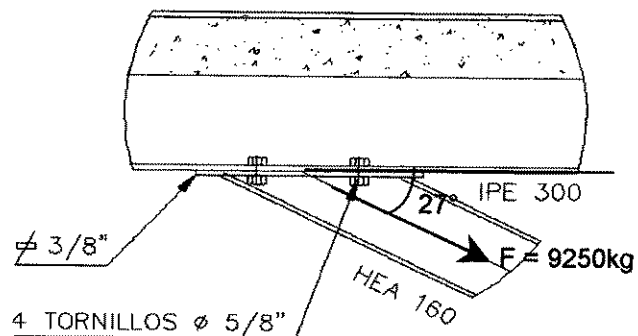
$$\text{Corte} = F \cos(27^\circ) \quad 8241.8 \quad \text{kg}$$

Esfuerzo Cortante

$$f_v = \frac{P}{(4 \times A \phi s_i)} \quad 1040.99 \quad \text{kg/cm}^2$$

Esfuerzo de aplastamiento

fp placa 1	1213	kg/cm ²
fp placa 2	1366	kg/cm ²



Componente Horizontal

Admisible

$$1340 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$4488 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$4488 \quad \text{kg/cm}^2$$

CONEXIÓN 2**TORNILLOS**

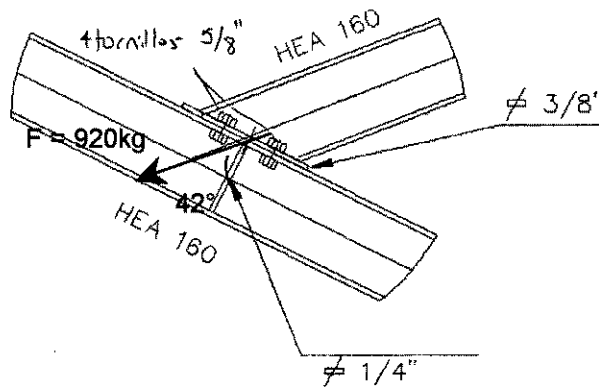
Número de tornillos	4	
Diametro	1.59	cm
Fu	4080.00	kg/cm ²

PLACAS

φ Placa 1	1.07	cm
φ Placa 2	0.95	cm

FUERZAS

Corte = $F \sin(42^\circ)$	615.6	kg
Tensión = $F \cos(42^\circ)$	683.7	kg

**Esfuerzo Cortante**

f_v	77.75	kg/cm ²	Admisible	1340	kg/cm ²
-------	-------	--------------------	-----------	------	--------------------

Esfuerzo Axial (En cada Tornillo)

f_t	86.4	kg/cm ²	2780	kg/cm ²
-------	------	--------------------	------	--------------------

Esfuerzo de aplastamiento

f_p placa 1	90.6	kg/cm ²	4488	kg/cm ²
f_p placa 2	102.0	kg/cm ²	4488	kg/cm ²

$$f_v = \frac{F \sin 42^\circ}{4(A \phi 5/8)}$$

$$f_t = \frac{F \cos(42^\circ)}{4(A \phi 5/8)}$$

Interacción Corte - Tensión

$$s^2 + (kt)^2 = S^2$$

s	78 kg/cm ²
k	0.6
t	86.4 kg/cm ²
S	93 kg/cm ²

Mayor que el esfuerzo actuante a corte para cada tornillo

CONEXIÓN 3**TORNILLOS**

Número de tornillos	4	
Diametro	1.59	cm
Fu	4080.00	kg/cm2

PLACAS

ϕ Placa 1	1.07	cm
ϕ Placa 2	0.95	cm

FUERZAS

Corte = $F \cos(21^\circ)$	914.9	kg
Tensión = $F \sin(21^\circ)$	351.2	kg

Esfuerzo Cortante

f_v	115.56	kg/cm2
-------	--------	--------

Admisible

1340	kg/cm2
------	--------

Esfuerzo Axial (En cada Tornillo)

f_t	44.4	kg/cm2
-------	------	--------

2780	kg/cm2
------	--------

Esfuerzo de aplastamiento

f_p placa 1	134.7	kg/cm2
f_p placa 2	151.7	kg/cm2

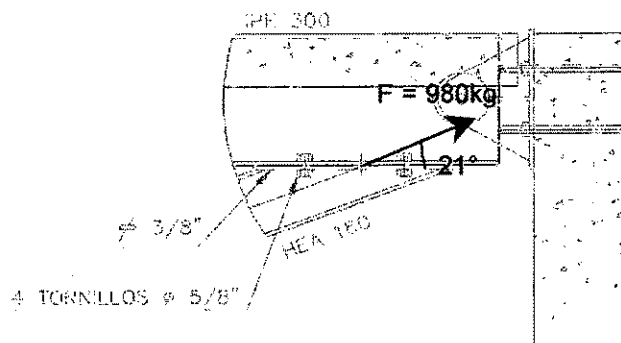
4488	kg/cm2
4488	kg/cm2

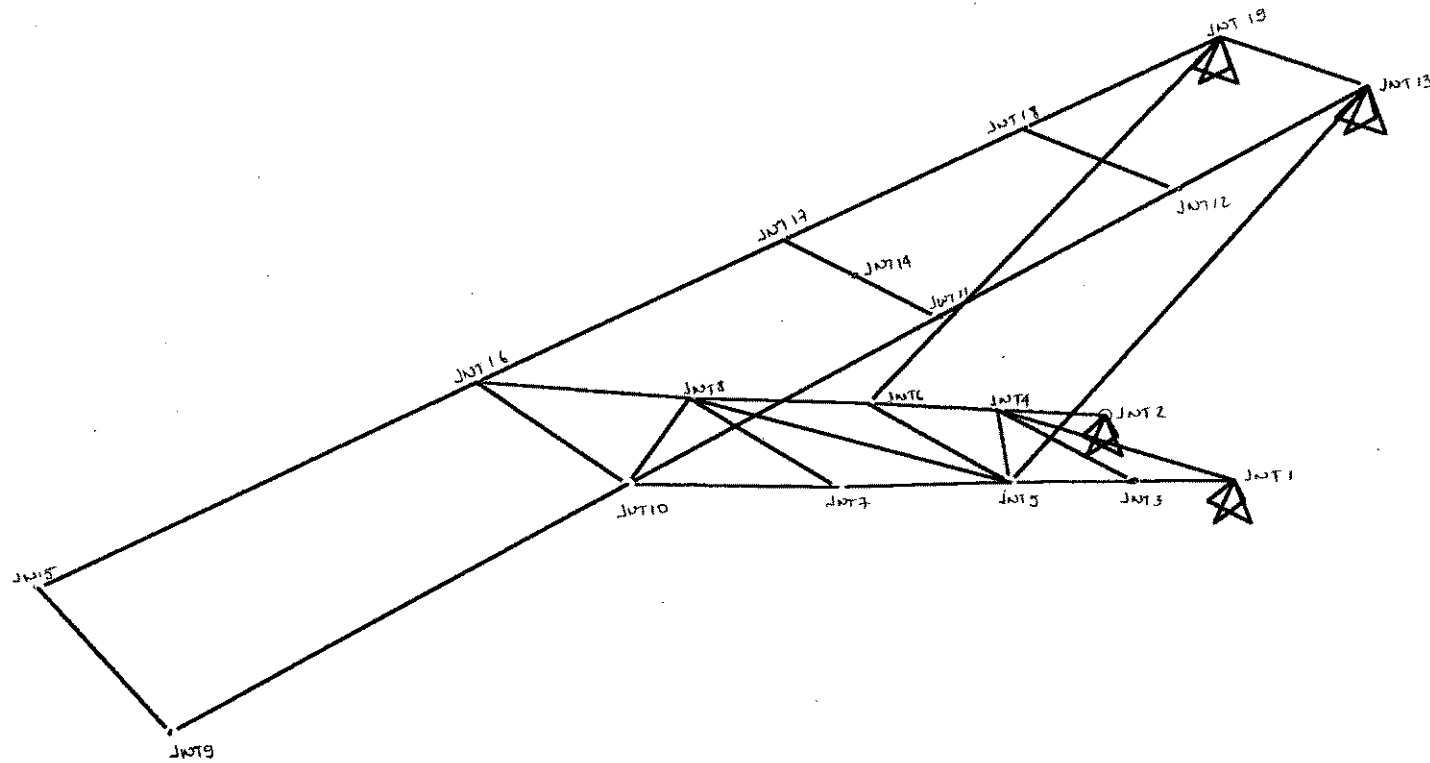
Interacción Corte - Tensión

$$s^2 + (kt)^2 = S^2$$

s	116 kg/cm2
k	0.6
t	44.4 kg/cm2
S	119 kg/cm2

Mayor que el esfuerzo actuante a corte para cada tornillo





Identificación de Nudo puente Animar
Margen Derecha

DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	LOAD	U1 m	U2 m	U3 m	R1 rad	R2 rad	R3 rad
JNT1	G1	0	0	0	-4.42E-04	-2.57E-04	-6.00E-05
JNT1	G2 MAX	0	0	0	-3.04E-04	-2.12E-04	1.42E-04
JNT1	G2 MIN	0	0	0	-4.45E-04	-2.29E-04	-3.21E-05
JNT1	G3 MAX	0	0	0	-4.20E-04	-2.55E-04	-3.39E-05
JNT1	G3 MIN	0	0	0	-4.63E-04	-2.60E-04	-8.60E-05
JNT1	G4 MAX	0	0	0	4.04E-05	-1.49E-04	7.04E-04
JNT1	G4 MIN	0	0	0	-7.89E-04	-2.92E-04	-5.94E-04
JNT2	G1	0	0	0	1.29E-05	-2.93E-04	-2.93E-04
JNT2	G2 MAX	0	0	0	1.21E-04	-2.43E-04	-7.56E-05
JNT2	G2 MIN	0	0	0	1.35E-05	-2.64E-04	-2.65E-04
JNT2	G3 MAX	0	0	0	2.90E-05	-2.90E-04	-2.64E-04
JNT2	G3 MIN	0	0	0	-3.15E-06	-2.96E-04	-3.21E-04
JNT2	G4 MAX	0	0	0	6.35E-04	-1.85E-04	4.56E-04
JNT2	G4 MIN	0	0	0	-5.01E-04	-3.22E-04	-7.96E-04
JNT3	G1	4.49E-05	2.98E-04	-4.65E-04	-1.19E-04	-1.00E-04	1.21E-04
JNT3	G2 MAX	-1.16E-05	3.51E-04	-2.90E-04	-3.00E-05	-2.71E-05	1.80E-04
JNT3	G2 MIN	-5.90E-05	-7.29E-05	-3.62E-04	-2.17E-04	-5.70E-05	5.83E-06
JNT3	G3 MAX	5.21E-05	3.61E-04	-4.54E-04	-9.10E-05	-9.60E-05	1.47E-04
JNT3	G3 MIN	3.78E-05	2.34E-04	-4.76E-04	-1.47E-04	-1.05E-04	9.45E-05
JNT3	G4 MAX	2.06E-04	1.86E-03	3.30E-06	5.44E-04	9.43E-05	8.91E-04
JNT3	G4 MIN	-2.77E-04	-1.58E-03	-6.56E-04	-7.91E-04	-1.78E-04	-7.05E-04
JNT4	G1	2.39E-05	3.02E-04	-5.07E-04	1.54E-04	-9.61E-05	-1.98E-05
JNT4	G2 MAX	-1.83E-05	3.51E-04	-3.18E-04	1.92E-04	-2.15E-05	6.17E-05
JNT4	G2 MIN	-9.05E-05	-6.83E-05	-4.10E-04	7.88E-05	-5.18E-05	-1.39E-04
JNT4	G3 MAX	3.48E-05	3.65E-04	-4.93E-04	1.71E-04	-9.16E-05	1.03E-05
JNT4	G3 MIN	1.31E-05	2.39E-04	-5.20E-04	1.37E-04	-1.01E-04	-4.98E-05
JNT4	G4 MAX	2.98E-04	1.86E-03	1.25E-05	7.74E-04	9.23E-05	7.24E-04
JNT4	G4 MIN	-4.07E-04	-1.58E-03	-7.41E-04	-5.03E-04	-1.66E-04	-8.01E-04
JNT5	G1	2.14E-04	1.58E-05	-6.88E-04	-2.08E-04	-1.32E-04	8.99E-05
JNT5	G2 MAX	1.30E-04	5.06E-04	-2.42E-04	1.65E-04	2.47E-05	8.55E-05
JNT5	G2 MIN	5.64E-05	-4.90E-04	-4.27E-04	-4.84E-04	-3.84E-05	4.51E-05
JNT5	G3 MAX	2.25E-04	1.65E-04	-6.61E-04	-1.11E-04	-1.22E-04	9.60E-05
JNT5	G3 MIN	2.03E-04	-1.34E-04	-7.16E-04	-3.05E-04	-1.41E-04	8.38E-05
JNT5	G4 MAX	4.56E-04	4.33E-03	5.55E-04	1.06E-03	3.29E-04	1.10E-03
JNT5	G4 MIN	-2.70E-04	-4.31E-03	-1.22E-03	-1.37E-03	-3.42E-04	-9.70E-04
JNT6	G1	2.13E-04	2.17E-05	-6.88E-04	8.57E-05	-1.12E-04	-2.97E-05
JNT6	G2 MAX	1.30E-04	5.10E-04	-2.40E-04	2.71E-04	3.97E-05	3.52E-05
JNT6	G2 MIN	5.54E-05	-4.89E-04	-4.29E-04	-1.35E-04	-2.78E-05	-8.38E-05
JNT6	G3 MAX	2.25E-04	1.72E-04	-6.60E-04	1.47E-04	-1.02E-04	-1.18E-05
JNT6	G3 MIN	2.02E-04	-1.28E-04	-7.17E-04	2.48E-05	-1.22E-04	-4.75E-05
JNT6	G4 MAX	4.57E-04	4.33E-03	5.59E-04	1.27E-03	3.65E-04	1.06E-03
JNT6	G4 MIN	-2.72E-04	-4.31E-03	-1.23E-03	-1.14E-03	-3.53E-04	-1.11E-03
JNT7	G1	-6.16E-04	3.23E-04	-2.90E-03	5.36E-07	-9.41E-04	-5.56E-05
JNT7	G2 MAX	-2.91E-04	1.01E-03	-1.18E-03	2.18E-04	-4.04E-04	7.09E-05
JNT7	G2 MIN	-3.03E-04	-7.17E-04	-1.55E-03	-3.37E-04	-4.73E-04	-4.93E-05
JNT7	G3 MAX	-6.14E-04	5.81E-04	-2.85E-03	8.38E-05	-9.31E-04	-3.76E-05
JNT7	G3 MIN	-6.17E-04	6.38E-05	-2.96E-03	-8.27E-05	-9.51E-04	-7.37E-05
JNT7	G4 MAX	-2.79E-04	8.06E-03	5.15E-04	2.64E-03	-4.94E-05	5.70E-04
JNT7	G4 MIN	-3.15E-04	-7.76E-03	-3.24E-03	-2.76E-03	-8.28E-04	-5.48E-04
JNT8	G1	-6.25E-04	3.26E-04	-2.92E-03	-1.24E-04	-9.44E-04	1.82E-05
JNT8	G2 MAX	-2.90E-04	1.01E-03	-1.19E-03	2.51E-04	-4.07E-04	4.62E-05
JNT8	G2 MIN	-3.22E-04	-7.14E-04	-1.58E-03	-2.25E-04	-4.75E-04	-9.33E-05
JNT8	G3 MAX	-6.21E-04	5.84E-04	-2.86E-03	-5.29E-05	-9.34E-04	3.92E-05
JNT8	G3 MIN	-6.30E-04	6.79E-05	-2.98E-03	-1.96E-04	-9.55E-04	-2.69E-06
JNT8	G4 MAX	-1.80E-04	8.05E-03	5.91E-04	2.58E-03	-5.37E-05	5.38E-04
JNT8	G4 MIN	-4.32E-04	-7.76E-03	-3.35E-03	-2.55E-03	-8.28E-04	-5.85E-04
JNT9	G1	-2.13E-04	3.73E-05	-2.69E-03	5.14E-04	-6.82E-04	-6.03E-07
JNT9	G2 MAX	-9.01E-05	1.23E-03	-7.40E-04	5.35E-04	-1.93E-04	6.24E-06

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	LOAD	U1 m	U2 m	U3 m	R1 rad	R2 rad	R3 rad
JNT9	G2 MIN	-1.01E-04	-1.19E-03	-1.32E-03	-1.49E-04	-2.37E-04	-6.86E-06
JNT9	G3 MAX	-2.11E-04	4.00E-04	-2.60E-03	6.17E-04	-6.75E-04	1.36E-06
JNT9	G3 MIN	-2.14E-04	-3.26E-04	-2.78E-03	4.11E-04	-6.88E-04	-2.57E-06
JNT9	G4 MAX	1.21E-05	1.13E-02	2.17E-03	4.18E-03	7.42E-05	1.34E-04
JNT9	G4 MIN	-2.03E-04	-1.12E-02	-4.23E-03	-3.79E-03	-5.04E-04	-1.35E-04
JNT10	G1	-2.13E-04	3.55E-05	-2.65E-03	5.14E-04	1.52E-03	-6.03E-07
JNT10	G2 MAX	-9.01E-05	1.25E-03	-9.88E-04	5.35E-04	7.40E-04	6.24E-06
JNT10	G2 MIN	-1.01E-04	-1.21E-03	-1.44E-03	-1.49E-04	6.97E-04	-6.86E-06
JNT10	G3 MAX	-2.11E-04	4.04E-04	-2.59E-03	6.17E-04	1.53E-03	1.36E-06
JNT10	G3 MIN	-2.14E-04	-3.33E-04	-2.72E-03	4.11E-04	1.51E-03	-2.57E-06
JNT10	G4 MAX	1.21E-05	1.17E-02	1.16E-03	4.18E-03	9.65E-04	1.34E-04
JNT10	G4 MIN	-2.03E-04	-1.16E-02	-3.58E-03	-3.79E-03	4.71E-04	-1.35E-04
JNT11	G1	-2.13E-04	3.38E-05	-1.02E-02	4.09E-04	2.18E-03	-6.03E-07
JNT11	G2 MAX	-9.01E-05	1.26E-03	-4.46E-03	4.62E-04	1.01E-03	6.24E-06
JNT11	G2 MIN	-1.01E-04	-1.23E-03	-4.77E-03	-1.07E-04	9.51E-04	-6.86E-06
JNT11	G3 MAX	-2.11E-04	4.08E-04	-1.01E-02	4.95E-04	2.19E-03	1.36E-06
JNT11	G3 MIN	-2.14E-04	-3.40E-04	-1.02E-02	3.24E-04	2.17E-03	-2.57E-06
JNT11	G4 MAX	1.21E-05	1.21E-02	-2.96E-03	5.80E-03	1.25E-03	1.34E-04
JNT11	G4 MIN	-2.03E-04	-1.20E-02	-6.26E-03	-5.45E-03	7.04E-04	-1.35E-04
JNT12	G1	-2.13E-04	3.21E-05	-1.06E-02	3.04E-04	-2.12E-03	-6.03E-07
JNT12	G2 MAX	-9.01E-05	1.28E-03	-4.73E-03	3.90E-04	-9.23E-04	6.24E-06
JNT12	G2 MIN	-1.01E-04	-1.25E-03	-4.89E-03	-6.51E-05	-9.79E-04	-6.86E-06
JNT12	G3 MAX	-2.11E-04	4.12E-04	-1.06E-02	3.73E-04	-2.11E-03	1.36E-06
JNT12	G3 MIN	-2.14E-04	-3.48E-04	-1.06E-02	2.36E-04	-2.13E-03	-2.57E-06
JNT12	G4 MAX	1.21E-05	1.24E-02	-3.97E-03	7.43E-03	-6.54E-04	1.34E-04
JNT12	G4 MIN	-2.03E-04	-1.24E-02	-5.65E-03	-7.11E-03	-1.25E-03	-1.35E-04
JNT13	G1	0	0	0	1.96E-04	-3.93E-03	-1.24E-05
JNT13	G2 MAX	0	0	0	3.15E-04	-1.79E-03	5.65E-04
JNT13	G2 MIN	0	0	0	-2.16E-05	-1.84E-03	-5.79E-04
JNT13	G3 MAX	0	0	0	2.46E-04	-3.92E-03	1.59E-04
JNT13	G3 MIN	0	0	0	1.45E-04	-3.94E-03	-1.84E-04
JNT13	G4 MAX	0	0	0	9.12E-03	-1.55E-03	4.79E-03
JNT13	G4 MIN	0	0	0	-8.82E-03	-2.08E-03	-4.81E-03
JNT14	G1	-2.12E-04	3.38E-05	-1.11E-02	-1.08E-05	2.18E-03	-6.03E-07
JNT14	G2 MAX	-9.51E-05	1.26E-03	-4.96E-03	1.91E-04	9.80E-04	6.24E-06
JNT14	G2 MIN	-9.51E-05	-1.23E-03	-4.96E-03	-2.05E-04	9.78E-04	-6.86E-06
JNT14	G3 MAX	-2.12E-04	4.08E-04	-1.11E-02	4.87E-05	2.18E-03	1.36E-06
JNT14	G3 MIN	-2.12E-04	-3.40E-04	-1.11E-02	-7.03E-05	2.18E-03	-2.57E-06
JNT14	G4 MAX	-6.83E-05	1.21E-02	-4.93E-03	2.06E-03	9.87E-04	1.34E-04
JNT14	G4 MIN	-1.22E-04	-1.20E-02	-4.98E-03	-2.07E-03	9.71E-04	-1.35E-04
JNT15	G1	-2.12E-04	3.73E-05	-2.65E-03	4.87E-04	-6.70E-04	-6.03E-07
JNT15	G2 MAX	-8.96E-05	1.23E-03	-7.04E-04	5.93E-04	-1.85E-04	6.24E-06
JNT15	G2 MIN	-1.00E-04	-1.19E-03	-1.31E-03	-1.69E-04	-2.31E-04	-6.86E-06
JNT15	G3 MAX	-2.10E-04	4.00E-04	-2.56E-03	6.02E-04	-6.63E-04	1.36E-06
JNT15	G3 MIN	-2.13E-04	-3.26E-04	-2.74E-03	3.73E-04	-6.77E-04	-2.57E-06
JNT15	G4 MAX	1.25E-05	1.13E-02	2.29E-03	4.47E-03	1.01E-04	1.34E-04
JNT15	G4 MIN	-2.02E-04	-1.12E-02	-4.31E-03	-4.05E-03	-5.17E-04	-1.35E-04
JNT16	G1	-2.12E-04	3.55E-05	-2.65E-03	4.87E-04	1.53E-03	-6.03E-07
JNT16	G2 MAX	-8.96E-05	1.25E-03	-9.78E-04	5.93E-04	7.49E-04	6.24E-06
JNT16	G2 MIN	-1.00E-04	-1.21E-03	-1.45E-03	-1.69E-04	7.02E-04	-6.86E-06
JNT16	G3 MAX	-2.10E-04	4.04E-04	-2.58E-03	6.02E-04	1.54E-03	1.36E-06
JNT16	G3 MIN	-2.13E-04	-3.33E-04	-2.72E-03	3.73E-04	1.52E-03	-2.57E-06
JNT16	G4 MAX	1.25E-05	1.17E-02	1.20E-03	4.47E-03	9.91E-04	1.34E-04
JNT16	G4 MIN	-2.02E-04	-1.16E-02	-3.63E-03	-4.05E-03	4.59E-04	-1.35E-04
JNT17	G1	-2.12E-04	3.38E-05	-1.02E-02	3.01E-04	2.18E-03	-6.03E-07
JNT17	G2 MAX	-8.96E-05	1.26E-03	-4.46E-03	5.52E-04	1.01E-03	6.24E-06
JNT17	G2 MIN	-1.00E-04	-1.23E-03	-4.79E-03	-3.10E-04	9.52E-04	-6.86E-06
JNT17	G3 MAX	-2.10E-04	4.08E-04	-1.01E-02	4.30E-04	2.19E-03	1.36E-06
JNT17	G3 MIN	-2.13E-04	-3.40E-04	-1.02E-02	1.72E-04	2.18E-03	-2.57E-06
JNT17	G4 MAX	1.25E-05	1.21E-02	-2.97E-03	5.96E-03	1.26E-03	1.34E-04