

TEMA IV: Ingeniería estructural de un cruzamiento típico.

IV.1 ANTECEDENTES.

En este capítulo se analizará una de las estructuras que servirán de apoyo para resolver el Paso Aéreo del km 74+317. Se eligió un problema típico para no hacer tan extenso este capítulo, ya que el análisis y desarrollo de la solución son similares para todas las estructuras de Pasos Aéreos, que están comprendidas a lo largo de todo el proyecto

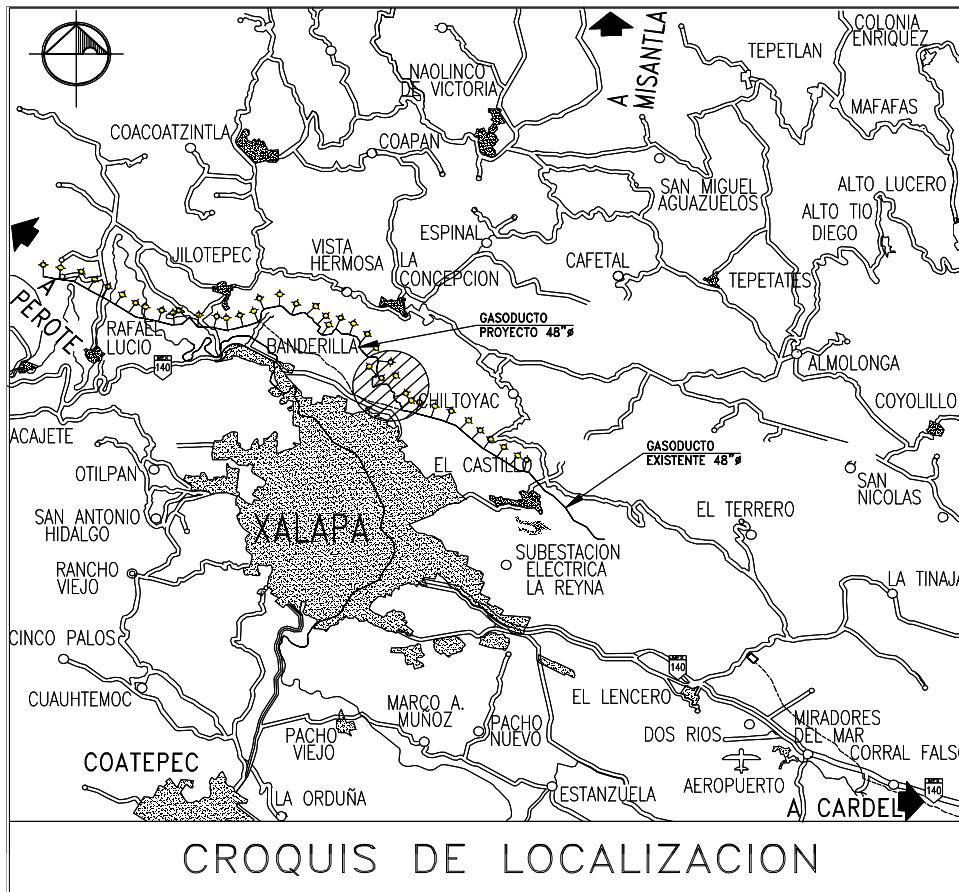


Fig. IV.1.1: Ubicación del Paso Aéreo en estrudio, sobre el nuevo trayecto del Gasoducto (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

IV.2 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL CRUZAMIENTO TIPO

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los criterios básicos utilizados para el análisis y diseño de los elementos estructurales de la estructura del Paso Aéreo del km 74+317, que forma parte del proyecto de sustitución de tubería de 48"Ø entre los kilómetros 68+000 al 88+000 del gasoducto Cempoala-Santa Ana . Se trata de una estructura tipo puente, con cuatro apoyos, de los cuales, dos son de extremo y dos intermedios, que están sustentados en dos marcos rígidos. La longitud total del claro es de 58.92 m y una altura máxima de 9.718 m. En este puente se aloja la tubería de 48" que es parte de la línea nueva del proyecto (línea denominada de desvío).

ESTRUCTURACIÓN

La estructura del Paso Aéreo del km 74+317, está estructurada a base de celosía y marcos de acero, formados por cuerdas, montantes, diagonales, traveses y columnas de acero de sección constante de alma llena y circular. En total son dos marcos rígidos (en sentido transversal), que conforman los soportes intermedios, que están separados 26.80 m . Además, se propone un apoyo extremo totalmente articulado que no permite desplazamiento alguno y otro que permite el movimiento en el sentido longitudinal de la tubería, para considerar el efecto que induce el libre movimiento de la tubería y la estructura, por efecto de la temperatura (expansiones y contracciones). En el sentido longitudinal, la estructura está contraventeada en toda su extensión, formando una celosía triangular.

IV.3 CARGAS SOBRE LA ESTRUCTURA.

Las cargas a considerar en el diseño del Paso Aéreo, se enlistaran a continuación para su definición, combinandose de acuerdo a los reglamentos y manuales de construcción citados en la siguiente sección, dependiendo del elemento y material con que se requiera diseñar:

- Cargas muertas, vivas y peso propio
Peso propio de la estructura: Ds El programa RISA-3D (Rapid Interactive Structural Analysis) considera el peso de los perfiles.
Peso de la Tubería en Operación: Do
Peso de la Tubería Vacía: De
Peso de la Tubería en Prueba Hidrostática: Dt
- Fuerzas sísmicas*
Sismo con la Tubería en Operación, Eje X: Eox
Sismo con la Tubería en Operación, Eje Z: Eoz
Sismo con la Tubería Vacía, Eje X: Eex
Sismo con la Tubería Vacía, Eje Z: Eez
- Cargas debidas al Viento
Viento en dirección del Eje X: Wx
Viento en dirección del Eje Z: Wz
- Fuerzas por temperatura
Fuerzas Térmicas (Fricción): Ff

* Para el análisis sísmico se definieron dos tipos de fuerzas sísmicas, una que considera el peso de la tubería vacía y otra en operación, descartando la posibilidad de analizar una tercera opción, con la tubería en Prueba Hidrostática, ya que esta tiene una posibilidad de ocurrencia casi nula, y de presentarse, es muy cercana a la calculada con la tubería en operación.

IV.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

De acuerdo con lo establecido en las bases de diseño se utilizaron los siguientes materiales para el diseño y construcción del Paso Aéreo, Basandose en los estandares internacionales ASTM (American Society for Testing and Materials), AWS (American Welding Society) y ACI (American Concret Institute):

Acero Estructural (perfiles laminados y formados con placas):	ASTM A-36, $f_y=2530 \text{ kg/cm}^2$
Placas, Ángulos, Canales y Redondos:	ASTM A-36, $f_y=2530 \text{ kg/cm}^2$
Tornillos de Alta Resistencia:	ASTM A-325
Electrodos:	AWS-A-5.1, series E-70XX
Concreto	$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Acero de Refuerzo	ASTM 615-615M, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

IV.5 ESPECIFICACIONES GENERALES

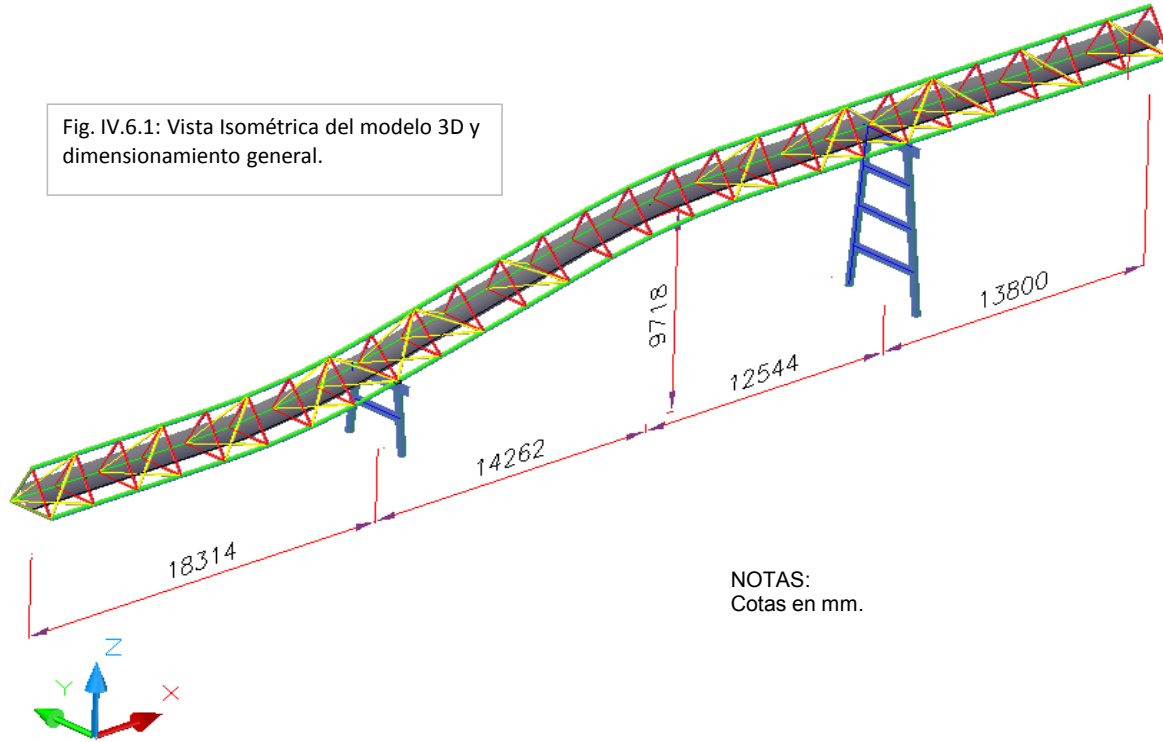
El diseño estructural está basado en los reglamentos y/o manuales especificados en las Bases de Diseño Civil y en las guías de diseño siguientes:

- a) Manual de Diseño de Obras Civiles (CFE 2008).
 - * Diseño por Viento.
 - * Diseño por Sismo.
- b) Manual de Construcción en Acero (Manual IMCA).
- c) Especificaciones PEMEX.
- d) Steel Constructions Manual, American Institute of Steel Construction Inc. (AISC 13th Ed.).
- e) Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08).
- f) Process Industry Practices (PIP-STC01015).

IV.6 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

IV.6.1 GEOMETRÍA

En esta sección se presenta el modelo 3D que se alimentó al software de análisis estructural (RISA 3D), acotando las distancias entre apoyos, el claro mayor a librar, así como la altura entre el punto central de la estructura con respecto a la profundidad máxima del fondo del río en cuestión.



IV.6.2.1 CARGAS MUERTAS (CM)

CÁLCULO DE CARGAS APLICADAS SOBRE ESTRUCTURA:

Para definir las cargas de esta sección, se consideraron todos los elementos que se apoyaran permanentemente a la estructura (cargas debidas a la tubería), más el peso propio de la misma (calculada por el Software). Para las cargas de tubería se consideraron tres condiciones que se presentan durante la vida útil de toda tubería: 1) Carga de Tubería Vacía, esta se presenta cuando la tubería esta en proceso de instalación o fuera de operación. 2) Carga de Tubería en prueba hidrostática, esta se presenta cuando a la tubería se le somete a pruebas de fugas y consiste en llenar un tramo de tubería de agua a presión, para revisar que no existan fugas en las soldaduras de las uniones. 3) Carga de Tubería en Operación, como su nombre lo indica, esta se presenta cuando la tubería ya se encuentra operando en condiciones para las que fue diseñada.

Propiedades Geométricas de la tubería de 48":

Diámetro Exterior (\varnothing_e) = 48 in = 1.219 m
 Diámetro Interior (\varnothing_i) = 46 in = 1.168 m
 Espesor de la Tubería (e) = 1 in = 0.025 m

Área Exterior (A_e) = 1.167 m²
 Área Interior (A_i) = 1.072 m²

- Cargas debidas a la Tubería en Operación (D_o):

Volumen Interior para un tramo de 1m = 1.072 m³/m
 Densidad del Agua = 1000 kg/m³
 Peso del Agua dentro del tramo de la tubería = 1072 kg/m

Peso de la Tubería llena de Agua =

- Cargas debidas a la Tubería Vacía (D_e):

Peso de la Tubería =

- Cargas debidas a la Tubería en Prueba Hidrostática (D_t):

Peso de la Tubería llena de Agua =

- Cargas debidas a las Fuerzas de Fricción que se originan por la expansión y contracción de la Tubería (F_t):

De acuerdo a la especificación PIP se considerara el 10% de la carga en en operación para el cálculo de las fuerzas de Fricción.

Fuerzas por Fricción (10% de D_o) =

=> Resumen (considerando un tramo de 7 m por apoyo, dentro de la celosía):

Do =	12741 kg
De =	5236 kg
Dt =	12741 kg
Ft =	1274 kg

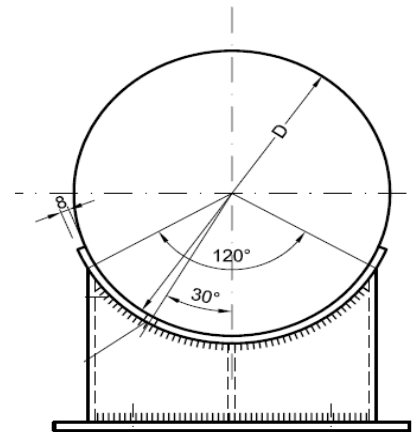


Fig. IV.6.2: Sección Transversal de la tubería.

IV.6.3 ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas estáticas horizontales se siguió el procedimiento marcado en el Manual de Diseño de Obras Civiles (CFE 1993), a demás de identificar nodos donde existen concentraciones de masas considerables, que se utilizaran para calcular las fuerzas ya mencionadas.

PARÁMETROS DE DISEÑO (Ver Manual de Diseño por Sismo de CFE. Sección 3.4.4)

Para el análisis de sismo se consideran los siguientes parámetros

- | | |
|--|---|
| <p>1.- Clasificación de Suelos según su Estratigrafía:
 Tipo = III</p> <p>2.- Clasificación de Construcciones según su Destino:
 Grupo = A</p> <p>3.- Clasificación de Construcciones según su Estructuración:
 Tipo = 6</p> <p>4.- Regionalización Sísmica:
 Zona Sísmica = B</p> <p>5.- Parámetros para Espectros Elásticos de Diseño:</p> | <p>Manual CFE;
 Pág. 1,3,4;
 Secc. 3,1,2</p> <p>Manual CFE;
 Pág. 1,3,17;
 Secc. 3,2,2</p> <p>Manual CFE;
 Pág. 1,3,18;
 Secc. 3,2,3</p> <p>Manual CFE;
 Pág. 1,3,29;
 Fig. 3,1</p> |
|--|---|

- | | | |
|--|---|---|
| <p>a_o = 0.1 m/seg²</p> <p>c = 0.36 m/seg²</p> <p>k = 1.5</p> <p>c = 0.54</p>
<p>T_a = 0.6 seg.</p> <p>T_b = 2.9 seg.</p> <p>r = 1</p> <p>Q = 2</p> | <p><= Ordenada de los espectros de diseño, como fracción de la gravedad que corresponde a T = 0.</p> <p><= Coeficiente Sísmico.</p> <p><= Factor de Corrección según el Destino de la Estructura.</p> <p><= Coeficiente Sísmico Corregido (c = c * k).</p>
<p><= Periodo característico del espectro de diseño.</p> <p><= Periodo característico del espectro de diseño.</p> <p><= Exponente en las expresiones para el cálculo de las ordenadas de los espectros de diseño.</p> <p><= Factor de comportamiento sísmico.</p> | <p>Manual CFE;
 Pág. 1,3,27;
 Tabla 3,1</p> |
|--|---|---|

C_s = c/Q = 0.27	<= Coeficiente de cortante basal, para ambas direcciones.
-----------------------------------	---

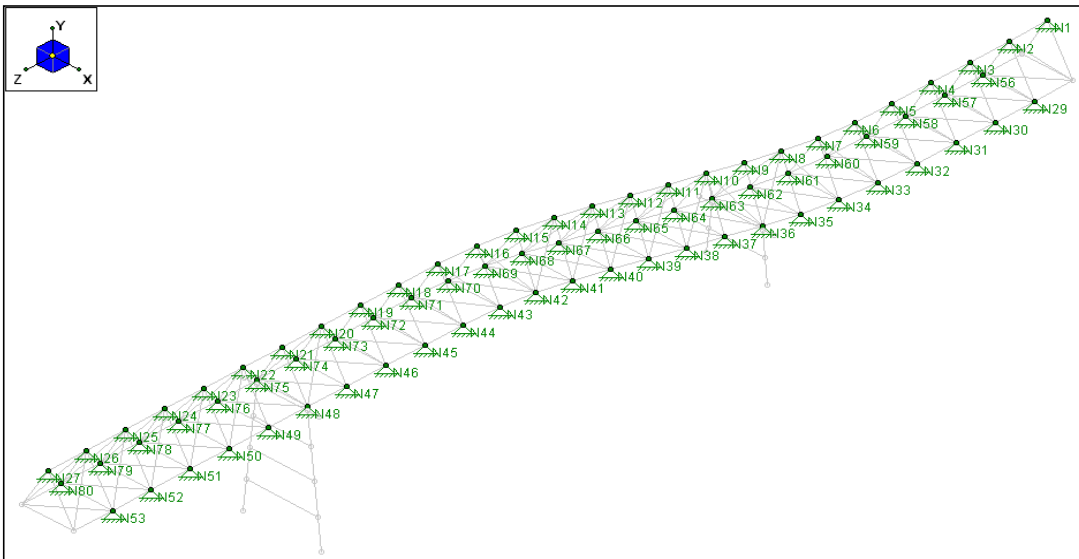


Fig. IV.6.3: Nodos donde se concentraron las masas para el Análisis Sísmico Estático.

Nota: el criterio para seleccionar los nodos anteriores, fue de acuerdo a la concentración de masas que se transmiten a las columnas por medio de estos mismos, debido a la secuencia de bajada de cargas.

TABLA IV.6.I: ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO
 Modelo Estructural "Puente km 74+317 (JALAPA, VER.)"

CASO 1 EQ. VACÍO

c= 0.54 (Coeficiente Sísmico)
 Q= 2.00 (Factor de Ductilidad)

Fuerza Sísmica Horizontal (P_i):

$$P_i = \frac{c}{Q} \left(\frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} \right) W_0$$

LC	JOINT LABEL	FY (ton)	h _i (m)	w _i (ton)	w _i * h _i (ton-m)	P _i (ton)
51	N1	0.253	5.91	0.253	1.495	0.070
51	N2	0.499	10.31	0.499	5.144	0.240
51	N3	0.44	3.30	0.440	1.454	0.068
51	N4	0.445	5.92	0.445	2.634	0.123
51	N5	0.472	7.70	0.472	3.632	0.169
51	N6	0.434	3.29	0.434	1.428	0.067
51	N7	0.429	5.62	0.429	2.410	0.112
51	N8	0.559	5.62	0.559	3.140	0.146
51	N9	0.34	5.62	0.340	1.910	0.089
51	N10	0.538	5.91	0.538	3.178	0.148
51	N11	0.468	5.91	0.468	2.765	0.129
51	N12	0.44	5.91	0.440	2.599	0.121
51	N13	0.437	5.91	0.437	2.582	0.120
51	N14	0.474	5.91	0.474	2.800	0.131
51	N15	0.351	9.90	0.351	3.474	0.162
51	N16	0.447	10.17	0.447	4.546	0.212
51	N17	0.473	10.30	0.473	4.872	0.227
51	N18	0.445	10.31	0.445	4.589	0.214
51	N19	0.439	10.31	0.439	4.525	0.211
51	N20	0.572	10.30	0.572	5.893	0.275
51	N21	0.345	10.30	0.345	3.553	0.166
51	N22	0.541	10.29	0.541	5.569	0.260
51	N23	0.473	10.29	0.473	4.866	0.227
51	N24	0.445	10.28	0.445	4.576	0.213
51	N25	0.441	10.28	0.441	4.533	0.211
51	N26	0.5	10.27	0.500	5.137	0.240
51	N27	0.253	10.27	0.253	2.598	0.121
51	N29	2.268	3.30	2.268	7.496	0.350
51	N30	0.307	3.30	0.307	1.013	0.047
51	N31	0.313	3.30	0.313	1.031	0.048
51	N32	2.233	3.29	2.233	7.348	0.343
51	N33	0.314	3.35	0.314	1.053	0.049
51	N34	0.315	3.56	0.315	1.121	0.052
51	N35	2.185	3.90	2.185	8.528	0.398
51	N36	0.697	4.38	0.697	3.054	0.142
51	N37	0.265	4.89	0.265	1.297	0.060
51	N38	2.232	5.41	2.232	12.069	0.563
51	N39	0.311	5.92	0.311	1.841	0.086
51	N40	0.311	6.43	0.311	2.001	0.093
51	N41	2.22	6.93	2.220	15.393	0.718
51	N42	0.347	7.32	0.347	2.539	0.118
51	N43	0.299	7.57	0.299	2.264	0.106
51	N44	2.226	7.69	2.226	17.125	0.799
51	N45	0.312	7.71	0.312	2.407	0.112
51	N46	0.314	7.71	0.314	2.421	0.113
51	N47	2.186	7.70	2.186	16.843	0.785
51	N48	1.005	7.70	1.005	7.739	0.361
51	N49	0.264	7.70	0.264	2.032	0.095
51	N50	2.235	7.69	2.235	17.188	0.801
51	N51	0.313	7.69	0.313	2.406	0.112
51	N52	0.306	7.68	0.306	2.350	0.110

TABLA IV.6.I: ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO
 Modelo Estructural "Puente km 74+317 (JALAPA, VER.)"

CASO 1 EQ. VACÍO

c= 0.54 (Coeficiente Sísmico)
 Q= 2.00 (Factor de Ductilidad)

Fuerza Sísmica Horizontal (P_i):

$$P_i = \frac{c}{Q} \left(\frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} \right) W_0$$

LC	JOINT LABEL	FY (ton)	h _i (m)	w _i (ton)	w _i * h _i (ton-m)	P _i (ton)
51	N53	2.26	7.68	2.260	17.348	0.809
51	N56	3.638	3.30	3.638	12.024	0.561
51	N57	0.259	3.30	0.259	0.855	0.040
51	N58	0.267	3.30	0.267	0.880	0.041
51	N59	3.611	3.29	3.611	11.882	0.554
51	N60	0.266	3.35	0.266	0.892	0.042
51	N61	0.271	3.56	0.271	0.964	0.045
51	N62	3.566	3.90	3.566	13.918	0.649
51	N63	0.65	5.62	0.650	3.651	0.170
51	N64	0.221	5.62	0.221	1.241	0.058
51	N65	3.616	5.62	3.616	20.313	0.947
51	N66	0.264	5.62	0.264	1.483	0.069
51	N67	0.268	5.62	0.268	1.505	0.070
51	N68	3.607	5.62	3.607	20.262	0.945
51	N69	0.298	5.62	0.298	1.674	0.078
51	N70	0.254	5.62	0.254	1.427	0.067
51	N71	3.604	5.62	3.604	20.246	0.944
51	N72	0.262	5.62	0.262	1.472	0.069
51	N73	0.269	5.62	0.269	1.511	0.070
51	N74	3.562	5.62	3.562	20.010	0.933
51	N75	0.956	5.62	0.956	5.370	0.250
51	N76	0.22	5.62	0.220	1.236	0.058
51	N77	3.613	5.62	3.613	20.296	0.946
51	N78	0.264	5.62	0.264	1.483	0.069
51	N79	0.262	5.62	0.262	1.472	0.069
51	N80	3.645	5.62	3.645	20.476	0.955
				75.704	438.351	20.440

TABLA IV.6.II: ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Modelo Estructural "Puente km 74+317 (JALAPA, VER.)"

CASO 2

EQ. EN OPERACIÓN

Fuerza Sísmica Horizontal (P):

c= 0.54 (Coeficiente Sísmico)
 Q= 2.00 (Factor de Ductilidad)

$$P_i = \frac{c}{Q} \left(\frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} \right) W_0$$

LC	JOINT LABEL	FY (ton)	h _i (m)	w _i (ton)	w _i * h _i (ton-m)	P _i (ton)
52	N1	0.396	5.91	0.396	2.340	0.112
52	N2	0.69	10.31	0.690	7.112	0.341
52	N3	0.577	3.30	0.577	1.907	0.091
52	N4	0.582	5.92	0.582	3.445	0.165
52	N5	0.657	7.70	0.657	5.056	0.242
52	N6	0.573	3.29	0.573	1.885	0.090
52	N7	0.559	5.62	0.559	3.140	0.150
52	N8	0.735	5.62	0.735	4.129	0.198
52	N9	0.476	5.62	0.476	2.674	0.128
52	N10	0.667	5.91	0.667	3.941	0.189
52	N11	0.645	5.91	0.645	3.811	0.183
52	N12	0.574	5.91	0.574	3.391	0.163
52	N13	0.569	5.91	0.569	3.362	0.161
52	N14	0.657	5.91	0.657	3.881	0.186
52	N15	0.497	9.90	0.497	4.919	0.236
52	N16	0.586	10.17	0.586	5.959	0.286
52	N17	0.653	10.30	0.653	6.727	0.322
52	N18	0.584	10.31	0.584	6.023	0.289
52	N19	0.571	10.31	0.571	5.886	0.282
52	N20	0.751	10.30	0.751	7.738	0.371
52	N21	0.483	10.30	0.483	4.974	0.238
52	N22	0.675	10.29	0.675	6.948	0.333
52	N23	0.653	10.29	0.653	6.718	0.322
52	N24	0.583	10.28	0.583	5.995	0.287
52	N25	0.578	10.28	0.578	5.941	0.285
52	N26	0.691	10.27	0.691	7.099	0.340
52	N27	0.397	10.27	0.397	4.077	0.195
52	N29	4.966	3.30	4.966	16.413	0.787
52	N30	0.269	3.30	0.269	0.888	0.043
52	N31	0.275	3.30	0.275	0.906	0.043
52	N32	4.911	3.29	4.911	16.160	0.774
52	N33	0.279	3.35	0.279	0.936	0.045
52	N34	0.281	3.56	0.281	1.000	0.048
52	N35	4.863	3.90	4.863	18.980	0.910
52	N36	0.661	4.38	0.661	2.896	0.139
52	N37	0.231	4.89	0.231	1.131	0.054
52	N38	4.908	5.41	4.908	26.539	1.272
52	N39	0.275	5.92	0.275	1.628	0.078
52	N40	0.276	6.43	0.276	1.775	0.085
52	N41	4.89	6.93	4.890	33.906	1.625
52	N42	0.305	7.32	0.305	2.232	0.107
52	N43	0.259	7.57	0.259	1.961	0.094
52	N44	4.904	7.69	4.904	37.728	1.808
52	N45	0.276	7.71	0.276	2.129	0.102
52	N46	0.278	7.71	0.278	2.143	0.103
52	N47	4.866	7.70	4.866	37.492	1.797
52	N48	0.967	7.70	0.967	7.446	0.357
52	N49	0.23	7.70	0.230	1.770	0.085
52	N50	4.913	7.69	4.913	37.783	1.811
52	N51	0.275	7.69	0.275	2.114	0.101
52	N52	0.266	7.68	0.266	2.043	0.098

TABLA IV.6.II: ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Modelo Estructural "Puente km 74+317 (JALAPA, VER.)"

CASO 2

EQ. EN OPERACIÓN

Fuerza Sísmica Horizontal (P):

c= 0.54 (Coeficiente Sísmico)
 Q= 2.00 (Factor de Ductilidad)

$$P_i = \frac{c}{Q} \left(\frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} \right) W_0$$

LC	JOINT LABEL	FY (ton)	h _i (m)	w _i (ton)	w _i * h _i (ton-m)	P _i (ton)	
52	N53	4.946	7.68	4.946	37.965	1.819	
52	N56	8.3	3.30	8.300	27.431	1.315	
52	N57	0.151	3.30	0.151	0.498	0.024	
52	N58	0.165	3.30	0.165	0.544	0.026	
52	N59	8.262	3.29	8.262	27.187	1.303	
52	N60	0.162	3.35	0.162	0.543	0.026	
52	N61	0.173	3.56	0.173	0.615	0.029	
52	N62	8.224	3.90	8.224	32.098	1.538	
52	N63	0.546	5.62	0.546	3.067	0.147	
52	N64	0.125	5.62	0.125	0.702	0.034	
52	N65	8.275	5.62	8.275	46.485	2.228	
52	N66	0.16	5.62	0.160	0.899	0.043	
52	N67	0.171	5.62	0.171	0.961	0.046	
52	N68	8.265	5.62	8.265	46.429	2.225	
52	N69	0.187	5.62	0.187	1.050	0.050	
52	N70	0.149	5.62	0.149	0.837	0.040	
52	N71	8.259	5.62	8.259	46.395	2.223	
52	N72	0.157	5.62	0.157	0.882	0.042	
52	N73	0.17	5.62	0.170	0.955	0.046	
52	N74	8.215	5.62	8.215	46.148	2.211	
52	N75	0.849	5.62	0.849	4.769	0.229	
52	N76	0.122	5.62	0.122	0.685	0.033	
52	N77	8.266	5.62	8.266	46.434	2.225	
52	N78	0.158	5.62	0.158	0.888	0.043	
52	N79	0.158	5.62	0.158	0.888	0.043	
52	N80	8.318	5.62	8.318	46.726	2.239	
					143.616	809.157	38.776

IV.6.4 DISEÑO POR VIENTO.

Para definir las fuerzas debidas al efecto del Viento, se calcularon de acuerdo al procedimiento marcado en el Manual de Diseño de Obras Civiles (CFE 2008), que clasifica a este tipo de estructura como celosía aislada con elementos circulares, por lo que, para este tipo de estructura, se realizo un análisis dinámico para obtener las fuerzas en cada elemento de la estructura.

TABLA IV.6.III: Datos de la Estructura		
Clasificación de las estructuras según su importancia:	Grupo A	Sección 4,3 Manual CFE
Clasificación de las estructuras según su respuesta ante la acción del viento:	Tipo 3	Sección 4,4 Manual CFE
Categorías del terreno según su rugosidad:	2	Tabla I.1 Manual CFE
Clase de estructura según su tamaño:	C	Tabla I.2 Manual CFE
Tipo de Topografía:	2	Tabla I.5 Manual CFE

TABLA IV.6.IV: Dimensiones de la Estructura		
$x =$	58.92 m	<= Longitud eje "x" de la Estructura.
$y =$	4.60 m	<= Longitud eje "y" de la Estructura.
$z =$	10.27 m	<= Altura de la Estructura.
$CL_{MAX} =$	26.81 m	<=Claro Mayor entre Apoyos
$\lambda =$	2.23	<= Relación de Aspecto.
$\lambda_P =$	5.83	<= Relación de Aspecto para Puentes.

TABLA IV.6.V: Datos Generales		
25	UBICACION GEO.: Jalapa, Ver.	
$V_R =$	152 km/h	<= Velocidad Regional.
$T =$	200 años	<= Periodo de Retorno.
$F_c =$	1.0	<= Factor de Tamaño.
$F_T =$	0.9	<= Factor de Topografía.
$\alpha =$	0.138	<= Exponente.
$\delta =$	315 m	<= Altura media.
$h_m =$	1427 msnm	<= Altitud
$\tau =$	17.9 °C	<= Temperatura Media Anual.
$\Omega =$	640.84 mm de Hg	<= Presión Barométrica.

- Velocidad de Diseño, V_D (km/h):

$$V_D = F_T \times F_\alpha \times V_R$$

$V_D = 133.058 \text{ km/h}$

donde:

$F_T \Rightarrow$ Factor de Topografía Local.

$F_\alpha \Rightarrow$ Factor de Exposición Local.

$V_R \Rightarrow$ Velocidad Regional.

- Factor de Exposición, F_α :

$$F_\alpha = F_c \times F_{rz}$$

$F_\alpha = 0.972645$

donde:

$F_c \Rightarrow$ Factor de Tamaño.

$F_{rz} \Rightarrow$ Factor de Rugosidad y Altura.

- Factor de Rugosidad y Altura, F_{rz} :

$$F_{rz} = 0.972645$$

$$Frz = 1,56 \times (10/\delta)^\alpha$$

si $z \leq 10$ m

$$Frz = 1,56 \times (z/\delta)^\alpha$$

si $10 \text{ m} < z < \delta$

$$Frz = 1,56$$

si $z \geq \delta$

donde:

α => Exponente que determina la forma de variación de la velocidad del viento con la altura.

δ => Altura media a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante.

- Presión Dinámica de Base, q_z :

$$q_z = 0,0048 \times G \times V_D^2$$

$$q_z = 73.39 \text{ kg/m}^2$$

donde:

G => Factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar.

- Factor de corrección por temperatura y altura, G:

$$G = 0,392 \times \Omega / (273 + \tau)$$

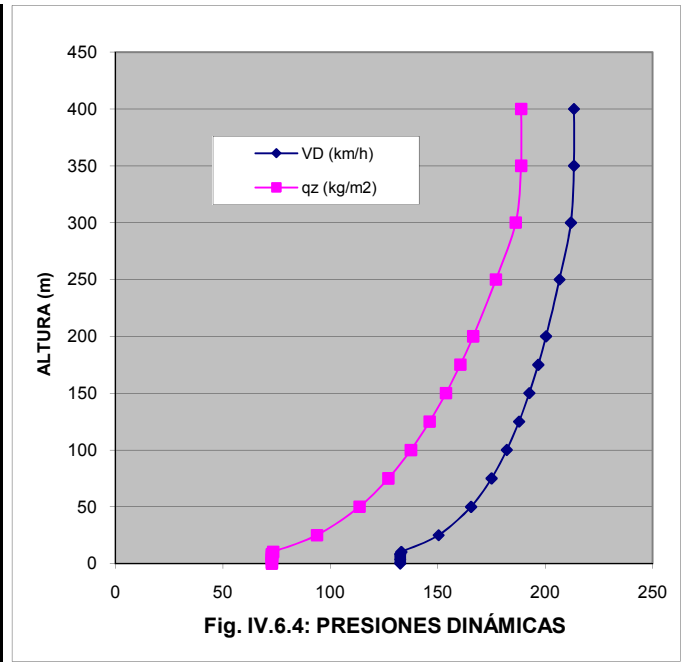
$$G = 0.863559$$

donde:

Ω => Presión Barométrica, mm de Hg.

τ => Temperatura ambiental, °C

TABLA IV.6.VI: VARIACIÓN DE PRESIONES DINÁMICAS DE BASE CON RESPECTO A LA ALTURA					
NIVEL	Z (m)	F_{rz}	F_α	V_D (km/h)	q_z (kg/m ²)
0	0.00	0.9691	0.9691	132.570	72.85
0.1	1.23	0.9691	0.9691	132.570	72.85
1	3.31	0.9691	0.9691	132.570	72.85
2	4.18	0.9691	0.9691	132.570	72.85
3	5.91	0.9691	0.9691	132.570	72.85
4	7.67	0.9691	0.9691	132.570	72.85
5	8.54	0.9691	0.9691	132.570	72.85
6	10.27	0.9726	0.9726	133.058	73.39
	25.00	1.0997	1.0997	150.439	93.81
	50.00	1.2101	1.2101	165.540	113.59
	75.00	1.2797	1.2797	175.066	127.04
	100.00	1.3316	1.3316	182.156	137.54
	125.00	1.3732	1.3732	187.853	146.27
	150.00	1.4082	1.4082	192.639	153.82
	175.00	1.4385	1.4385	196.781	160.51
	200.00	1.4652	1.4652	200.441	166.53
	250.00	1.5110	1.5110	206.709	177.11
	300.00	1.5495	1.5495	211.976	186.25
	350.00	1.5600	1.5600	213.408	188.78
	400.00	1.5600	1.5600	213.408	188.78



- Presiones en la Dirección del Viento, P_z (kg/m²):

$$P_z = F_g \times C_a \times q_z$$

donde: P_z => Presión Total en la Dirección del Viento, kg/m².
 F_g => Factor de Respuesta Dinámica debida a las Ráfagas.
 C_a => Coeficiente de Arrastre.
 q_z => Presión Dinámica de la Base, kg/m².

- Factor de Respuesta Dinámica, F_g (Adimensional):

$$F_g = (1 / g^2) \times (1 + (g_p \times (\sigma / \mu)))$$

donde: g => Factor de Ráfaga, que varía con la altura Z.
 g_p => Factor Pico o de efecto máximo de la carga por Viento.
 σ / μ => Relación entre la desviación estándar de la carga por Viento y el valor medio de la carga por Viento.

- Variación del Factor de Ráfaga:

$$g = k' \times (10 / \delta)^{\eta} \quad \Rightarrow \text{si } Z \leq 10 \text{ m}$$

$$g = k' \times (Z / \delta)^{\eta} \quad \Rightarrow \text{si } 10 \text{ m} < Z < \delta$$

$$g = k' \quad \Rightarrow \text{si } Z \geq \delta$$

donde: δ => Altura del Gradiente, (m).
 k' y η => Variables que dependen de la Rugosidad del sitio de desplante.

δ =	315
k' =	1.288
η =	-0.054

- Relación σ/μ que representa la variación de la carga debida a la Turbulencia del Viento:

$$\sigma / \mu = ((k_r / C_{\alpha'}) \times (B + (S \times E / \xi)))^{1/2}$$

donde: k_r => Factor relacionado con la Rugosidad del Terreno.
 ξ => Coeficiente de Amortiguamiento Crítico.
 H => Altura total de la Construcción (m).
 b => Ancho de la Construcción del Lado de Barlovento (m).
 B => Factor de Excitación de Fondo.
 S => Factor de Reducción por Tamaño.
 E => Factor que representa la relación de Energía de Ráfaga con la Frecuencia Natural de la Estructura.

σ / μ =	0.2946
---------	--------

k _r =	0.08
ξ =	0.01
H =	10.27
b =	2.60

$$B = \frac{4}{3} \int_0^{9.14/H} \left[\frac{1}{1 + \frac{x \times H}{457}} \right] \times \left[\frac{1}{1 + \frac{x \times b}{122}} \right] \times \left[\frac{x}{(1 + x^2)^{4/3}} \right] dx$$

B =	0.6150
-----	--------

$$S = \frac{\pi}{3} \times \left[\frac{1}{1 + \frac{28.8 \times n_0 \times H}{3 \times V'_H}} \right] \times \left[\frac{1}{1 + \frac{36 \times n_0 \times b}{V'_H}} \right]$$

S =	0.0700
-----	--------

$$E = \frac{x_0^2}{(1 + x_0^2)^{4/3}} \quad x_0 = \frac{4392 \times n_0}{V'_H}$$

E =	0.0387
x ₀ =	131.090

* Para el Coeficiente C_{α'}:

C _{α'} =	0.817
-------------------	-------

$$C_{\alpha'} = 3.46 \times (F_t)^2 \times (10 / \delta)^{2\alpha'} \quad \Rightarrow \text{si } H \leq 10 \text{ m}$$

$$C_{\alpha'} = 3.46 \times (F_t)^2 \times (H / \delta)^{2\alpha'} \quad \Rightarrow \text{si } 10 \text{ m} < H < \delta$$

$$C_{\alpha'} = 3.46 \times (F_t)^2 \quad \Rightarrow \text{si } H \geq \delta$$

donde: F_t => Factor de Topografía.
 δ => Altura del Gradiente, (m).
 α' => Factor relacionado con la Rugosidad del Terreno.

F _t =	0.9
------------------	-----

α' =	0.180
------	-------

- Frecuencia Reducida FR:

$$FR = 3.6 * n_o * H / V'_H$$

FR =	1.104
------	-------

donde: n_o => Frecuencia Natural de Vibración de la Estructura, (Hz).
 V'_H => Velocidad Media de Diseño del Viento, (km/h).

n_o =	2.563
---------	-------

- Velocidad Media de Diseño del Viento, V'_H (km/h):

$$V'_H = (1 / g_H) * V_H$$

V'_H =	85.870
----------	--------

donde: g_H => Factor de Ráfaga definido para Z = H
 V_H => Velocidad de Diseño para Z = H, (km/h).

g_H =	1.550
---------	-------

V_H =	133.058
---------	---------

- Longitud de Onda, (ondas/m):

$$NO = 3.6 * n_o / V'_H$$

NO =	0.107
------	-------

- Factor Pico o de efecto máximo de la Carga por Viento:

$$g_p = \sqrt{2 \times \ln(3600 \times v)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \times \ln(3600 \times v)}}$$

g_p =	4.2719
---------	--------

- Coeficiente de Rapidez de Fluctuación Promedio:

$$v = n_o \times \sqrt{\frac{S \times E}{(S \times E) + (\xi \times B)}}$$

v =	1.4180
-------	--------

TABLA IV.6.VII: VARIACIÓN DE PRESIONES TOTALES CON RESPECTO A LA ALTURA

NIVEL	Z (m)	g	Fg	V_D (km/h)	\emptyset	b^*V_D (m ² /seg)	Ca	q_z (kg/m ²)	P_z (kg/m ²)
0	0.00	1.552	0.938	132.570	0.3873	95.745	1.1	72.85	75
0.1	1.23	1.552	0.938	132.570	0.3873	95.745	1.1	72.85	75
1	3.31	1.552	0.938	132.570	0.3873	95.745	1.1	72.85	75
2	4.176	1.552	0.938	132.570	0.3873	95.745	1.1	72.85	75
3	5.91	1.552	0.938	132.570	0.3873	95.745	1.1	72.85	75
4	7.67	1.552	0.938	132.570	0.3873	95.745	1.1	72.85	75
5	8.536	1.552	0.938	132.570	0.3873	95.745	1.1	72.85	75
6	10.27	1.550	0.941	133.058	0.3873	96.097	1.1	73.39	76

TABLA IV.6.VIII: CÁLCULO DE ÁREA SÓLIDA

NUM. DE ELEMENT	DATOS PERFILES				d (m)	bf (m)	ÁREA 1 (m ²)	ÁREA 2 (m ²)
	Designación	d (mm)	bf (mm)	l (m)				
52	OC18x0.250	457	457	2.30	0.457	0.457	54.66	54.66
27	OC5.5x0.258	141	141	2.14	0.141	0.141	8.15	8.15
26	OC4x0.220	102	102	2.86	0.102	0.102	7.58	7.58

Área Sólida (AS) = 70.389 m²
 Área Total (AT) = 181.747 m²
 $\emptyset = AS / AT = 0.3873$

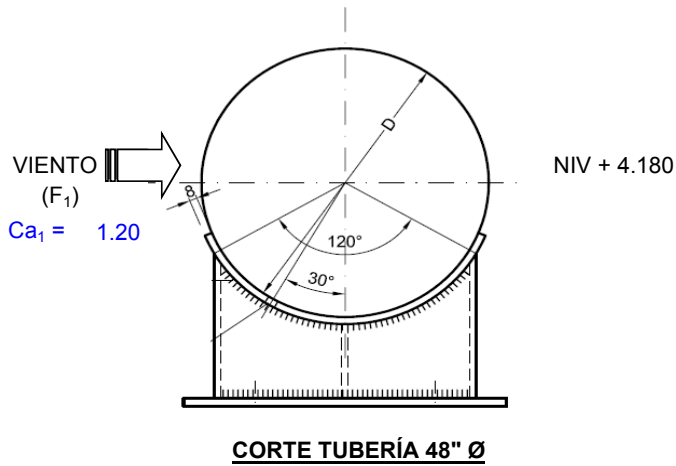
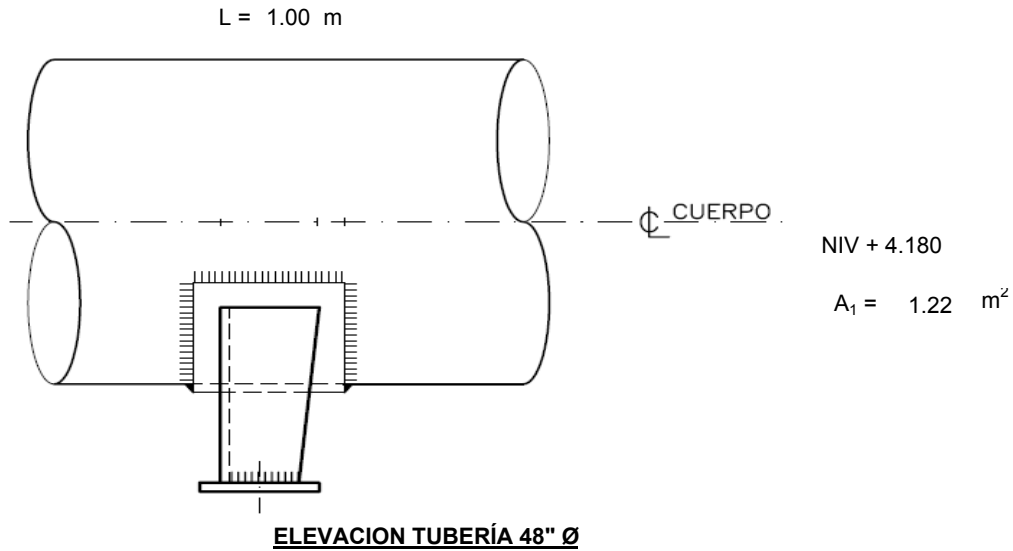
TABLA IV.6.IX: CÁLCULO DE FUERZAS EN TORRES DE CELOCÍAS AISLADAS.												
NIVELES		PERFIL			d (m)	bf (m)	Pz _{NIV-I} (kg/m ²)	Pz _{NIV-F} (kg/m ²)	Fx (kg/m)		Fy (kg/m)	
NIVEL I	NIVEL F	Designación	d (mm)	bf (mm)					NIVEL I	NIVEL F	NIVEL I	NIVEL F
1	1	OC4x0.226	102	102	0.102	0.102	75.15	75.15	8	8	8	8
4	4	OC4x0.226	102	102	0.102	0.102	75.15	75.15	8	8	8	8
1	3	OC4x0.226	102	102	0.102	0.102	75.15	75.15	8	8	8	8
1	4	OC4x0.226	102	102	0.102	0.102	75.15	75.15	8	8	8	8
1	6	OC4x0.226	102	102	0.102	0.102	75.15	75.93	8	8	8	8
4	6	OC4x0.226	102	102	0.102	0.102	75.15	75.93	8	8	8	8
1	3	OC5.56x0.258	141	141	0.141	0.141	75.15	75.15	11	11	11	11
1	6	OC5.56x0.258	141	141	0.141	0.141	75.15	75.93	11	11	11	11
4	6	OC5.56x0.258	141	141	0.141	0.141	75.15	75.93	11	11	11	11
0	4	OC16x0.312	406	406	0.406	0.406	75.15	75.15	31	31	31	31
0.1	2	OC16x0.312	406	406	0.406	0.406	75.15	75.15	31	31	31	31
1	1	OC18x0.250	457	457	0.457	0.457	75.15	75.15	34	34	34	34
3	3	OC18x0.250	457	457	0.457	0.457	75.15	75.15	34	34	34	34
4	4	OC18x0.250	457	457	0.457	0.457	75.15	75.15	34	34	34	34
6	6	OC18x0.250	457	457	0.457	0.457	75.93	75.93	35	35	35	35
1	4	OC18x0.250	457	457	0.457	0.457	75.15	75.15	34	34	34	34
3	6	OC18x0.250	457	457	0.457	0.457	75.15	75.93	34	35	34	35
2	2	W10x39	252	203	0.252	0.203	75.15	75.15	19	19	15	15
4	4	W10x39	252	203	0.252	0.203	75.15	75.15	19	19	15	15
1	1	W16x50	413	180	0.413	0.180	75.15	75.15	31	31	14	14
4	4	W16x50	413	180	0.413	0.180	75.15	75.15	31	31	14	14
1	4	W16x50	413	180	0.413	0.180	75.15	75.15	31	31	14	14

Nota: Estas cargas horizontales debidas a el efecto del viento, servirán para capturarlas en el modelo, de acuerdo a los distintas secciones de los elementos que componen a la estructura en el sentido del viento en estudio (Ver Fig. IV.7.10).

ANÁLISIS POR VIENTO PARA TUBERÍA.

Tubo 48" Ø

Para el cálculo de los efectos del viento sobre la tubería, el manual clasifica a la misma como un elemento estructural aislado, definiendo el siguiente procedimiento:



DATOS:	
$r = 0.61 \text{ m}$	$K_i = 1.00$
$\varnothing = 1.22 \text{ m}$	$K_e = 1.00$
$L = 1.00 \text{ m}$	$K_{ra} = 1.00$
NIVEL = 4.180 m	
Frz = 0.9691	
F α = 0.9691	
V _D = 132.57 km/h = 36.82 m/seg.	
qz = 72.85 kg/m ²	
V_D*b = 44.90 m²/seg.	
Ca ₁ = 1.20	
A ₁ = 1.22 m ²	
F₁ = 0.107 Ton/m	

CARGAS PROPORCIONADAS POR PROVEEDOR	
Peso Tubo Vacío =	0.748 Ton/m
Peso Tubo en Operación =	1.820 Ton/m
Peso Tubo en Prueba Hidr. =	1.820 Ton/m

IV.7 ANÁLISIS DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL

IV.7.1 MODELO ESTRUCTURAL (SOFTWARE RISA 3D)

El modelo se integro con varios elementos tubulares que representan a la estructura, y las fuerzas que actúan sobre la misma se aplicaron a cada elemento independiente.

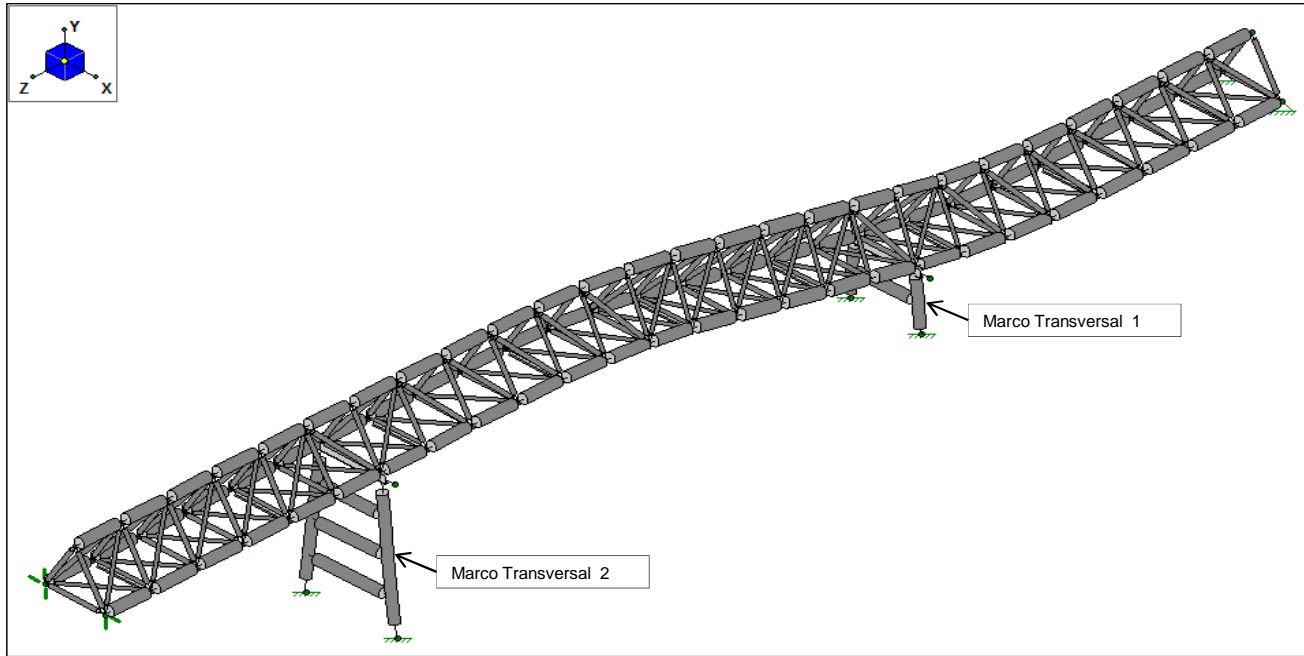
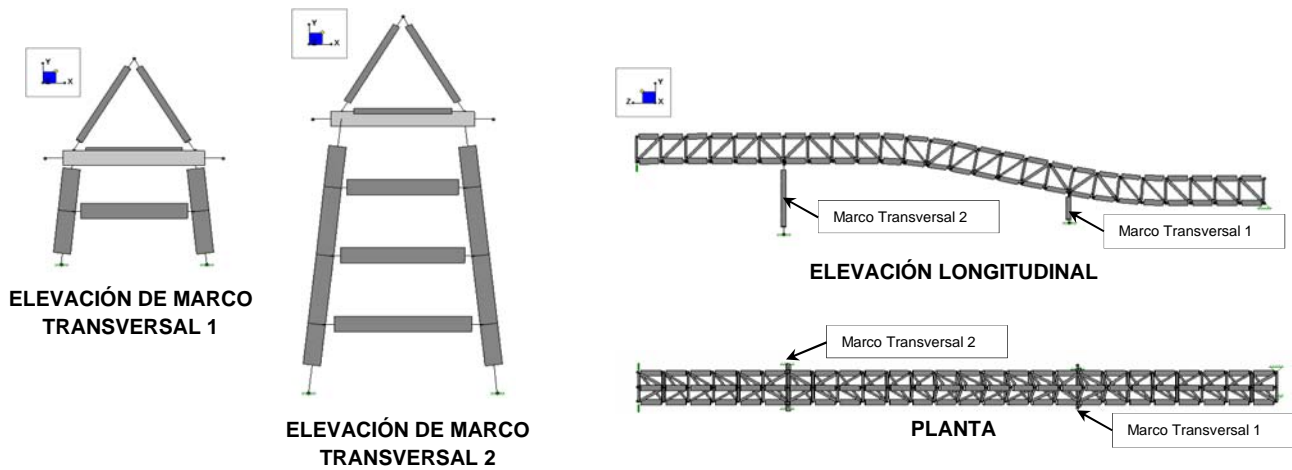


Fig. IV.7.1: Vista en isométrico del Modelo en RISA 3D



IV.7.2 CARGAS BÁSICAS (SOFTWARE RISA 3D)

Todas las cargas que impactan a la estructura y consideramos para el análisis y diseño, se pueden clasificar de acuerdo a su naturaleza en las siguientes Cargas Básicas, que después se combinarán para generar las cargas críticas de diseño y dimensionar cada uno de los elementos que conforman a la estructura.

BLC Description	Category	X Gravity	Y Gravity	Z Gravity	Joint	Point	Distrib...	Area (...)	Surfac...
1 Ds: Po.Po. ESTRUCTURA	DL		-1						
2 Do: PESO TUBERIA EN OPERA	DL						9		
3 De: PESO TUBERIA VACIA	DL						9		
4 Dt: PESO TUBERIA EN PR-HIDI	DL						9		
5 Wx: VIENTO EJE-X	WLX				9		107		
6 Wz: VIENTO EJE-Z	WLZ								
7 Eox: SISMO TUB. EN OP. EJE-X	ELX				77				
8 Eoz: SISMO TUB. EN OP. EJE-Z	ELZ				77				
9 Eex: SISMO TUB. VACIA EJE-X	ELX				77				
10 Eez: SISMO TUB. VACIA EJE-Z	ELZ				77				
11 Ff: CARGAS POR FRICCION	TL					9			

IV.7.3 COMBINACIONES DE CARGAS (SOFTWARE RISA 3D)

Las combinaciones de carga utilizadas para el análisis y diseño se recopilaron de los distintos documentos de referencia como normas, reglamentos y recomendaciones para instalaciones industriales que ya se han mencionado, dependiendo del material del elemento que se requiera revisar. Para las Condiciones de Servicio se utilizarán las combinaciones sin factorizar, para los elementos metálicos se utilizarán las combinaciones con los factores recomendados por el AISC utilizando el método de Esfuerzos Permisibles y para los elementos de concreto se utilizarán las combinaciones con los factores recomendados por el ACI utilizando el método de Cargas Últimas.

Description	Sol...	PD...	SR...	BLC	Factor	BLC	Factor	BLC	Factor	BLC	Factor	B
1 COMB. DE SERVICIO	<input type="checkbox"/>											
2 Ds + Do + Ff	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	11	1			
3 Ds + Do + Wx	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	5	1			
4 Ds + Do + Wz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	6	1			
5 Ds + Do - Wx	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	5	-1			
6 Ds + Do - Wz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	6	-1			
7 Ds + Do + Eox + 0.33Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	1	8	.333	
8 Ds + Do + 0.33Eox + Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	.33	8	1	
9 Ds + Do - Eox - 0.33Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	-1	8	-.333	
10 Ds + Do - 0.33Eox - Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	-.333	8	-1	
11 Ds + Do - Eox + 0.33Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	-1	8	.333	
12 Ds + Do - 0.33Eox + Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	-.333	8	1	
13 Ds + Do + Eox - 0.33Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	1	8	-.333	
14 Ds + Do + 0.33Eox - Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	.33	8	-1	
15 Ds + De + Wx	<input type="checkbox"/>			1	1	3	1	5	1			
16 Ds + De + Wz	<input type="checkbox"/>			1	1	3	1	6	1			
17 Ds + De - Wx	<input type="checkbox"/>			1	1	3	1	5	-1			
18 Ds + De - Wz	<input type="checkbox"/>			1	1	3	1	6	-1			
19 0.90Ds + 0.60Do + Eox + 0.33Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	1	8	.333	
20 0.90Ds + 0.60Do + 0.33Eox + Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	.33	8	1	
21 0.90Ds + 0.60Do - Eox - 0.33Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	-1	8	-.333	
22 0.90Ds + 0.60Do - 0.33Eox - Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	-.333	8	-1	
23 0.90Ds + 0.60Do - Eox + 0.33Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	-1	8	.333	
24 0.90Ds + 0.60Do - 0.33Eox + Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	-.333	8	1	
25 0.90Ds + 0.60Do + Eox - 0.33Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	1	8	-.333	
26 0.90Ds + 0.60Do + 0.33Eox - Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	.33	8	-1	
27 0.90Ds + 0.90De + Eex + 0.33Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	1	10	.333	
28 0.90Ds + 0.90De + 0.33Eex + Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	.33	10	1	
29 0.90Ds + 0.90De - Eex - 0.33Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-1	10	-.333	
30 0.90Ds + 0.90De - 0.33Eex - Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-.333	10	-1	
31 0.90Ds + 0.90De - Eex + 0.33Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-1	10	.333	
32 0.90Ds + 0.90De - 0.33Eex + Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-.333	10	1	
33 0.90Ds + 0.90De + Eex - 0.33Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	1	10	-.333	
34 0.90Ds + 0.90De + 0.33Eex - Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	.33	10	-1	
35 Ds + Dt + Wx	<input type="checkbox"/>			1	1	4	1	5	1			
36 Ds + Dt + Wz	<input type="checkbox"/>			1	1	4	1	6	1			
37 Ds + Dt - Wx	<input type="checkbox"/>			1	1	4	1	5	-1			
38 Ds + Dt - Wz	<input type="checkbox"/>			1	1	4	1	6	-1			

Load Combinations													
Combinations Design													
	Description	Sol...	PD...	SR...	BLC	Factor	BLC	Factor	BLC	Factor	BLC	Factor	B
40	COMB. EST. METALICA (ASD)	<input type="checkbox"/>											
41	Ds + Do + Ff	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	11	1			
42	Ds + Do + Wx	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	5	1			
43	Ds + Do + Wz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	6	1			
44	Ds + Do - Wx	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	5	-1			
45	Ds + Do - Wz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	6	-1			
46	Ds + Do + Eox + 0.33Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	1	8	.333	
47	Ds + Do + 0.33Eox + Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	.33	8	1	
48	Ds + Do - Eox - 0.33Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	-1	8	-.333	
49	Ds + Do - 0.33Eox - Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	-.333	8	-1	
50	Ds + Do - Eox + 0.33Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	-1	8	.333	
51	Ds + Do - 0.33Eox + Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	-.333	8	1	
52	Ds + Do + Eox - 0.33Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	1	8	-.333	
53	Ds + Do + 0.33Eox - Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	2	1	7	.33	8	-1	
54	Ds + De + Wx	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	3	1	5	1			
55	Ds + De + Wz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	3	1	6	1			
56	Ds + De - Wx	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	3	1	5	-1			
57	Ds + De - Wz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	3	1	6	-1			
58	0.90Ds + 0.60Do + Eox + 0.33Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	1	8	.333	
59	0.90Ds + 0.60Do + 0.33Eox + Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	.33	8	1	
60	0.90Ds + 0.60Do - Eox - 0.33Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	-1	8	-.333	
61	0.90Ds + 0.60Do - 0.33Eox - Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	-.333	8	-1	
62	0.90Ds + 0.60Do - Eox + 0.33Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	-1	8	.333	
63	0.90Ds + 0.60Do - 0.33Eox + Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	-.333	8	1	
64	0.90Ds + 0.60Do + Eox - 0.33Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	1	8	-.333	
65	0.90Ds + 0.60Do + 0.33Eox - Eoz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	2	.6	7	.33	8	-1	
66	0.90Ds + 0.90De + Eex + 0.33Eez	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	1	10	.333	
67	0.90Ds + 0.90De + 0.33Eex + Eez	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	.33	10	1	
68	0.90Ds + 0.90De - Eex - 0.33Eez	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-1	10	-.333	
69	0.90Ds + 0.90De - 0.33Eex - Eez	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-.333	10	-1	
70	0.90Ds + 0.90De - Eex + 0.33Eez	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-1	10	.333	
71	0.90Ds + 0.90De - 0.33Eex + Eez	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-.333	10	1	
72	0.90Ds + 0.90De + Eex - 0.33Eez	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	1	10	-.333	
73	0.90Ds + 0.90De + 0.33Eex - Eez	<input checked="" type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	.33	10	-1	
74	Ds + Dt + Wx	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	4	1	5	1			
75	Ds + Dt + Wz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	4	1	6	1			
76	Ds + Dt - Wx	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	4	1	5	-1			
77	Ds + Dt - Wz	<input checked="" type="checkbox"/>			1	1	4	1	6	-1			
78		<input type="checkbox"/>											
79	COMB. SISMO	<input type="checkbox"/>											
80	Ds + De	<input type="checkbox"/>			1	1	3	1					
81	Ds + Do	<input type="checkbox"/>			1	1	2	1					

Load Combinations													
Combinations Design													
	Description	Sol...	PD...	SR...	BLC	Factor	BLC	Factor	BLC	Factor	BLC	Factor	B
83	COMB. CIMENTACION (LRFD)	<input type="checkbox"/>											
84	1.40Ds + 1.40Do + 1.40Ff	<input type="checkbox"/>			1	1.4	2	1.4	11	1.4			
85	1.20Ds + 1.20Do + 1.30Wx	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	5	1.3			
86	1.20Ds + 1.20Do + 1.30Wz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	6	1.3			
87	1.20Ds + 1.20Do - 1.30Wx	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	5	-1.3			
88	1.20Ds + 1.20Do - 1.30Wz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	6	-1.3			
89	1.20Ds + 1.20Do + 1.40Eox + 0.47Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	7	1.4	8	.47	
90	1.20Ds + 1.20Do + 0.47Eox + 1.40Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	7	.47	8	1.4	
91	1.20Ds + 1.20Do - 1.40Eox - 0.47Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	7	-1.4	8	-.47	
92	1.20Ds + 1.20Do - 0.47Eox - 1.40Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	7	-.47	8	-1.4	
93	1.20Ds + 1.20Do - 1.40Eox + 0.47Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	7	-1.4	8	.47	
94	1.20Ds + 1.20Do - 0.47Eox + 1.40Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	7	-.47	8	1.4	
95	1.20Ds + 1.20Do + 1.40Eox - 0.47Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	7	1.4	8	-.47	
96	1.20Ds + 1.20Do + 0.47Eox - 1.40Eoz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	2	1.2	7	.47	8	-1.4	
97	0.90Ds + 0.90De + 1.30Wx	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	5	1.3			
98	0.90Ds + 0.90De + 1.30Wz	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	6	1.3			
99	0.90Ds + 0.90De - 1.30Wx	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	5	-1.3			
100	0.90Ds + 0.90De - 1.30Wz	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	6	-1.3			
101	0.90Ds + 0.90Do + 1.40Eox + 0.47Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.9	7	1.4	8	.47	
102	0.90Ds + 0.90Do + 0.47Eox + 1.40Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.9	7	.47	8	1.4	
103	0.90Ds + 0.90Do - 1.40Eox - 0.47Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.9	7	-1.4	8	-.47	
104	0.90Ds + 0.90Do - 0.47Eox - 1.40Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.9	7	-.47	8	-1.4	
105	0.90Ds + 0.90Do - 1.40Eox + 0.47Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.9	7	-1.4	8	.47	
106	0.90Ds + 0.90Do - 0.47Eox + 1.40Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.9	7	-.47	8	1.4	
107	0.90Ds + 0.90Do + 1.40Eox - 0.47Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.9	7	1.4	8	-.47	
108	0.90Ds + 0.90Do + 0.47Eox - 1.40Eoz	<input type="checkbox"/>			1	.9	2	.9	7	.47	8	-1.4	
109	0.90Ds + 0.90De + 1.40Eex + 0.47Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	1.4	10	.47	
110	0.90Ds + 0.90De + 0.47Eex + 1.40Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	.47	10	1.4	
111	0.90Ds + 0.90De - 1.40Eex - 0.47Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-1.4	10	-.47	
112	0.90Ds + 0.90De - 0.47Eex - 1.40Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-.47	10	-1.4	
113	0.90Ds + 0.90De - 1.40Eex + 0.47Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-1.4	10	.47	
114	0.90Ds + 0.90De - 0.47Eex + 1.40Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	-.47	10	1.4	
115	0.90Ds + 0.90De + 1.40Eex - 0.47Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	1.4	10	-.47	
116	0.90Ds + 0.90De + 0.47Eex - 1.40Eez	<input type="checkbox"/>			1	.9	3	.9	9	.47	10	-1.4	
117	1.40Ds + 1.40Dt	<input type="checkbox"/>			1	1.4	4	1.4					
118	1.20Ds + 1.20Dt + 1.30Wx	<input type="checkbox"/>			1	1.2	4	1.2	5	1.3			
119	1.20Ds + 1.20Dt + 1.30Wz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	4	1.2	6	1.3			
120	1.20Ds + 1.20Dt - 1.30Wx	<input type="checkbox"/>			1	1.2	4	1.2	5	-1.3			
121	1.20Ds + 1.20Dt - 1.30Wz	<input type="checkbox"/>			1	1.2	4	1.2	6	-1.3			

Las combinaciones de carga se tomaron del PIP (Process Industry Practices), del documento PIP STC01015, que se refiere a los Criterios de Diseño Estructural para RACK's de Tuberías.

IV.7.4 CARGAS APLICADAS SOBRE LA ESTRUCTURA

En esta sección se muestra como se aplicaron las cargas básicas sobre la estructura, ya sea por elemento o por nodo (cargas uniformemente repartidas o cargas puntuales).

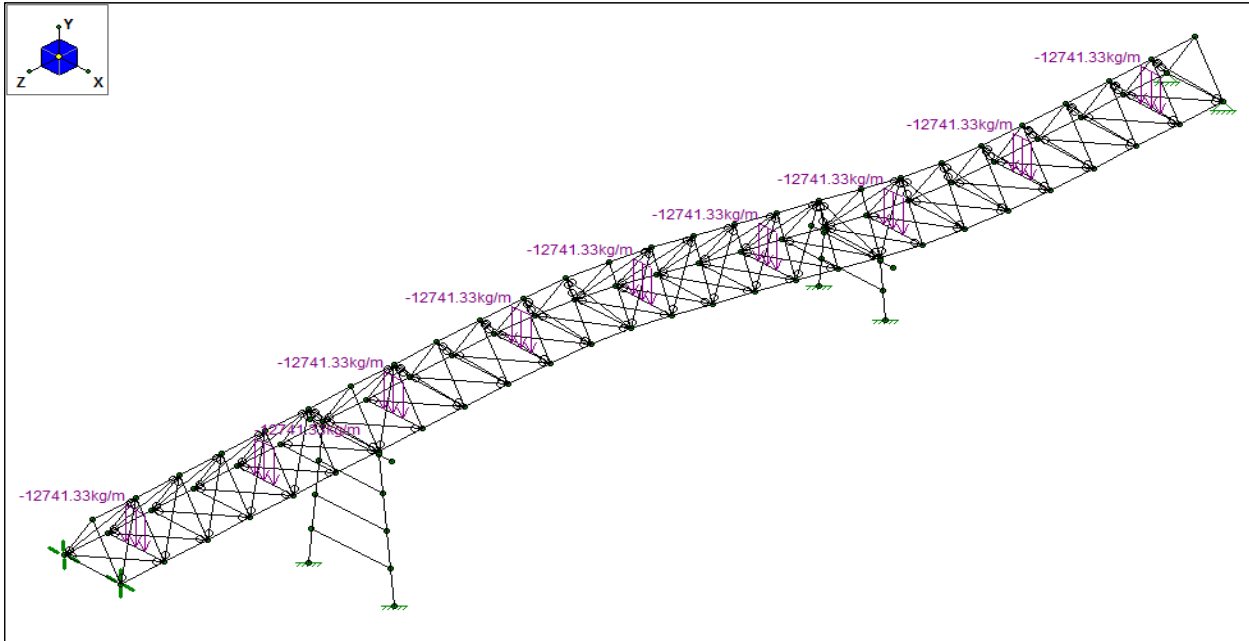


Fig. IV.7.2: CARGA MUERTA - TUBERÍA EN OPERACIÓN

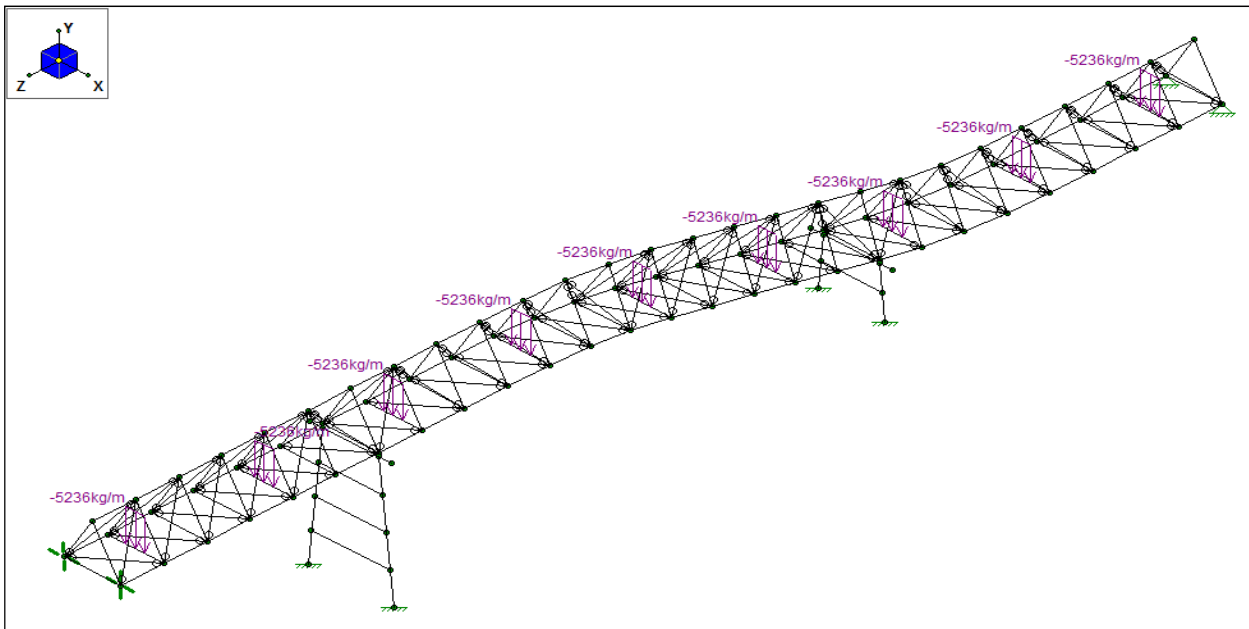


Fig. IV.7.3: CARGA MUERTA - TUBERÍA VACÍA

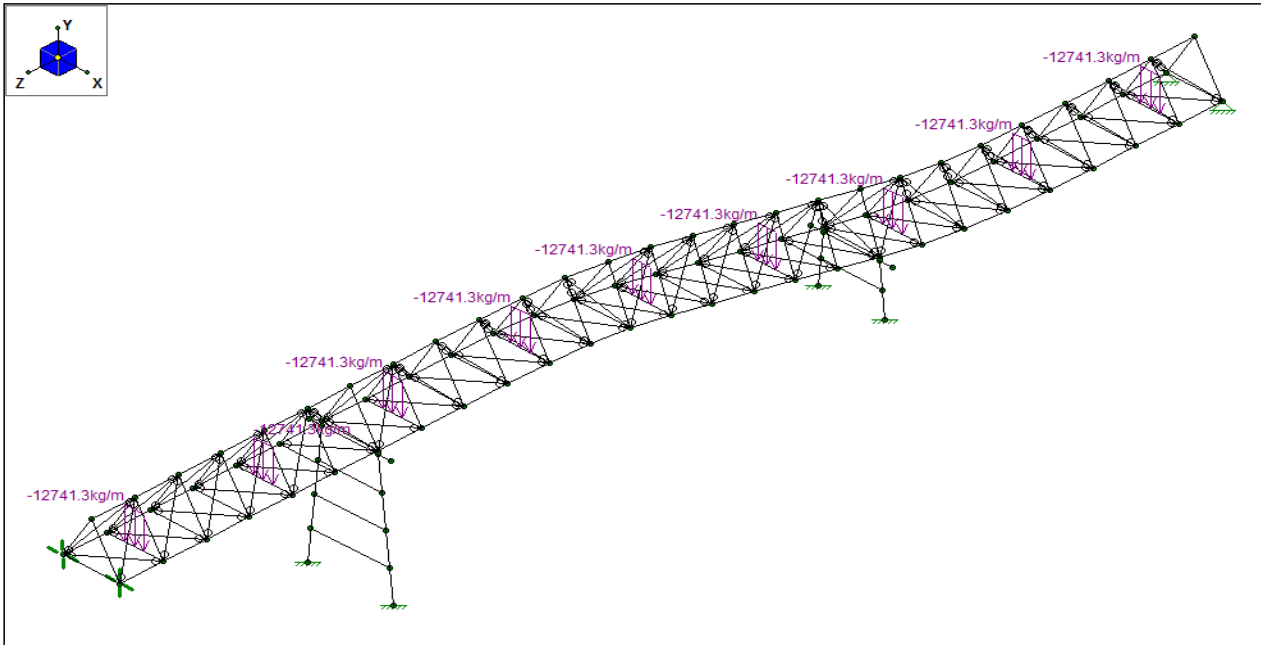


Fig. IV.7.4: CARGA MUERTA - TUBERÍA EN PRUEBA HIDROSTÁTICA

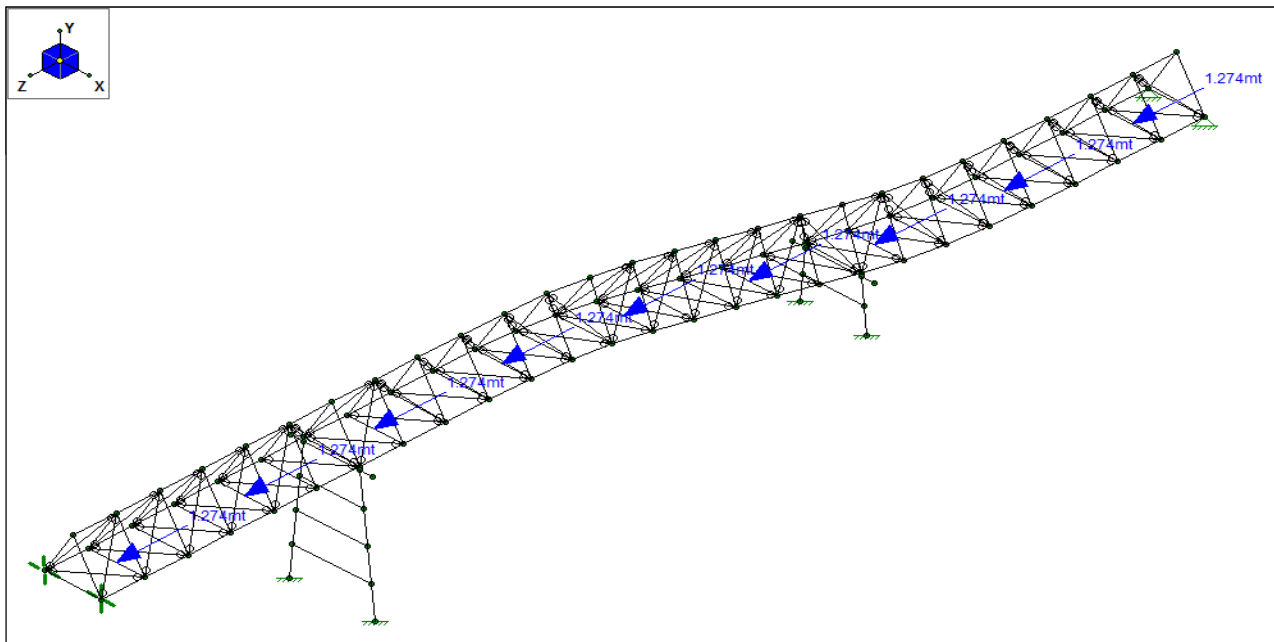


Fig. IV.7.5: CARGA POR FRICCIÓN

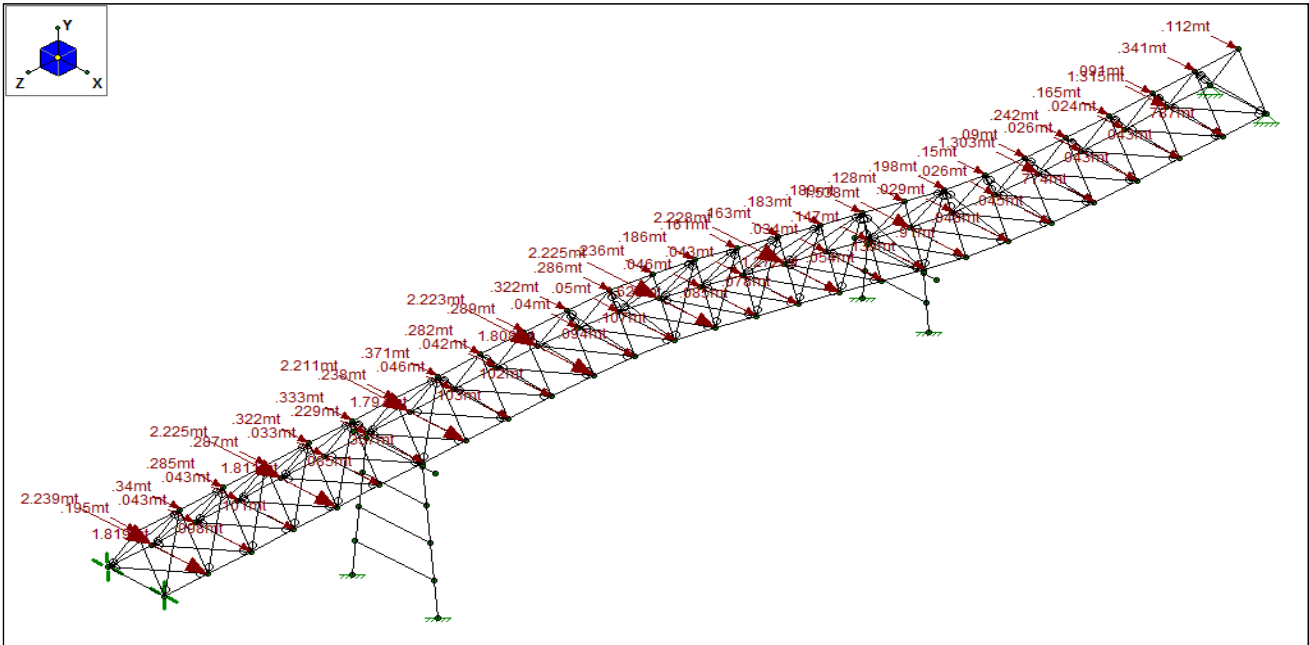


Fig. IV.7.6: FUERZAS DEBIDAS A SISMO EN DIRECCIÓN X (TUBERÍA EN OPERACIÓN)

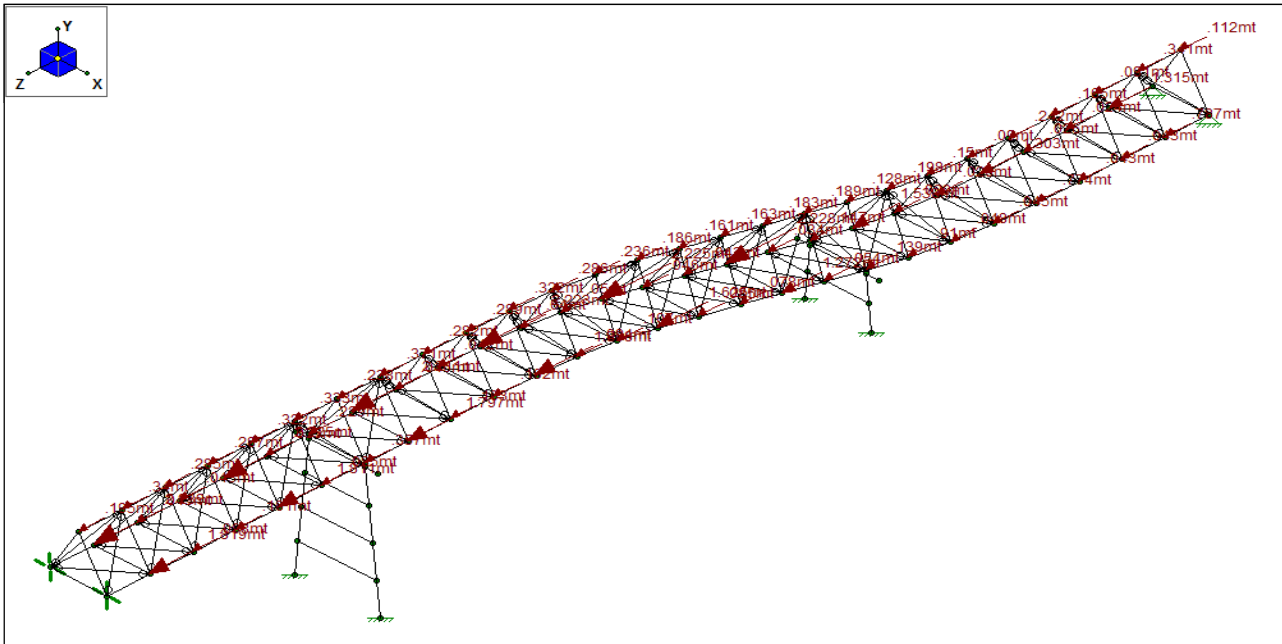


Fig. IV.7.7: FUERZAS DEBIDAS A SISMO EN DIRECCIÓN Z (TUBERÍA EN OPERACIÓN)

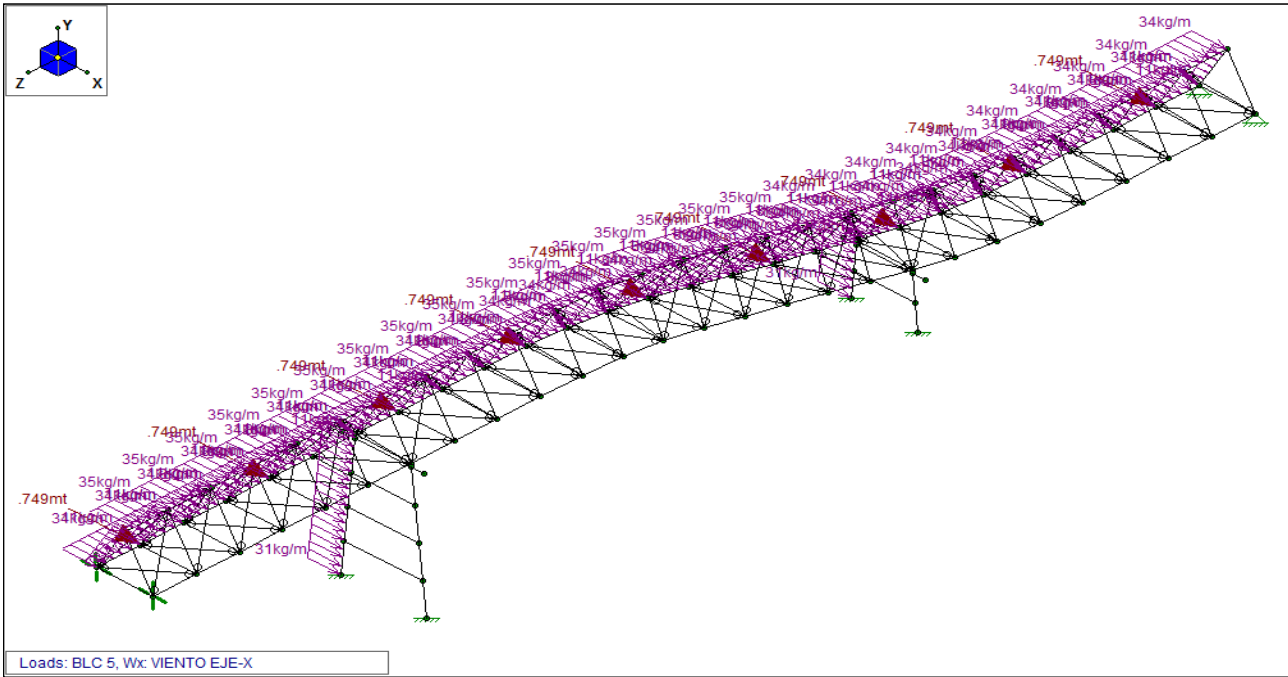


Fig. IV.7.10: FUERZAS DE VIENTO EN DIRECCIÓN X

Las fuerzas de viento en dirección del eje Y (eje longitudinal), no se tomarán en cuenta, ya que son más críticas las cargas por fricción debidas a la tubería.

IV.7.5 RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

En esta sección se muestra los resultados que se obtuvieron del análisis, incluyendo la relación de esfuerzos que nos indica si el diseño de cada elemento esta al limite y donde se concentran los mas esforzados, así como los diagramas de elementos mecánicos mas críticos con los que se diseñaron y revisaron las secciones que conforman a la estructura.

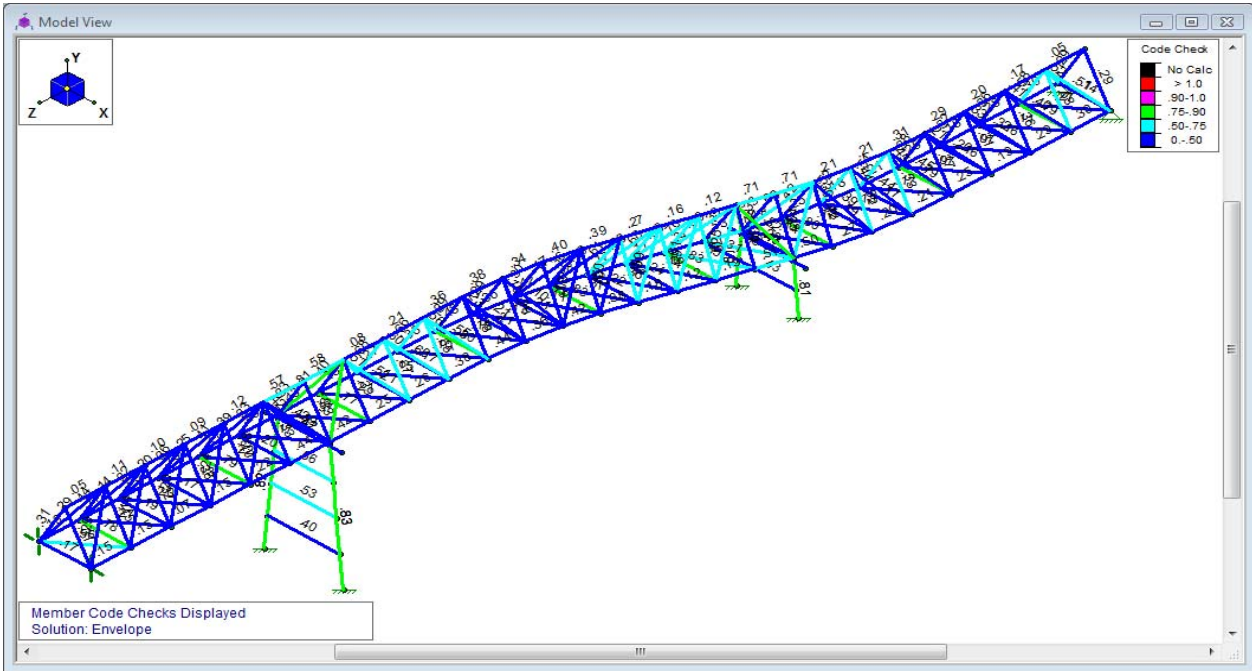
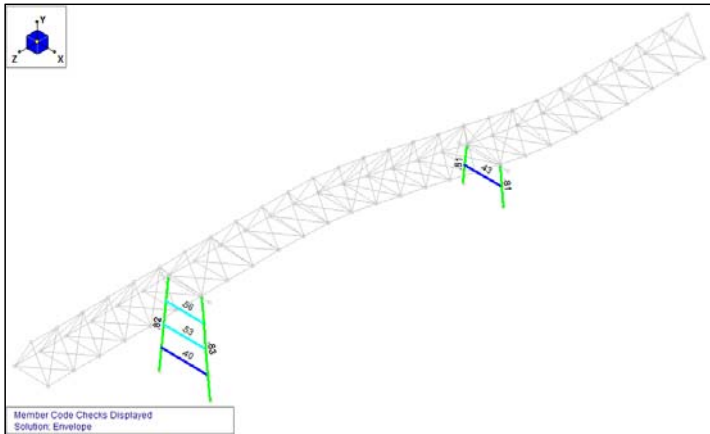


Fig. IV.7.11: RELACIÓN DE ESFUERZOS

DISEÑO DE MARCOS TRANSVERSALES 1 Y 2:



AISC ASD 9th Ed. Code Check

Max Bending Check	0.826	Max Shear Check	0.127 (s)
Location	0 m	Location	5.649 m
Equation	H1-1	Max Defl Ratio	L/685

Compact

Fy	25.311 kg/mm ²	Y-Y	Z-Z
Fa	12.684 kg/mm ²	Cm	.595
Ft	15.186 kg/mm ²	Lb	7.533 m
Fby	16.705 kg/mm ²	KL/r	53.468
Fbz	16.705 kg/mm ²	Sway	No
Fv	10.124 kg/mm ²	L Comp Flange	7.533 m
Fvz	10.124 kg/mm ²	Torque Length	NC
Cb	2.3		

Column: **M162**

Shape: **HSS16X0.312**

Material: **A36 Gr.36**

Length: **7.533 m**

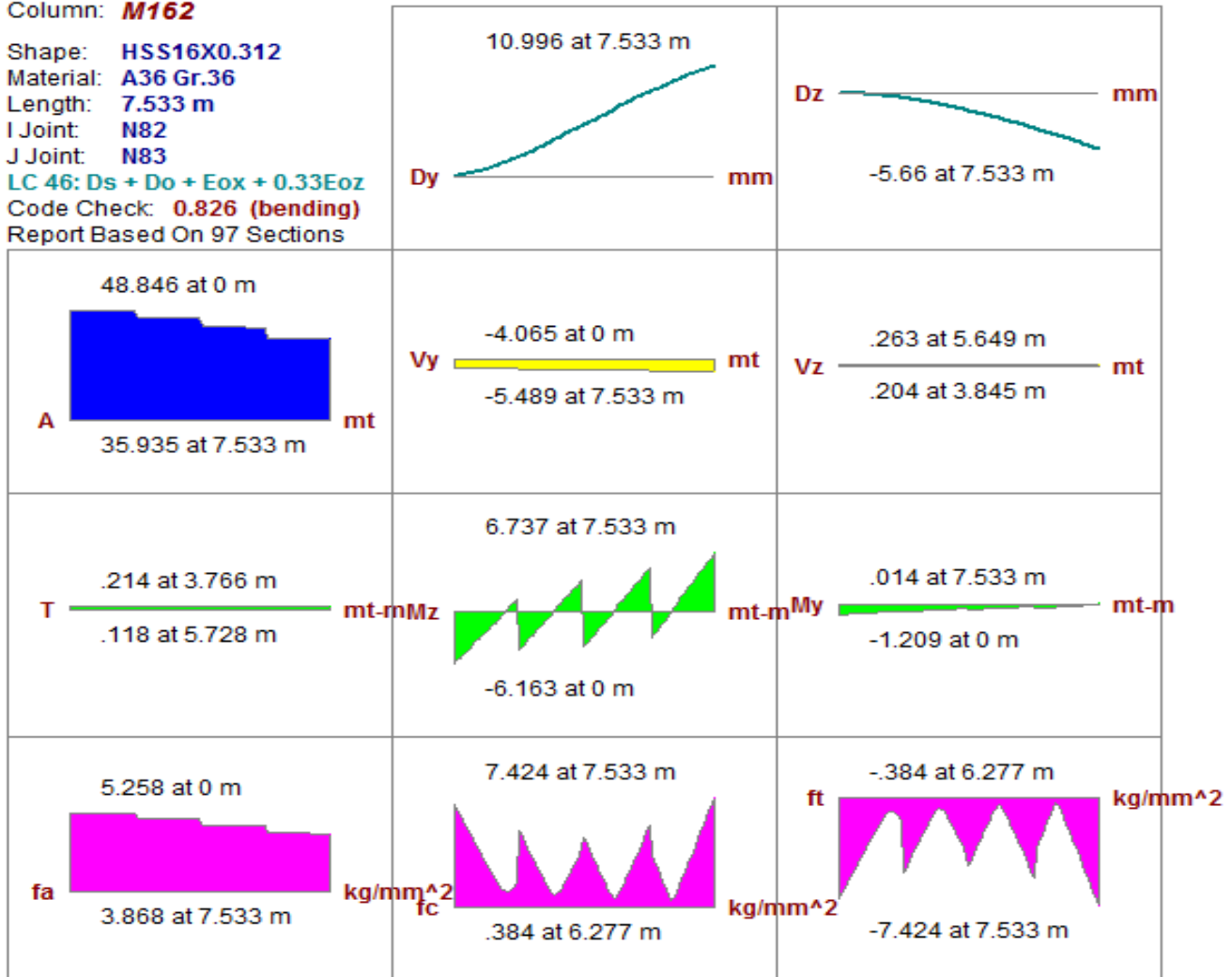
I Joint: **N82**

J Joint: **N83**

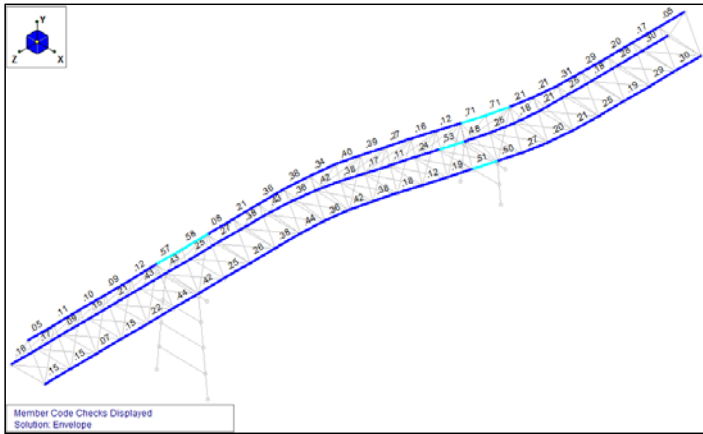
LC 46: **Ds + Do + Eox + 0.33Eoz**

Code Check: **0.826 (bending)**

Report Based On 97 Sections



DISEÑO DE CUERDAS SUPERIOR E INFERIORES:



AISC ASD 9th Ed. Code Check

Max Bending Check	0.711	Max Shear Check	0.055 (s)
Location	0 m	Location	0 m
Equation	H2-1	Max Defl Ratio	L/590

Compact

Fy	25.311 kg/mm ²	Y-Y	Z-Z
Fa	14.71 kg/mm ²	Cm	.766
Ft	15.186 kg/mm ²	Lb	2.3 m
Fby	16.705 kg/mm ²	KL/r	14.436
Fbz	16.705 kg/mm ²	Sway	No
Fvy	9.287 kg/mm ²	L Comp Flange	2.3 m
Fvz	9.287 kg/mm ²	Torque Length	NC
Cb	1.712		

Dy_{MIN} = -0.909 mm

Dy_{MAX} = -4.810 mm

DESP_{MAX} = (Dy_{MAX} - Dy_{MIN}) = 0.390 cm

L = 2.300 m

DESP_{PERM} = L/240 = 0.958 cm

OK por Desplazamientos.

Beam: **M92**

Shape: **HSS18X0.25**

Material: **A36 Gr.36**

Length: **2.3 m**

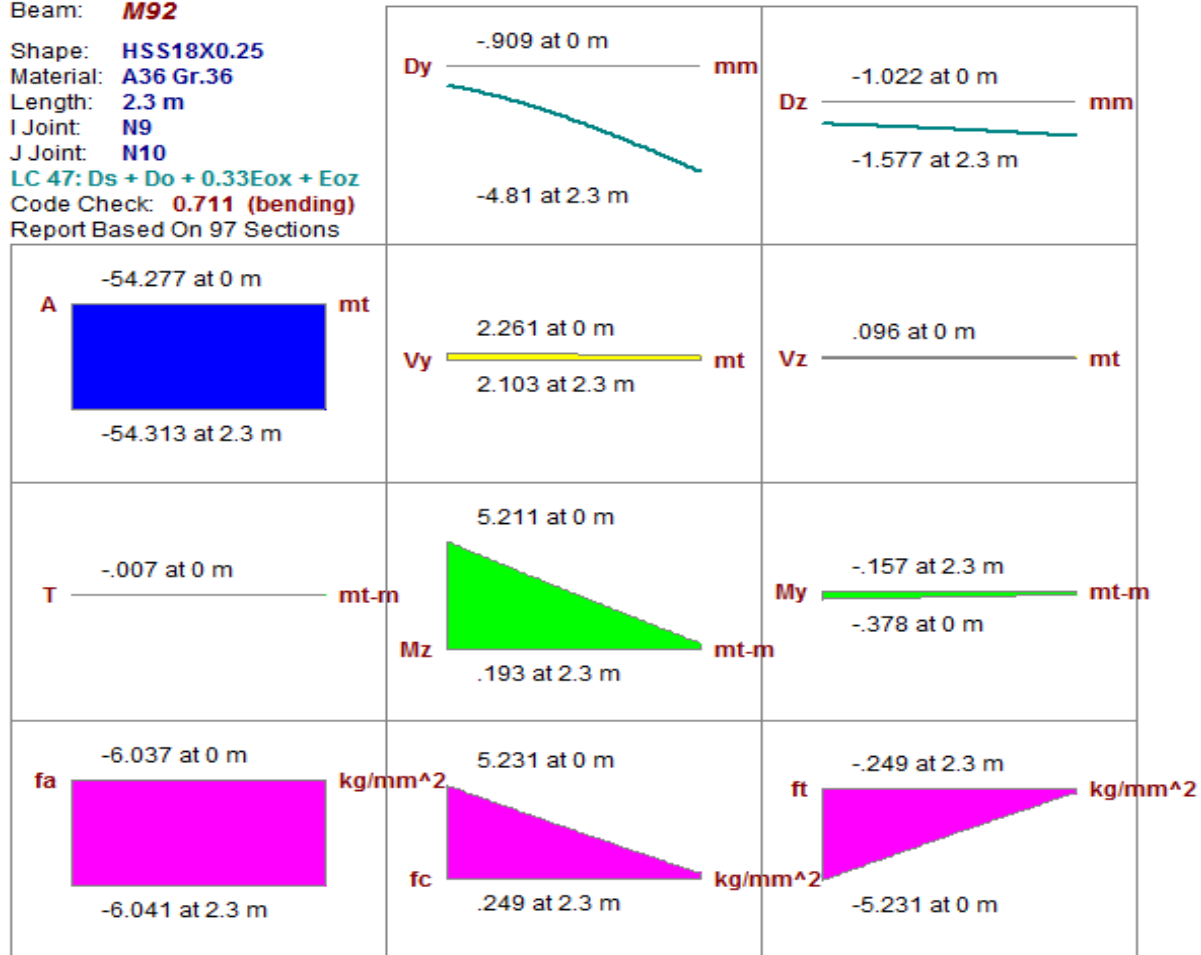
I Joint: **N9**

J Joint: **N10**

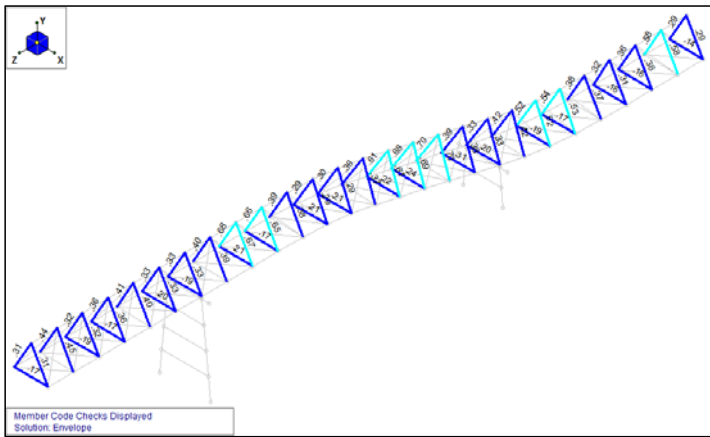
LC 47: **Ds + Do + 0.33Eox + Eoz**

Code Check: **0.711 (bending)**

Report Based On 97 Sections



DISEÑO DE MONTANTES:



AISC ASD 9th Ed. Code Check

Max Bending Check	0.705	Max Shear Check	0.020 (s)
Location	0 m	Location	2.991 m
Equation	H1-1	Max Defl Ratio	L/925

Compact

Fy	25.311 kg/mm ²	Y-Y	Z-Z
Fa	12.033 kg/mm ²	Cm	.276
Ft	15.186 kg/mm ²	Lb	2.991 m
Fby	16.705 kg/mm ²	KL/r	63.229
Fbz	16.705 kg/mm ²	Sway	No
Fvy	10.124 kg/mm ²	L Comp Flange	2.991 m
Fvz	10.124 kg/mm ²	Torque Length	NC
Cb	1.997		

Column: **M53**

Shape: **HSS5.5X0.258**

Material: **A36 Gr.36**

Length: **2.991 m**

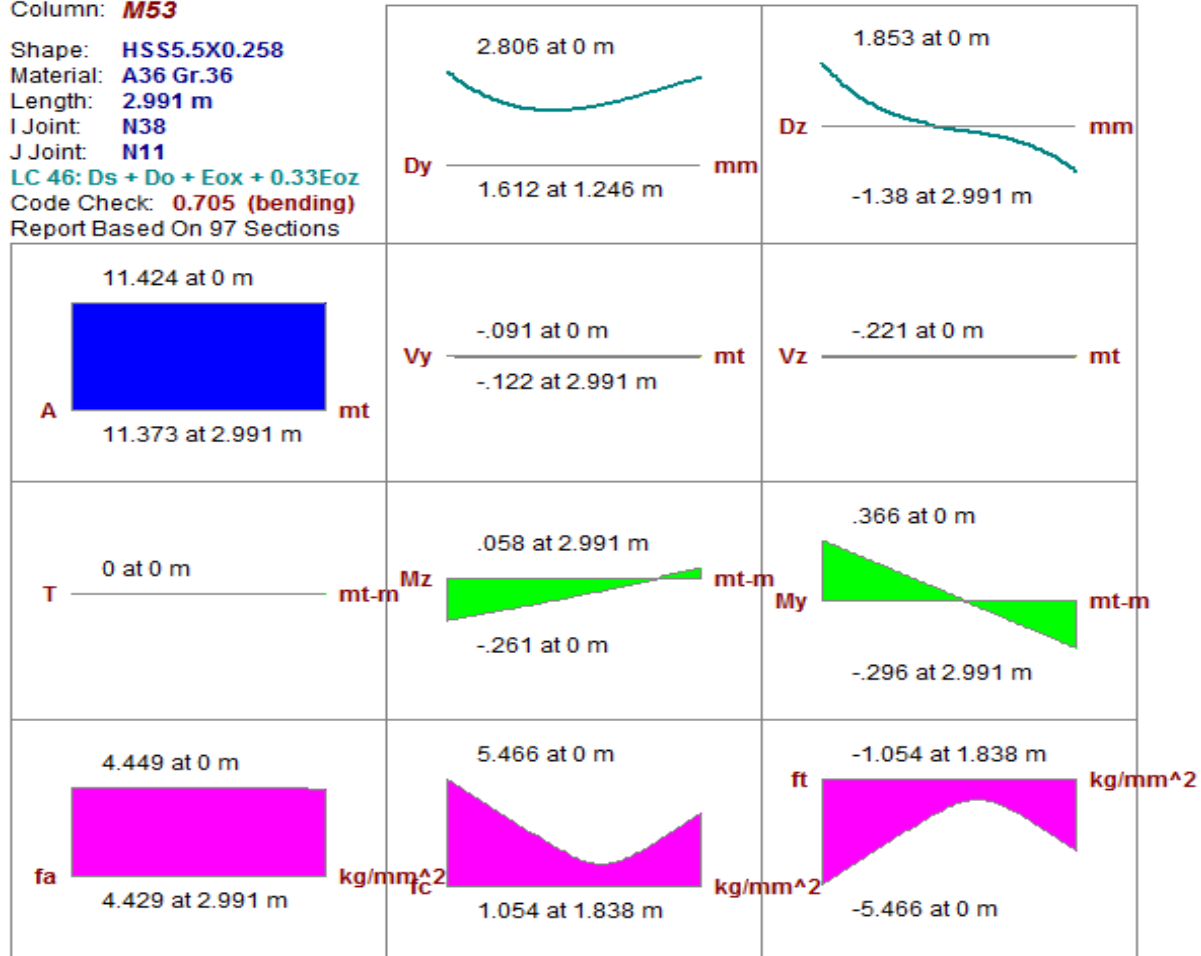
I Joint: **N38**

J Joint: **N11**

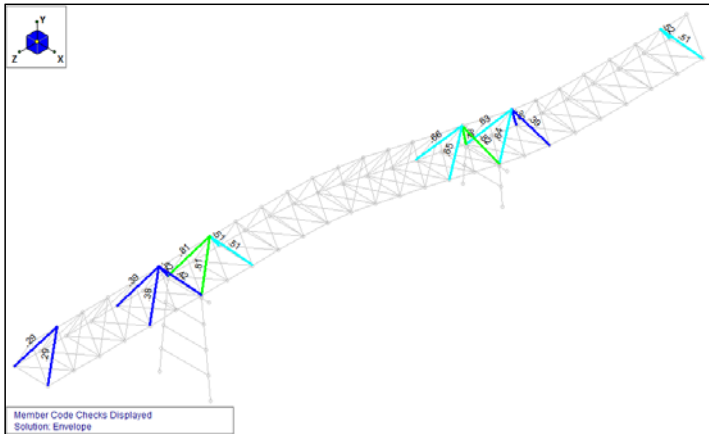
LC 46: **Ds + Do + Eox + 0.33Eoz**

Code Check: **0.705 (bending)**

Report Based On 97 Sections



DISEÑO DE DIAGONAL 1:



AISC ASD 9th Ed. Code Check

Max Bending Check	0.821	Max Shear Check	0.027 (s)
Location	1.886 m	Location	3.852 m
Equation	H1-1	Max Defl Ratio	L/1144

Compact

Fy	25.311 kg/mm²	Y-Y	1
Fa	10.683 kg/mm²	Cm	.6
Ft	15.186 kg/mm²	Lb	3.852 m
Fby	16.705 kg/mm²	KL/r	81.435
Fbz	16.705 kg/mm²	Sway	No
Fvy	10.124 kg/mm²	L Comp Flange	3.852 m
Fvz	10.124 kg/mm²	Torque Length	NC
Cb	1		

VBrace: **M197**

Shape: **HSS5.5X0.258**

Material: **A36 Gr.36**

Length: **3.852 m**

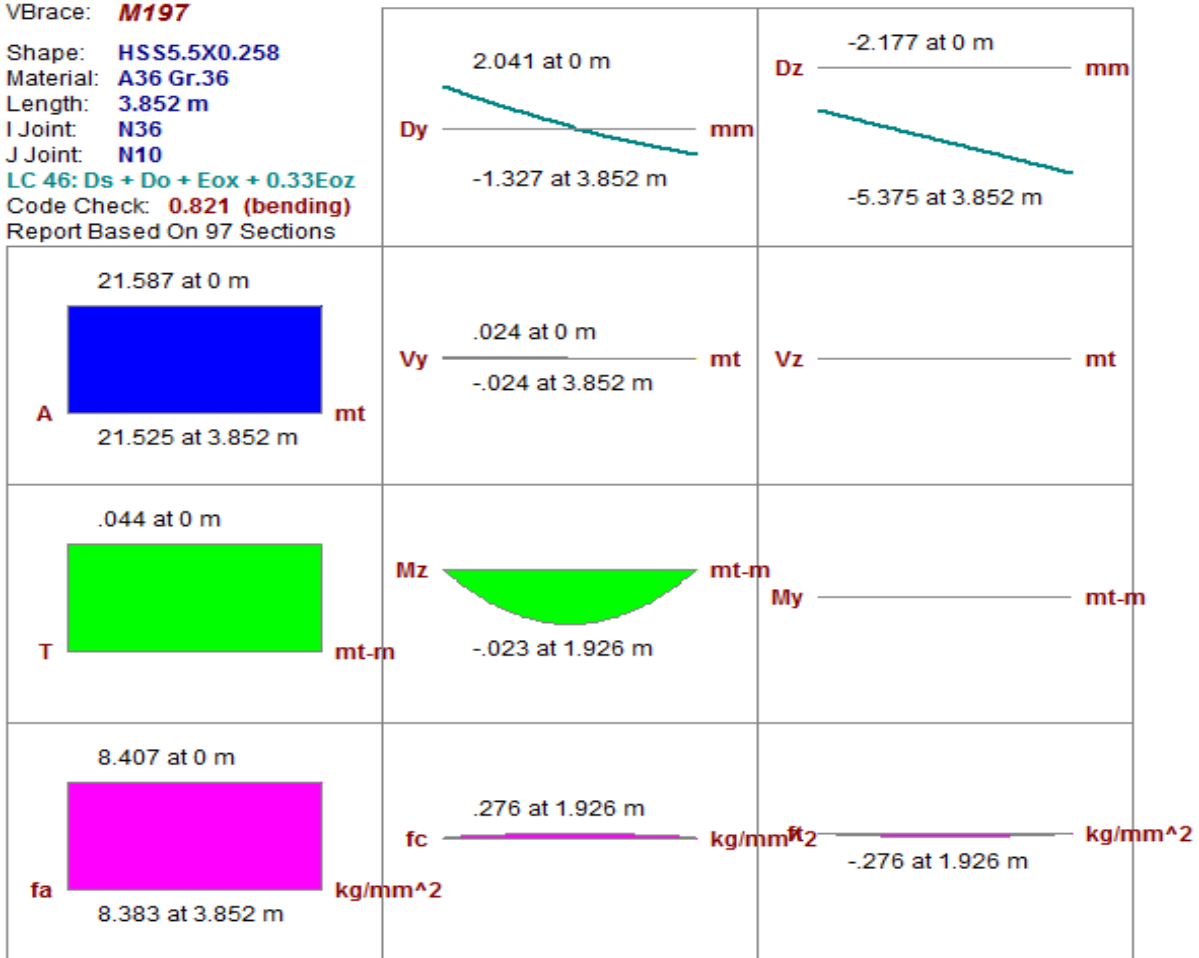
I Joint: **N36**

J Joint: **N10**

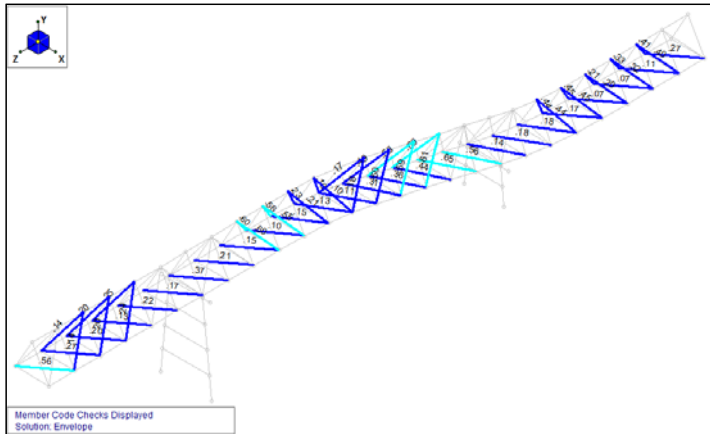
LC 46: **Ds + Do + Eox + 0.33Eoz**

Code Check: **0.821 (bending)**

Report Based On 97 Sections



DISEÑO DE DIAGONAL 2:



AISC ASD 9th Ed. Code Check

Max Bending Check	0.646	Max Shear Check	0.033 (s)
Location	1.89 m	Location	3.78 m
Equation	H1-1	Max Defl Ratio	L/4347

Compact

Fy	25.311 kg/mm ²	Y-Y	Z-Z
Fa	8.139 kg/mm ²	Cm	.6
Ft	15.186 kg/mm ²	Lb	3.78 m
Fby	16.705 kg/mm ²	KL/r	110.703
Fbz	16.705 kg/mm ²	Sway	No
Fvy	10.124 kg/mm ²	L Comp Flange	3.78 m
Fvz	10.124 kg/mm ²	Torque Length	NC
Cb	1		

VBrace: **M194**

Shape: **HSS4X0.22**

Material: **A36 Gr.36**

Length: **3.78 m**

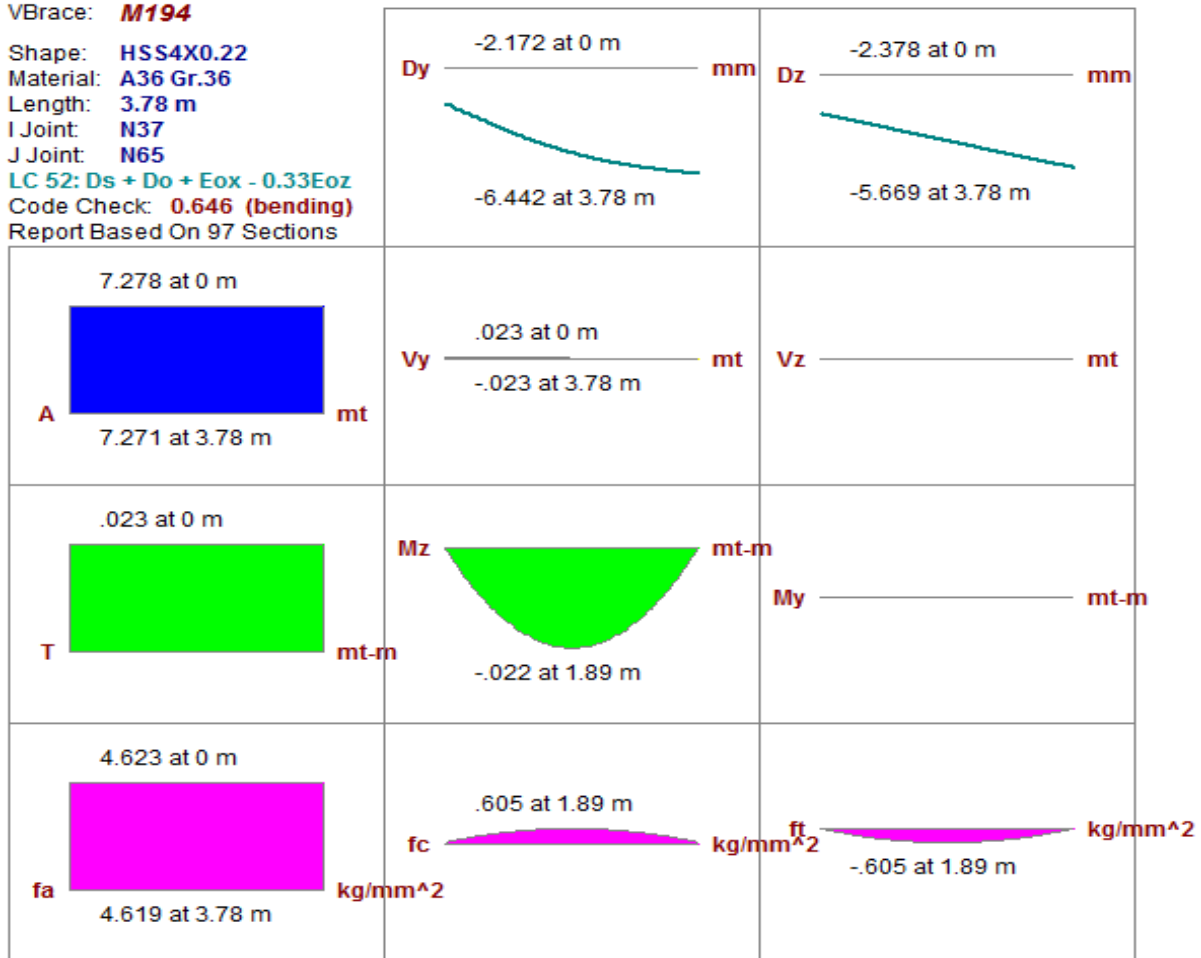
I Joint: **N37**

J Joint: **N65**

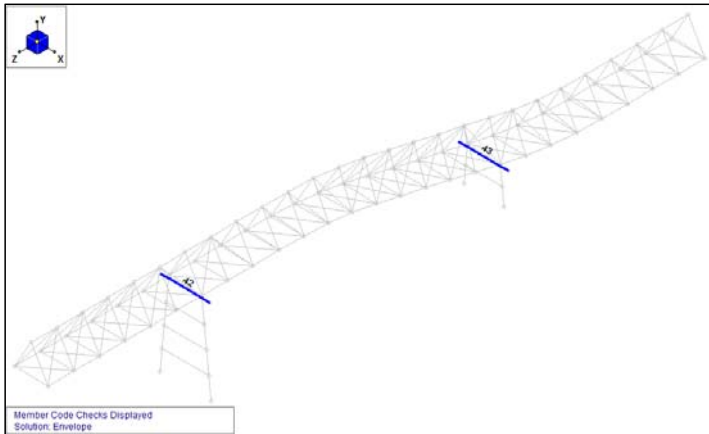
LC 52: **Ds + Do + Eox - 0.33Eoz**

Code Check: **0.646 (bending)**

Report Based On 97 Sections



DISEÑO DE TRABESAÑO-SOPORTE DE LOS MARCOS TRANSVERSALES 1 Y 2



AISC ASD 9th Ed. Code Check

Max Bending Check	0.430	Max Shear Check	0.107 (y)
Location	.733 m	Location	1.192 m
Equation	H2-1	Max Defl Ratio	L/8235

Compact

Fy	25.311 kg/mm²	Y-Y	Z-Z
Fa	8.31 kg/mm²	Cm	.6
Ft	15.186 kg/mm²	Lb	4.4 m
Fby	18.983 kg/mm²	KL/r	108.894
Fbz	15.186 kg/mm²	Sway	No
Fvy	10.124 kg/mm²	L Comp Flange	4.4 m
Fvz	10.124 kg/mm²	Torque Length	4.4 m
Cb	1		

Dy_{MIN} = -0.202 mm

Dy_{MAX} = -0.745 mm

DESP_{MAX} = (Dy_{MAX} - Dy_{MIN}) = **0.054 cm**

L = **4.400 m**

DESP_{PERM} = L/240 = **1.833 cm**

OK por Desplazamientos.

Beam: **M171**

Shape: **W16X50**

Material: **A36 Gr.36**

Length: **4.4 m**

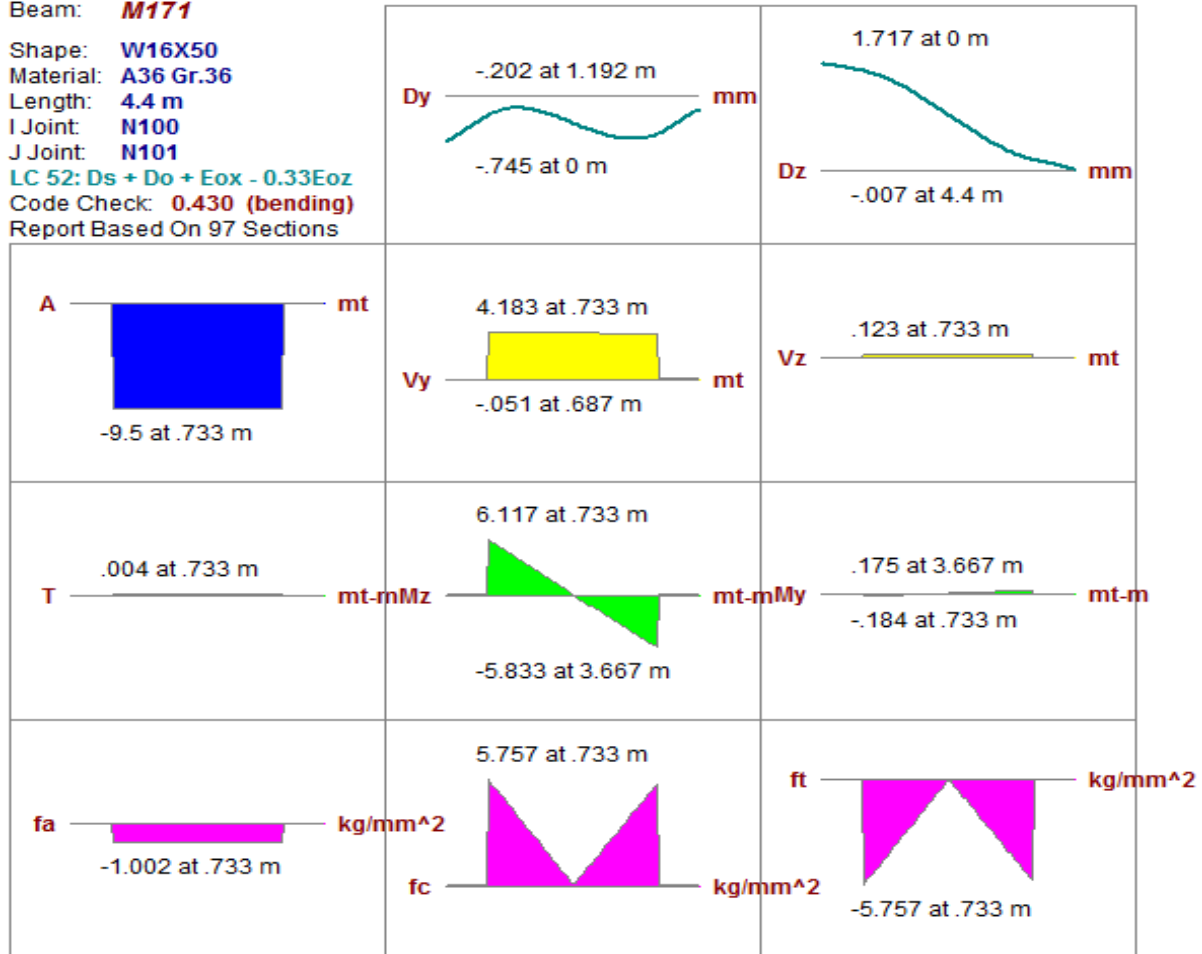
I Joint: **N100**

J Joint: **N101**

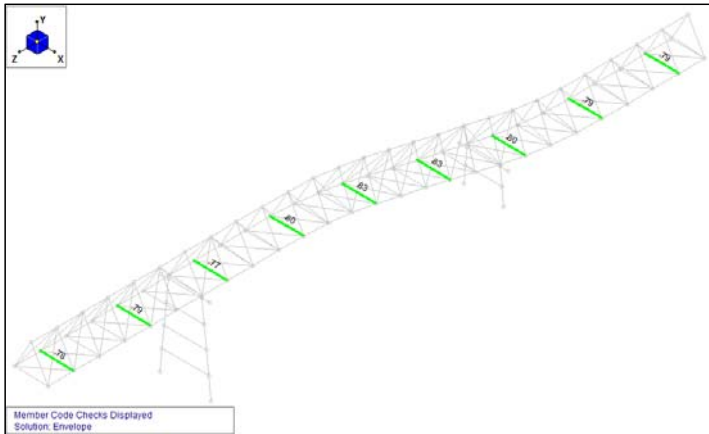
LC 52: **Ds + Do + Eox - 0.33Eoz**

Code Check: **0.430 (bending)**

Report Based On 97 Sections



DISEÑO DE TRABES-SOPORTE:



AISC ASD 9th Ed. Code Check

Max Bending Check **0.832** Max Shear Check **0.317 (y)**
 Location **1.5 m** Location **0 m**
 Equation **H1-2** Max Defl Ratio **L/1030**

Compact

Fy	25.311 kg/mm ²	Y-Y	Z-Z
Fa	12.274 kg/mm ²	Cm	.85
Ft	15.186 kg/mm ²	Lb	3 m
Fby	18.983 kg/mm ²	KL/r	59.708
Fbz	15.186 kg/mm ²	Sway	No
Fvy	10.124 kg/mm ²	L Comp Flange	3 m
Fvz	10.124 kg/mm ²	Torque Length	3 m
Cb	1		

Dy_{MIN} = -7.570 mm

Dy_{MAX} = -10.536 mm

DESP_{MAX} = (Dy_{MAX} - Dy_{MIN}) = **0.297 cm**

L = **3.000 m**

DESP_{PERM} = L/240 = **1.250 cm**

OK por Desplazamientos.

Beam: **M65**

Shape: **W10X39**

Material: **A36 Gr.36**

Length: **3 m**

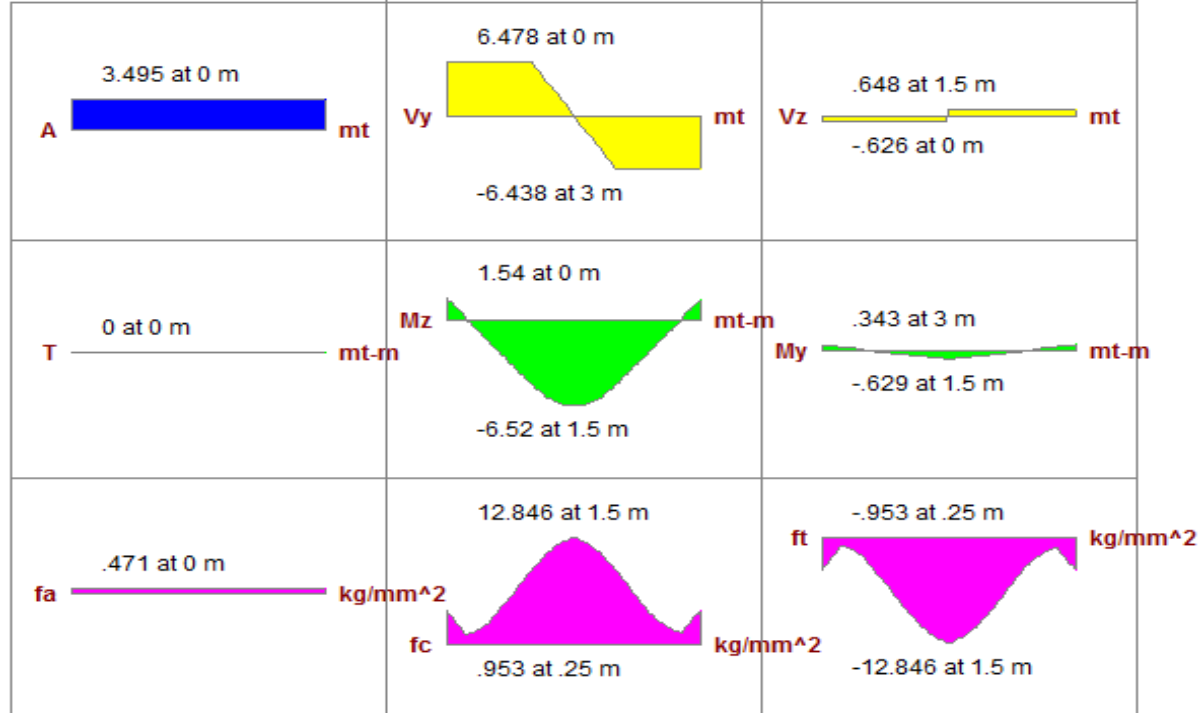
I Joint: **N65**

J Joint: **N38**

LC 41: **Ds + Do + Ff**

Code Check: **0.832 (bending)**

Report Based On 97 Sections



IV.7.6 DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS Y PERMISIBLES

Finalmente para el análisis y diseño de la estructura metálica, se compara la deformación máxima en los nodos críticos, contra la deformación permitida de acuerdo a las normas y reglamentos antes mencionados

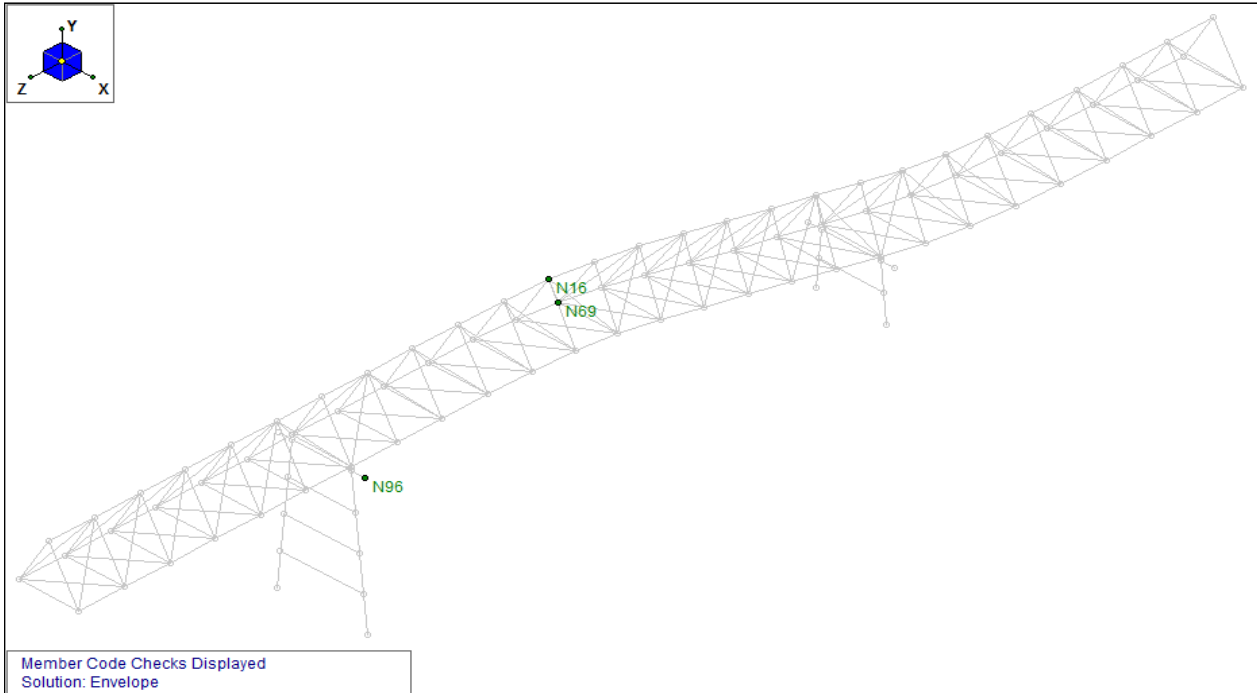


Fig. IV.7.12: NODOS PARA DEFLEXIONES MÁXIMAS

	Joint		X [mm]	Ic	Y [mm]	Ic	Z [mm]	Ic	X Rotat...	Ic	Y Rotat...	Ic	Z Rotat...	Ic
1	N96	max	11.115	7	-346	33	7.318	8	1.462e-3	8	3.418e-4	11	3.631e-4	21
2		min	-10.969	21	-1.402	11	-1.129	22	-2.288e-4	22	-3.189e-4	25	-3.801e-4	7
3	N69	max	14.585	19	-6.113	34	6.387	8	1.007e-4	23	8.839e-5	19	-6.314e-4	31
4		min	-14.585	9	-21.045	12	-597	22	-1.338e-4	13	-5.986e-4	9	-2.535e-3	13
5	N16	max	16.196	25	-6.153	30	5.835	8	-1.216e-4	30	1.272e-4	7	2.838e-4	11
6		min	-16.219	11	-20.192	8	-734	22	-4.742e-4	8	-1.192e-4	21	-2.721e-4	25

Nota: en esta tabla se presentan los desplazamientos máximos por eje y combinaciones de carga donde se calcularon (Ic), de los nodos más críticos de la estructura, con el fin de compararlos contra los desplazamientos permitidos.

Nodo: **N69**

Ic 12 Condición debida a Sismo $Dy_{MAX} = -21.045 \text{ mm}$
 $\Delta_{MAX} = Dy_{MAX} = 2.10 \text{ cm}$
 $\Delta_{perm} = L / 240 = 2680 / 240 = 11.17 \text{ cm} \therefore \Delta_{perm} > \Delta_{MAX} \text{ OK por desplazamiento vertical.}$

Nodo: **N16**

Ic 11 Condición debida a Sismo $Dx_{MAX} = -16.219 \text{ mm}$
 $\Delta_{MAX} = Dx_{MAX} * Q = 3.24 \text{ cm}$
 $\Delta_{perm} = 0.012 * h = 1017 * 0.012 = 12.20 \text{ cm} \therefore \Delta_{perm} > \Delta_{MAX} \text{ OK por desplazamiento horizontal.}$

En la siguiente tabla se presenta un resumen de el estado de cada una de los perfiles utilizados para el diseño.

TABLA IV.7.I: RESUMEN DE RESULTADOS DEL DISEÑO DE PERFILES DEL PASO AÉREO KM74+317							
IDENTIFICACIÓN	PERFIL	DEFLEXIONES		KL/r		REV AISC	CONCLUSIÓN
		ACT (cm)	PERM (cm)	ACT	PERM		
COLUMNAS DE MARCO TRANSVERSAL 1 Y 2.	OC16x0.312	1.10	2.23	53.468	200	0.826	SE ACEPTA POR RESISTENCIA
CUERDAS DE CELOSÍA PRINCIPAL	OC18x0.250	0.39	0.60	14.436	200	0.711	SE ACEPTA POR RESISTENCIA
MONTANTES DE CELOSÍA PRINCIPAL	OC5.5x0.258	0.12	2.63	63.229	200	0.705	SE ACEPTA POR RESISTENCIA
DIAGONAL 1 DE CELOSÍA PRINCIPAL	OC5.5x0.258	0.34	3.39	81.435	200	0.821	SE ACEPTA DEBIDO A LA RELACIÓN KL/r Y POR RESISTENCIA
DIAGONAL 2 DE CELOSÍA PRINCIPAL	OC4x0.220	0.43	4.61	110.703	200	0.646	SE ACEPTA DEBIDO A LA RELACIÓN KL/r Y POR RESISTENCIA
TRABESAÑO-SOP. MARCO TRANSVERSAL 1 Y 2.	W16x50	0.05	4.54	108.894	200	0.430	SE ACEPTA POR RESISTENCIA
TRABES-SOPORTE CELOSÍA PRINCIPAL	W10x39	0.30	2.49	59.708	200	0.832	SE ACEPTA POR DEFORMACIÓN

IV.8 CIMENTACIÓN

IV.8.1 MODELO ESTRUCTURAL EN RISA 3D (CON DATOS DE CIMENTACIÓN)

Los datos de la cimentación se diseñaron en el mismo modelo donde se reviso la estructura metálica a para poder obtener los elementos mecánicos al nivel de desplante , que se utilizaron para el diseño del pie de cada zapata en otra sección mas adelante.

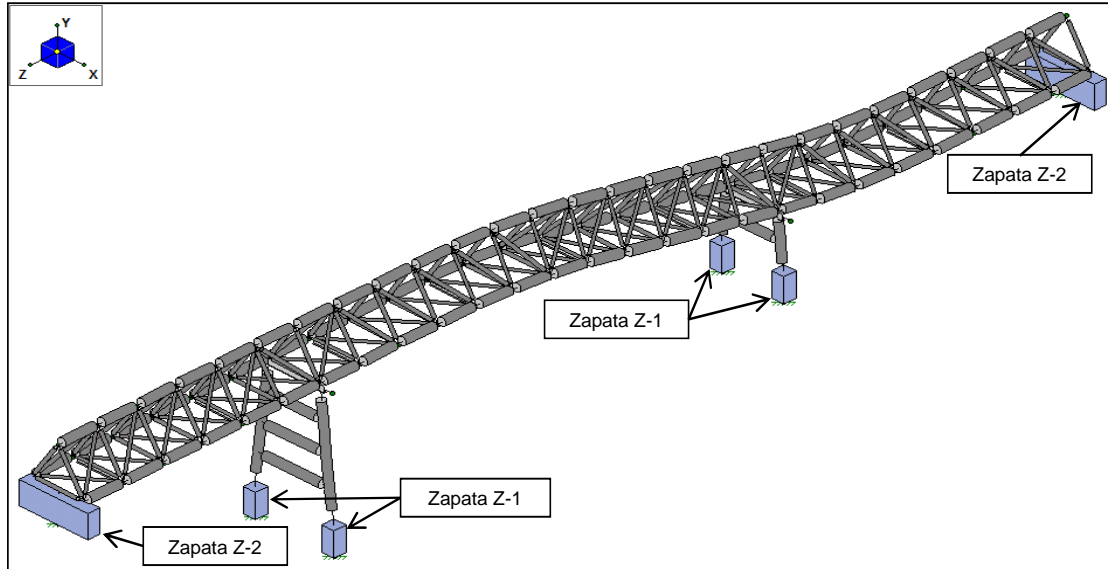


Fig. IV.8.1: Vista en isométrico del Modelo en RISA 3D (con datos de cimentación)

Diseño de dados por el Software RISA 3D (Acero de refuerzo longitudinal y estribos):

Column	Shape	Span	Perim Bars
1	M248	1	8 #9
2	M249	1	8 #9
3	M250	1	8 #9
4	M251	1	8 #9
5	M252	1	20 #10

$$8 \text{ VRS } \#9 = 51.28 \text{ cm}^2$$

$$20 \text{ VRS } \#10 = 158.40 \text{ cm}^2$$

Column	Span	Region 1	Region 2	Region 3	Region 4
1	M248	1	6 #4 @30cm		
2	M249	1	6 #4 @30cm		
3	M250	1	4 #4 @45cm		
4	M251	1	4 #4 @45cm		
5	M252	1	4 #4 @50cm		

- Para los dados de 70 x 70 se propone el siguiente armado: 20 VRS #6 => $A_s = 57.00 \text{ cm}^2$
Est. #3 @ 10 cm
- Para los dados de 400 x 70 se propone el siguiente armado: 32 VRS #8 => $A_s = 162.24 \text{ cm}^2$
Est. #3 @ 10 cm

IV.8.2 Calculo de Capacidad de Carga Admisible (q_a), a partir del Módulo de Reacción:

$$K = 2450 \text{ Ton/m}^3 \quad \leftarrow \text{Módulo de Reacción de la Subrasante.}$$

$$q_u = 11.14 \text{ Ton/m}^2 \quad \leftarrow \text{Capacidad de Carga Ultima del Suelo (Meli Piralla).}$$

$$q_a = q_u/1.4 = 7.96 \text{ Ton/m}^2 \quad \leftarrow \text{Capacidad de Carga Admisible del Suelo.}$$

IV.8.3 Cálculo de Pies de Zapatas:

Para el cálculo del pie de la Zapata, se considero las cargas de servicio para dimensionar y las cargas últimas para diseño, por lo que se importaron los valores de los elementos mecánicos del software para el cálculo en la siguiente

- Cálculo de Zapata Z-1:

TABLA IV.8.I: Reporte de Elementos Mecánicos Críticos en Apoyos									
Modelo: Paso Aereo KM74+317 8 (CIM)									
CARGAS DE SERVICIO (AISC)									
No.	Comb.	Perfil-Columna	FX [kg]	P [kg]	FZ [kg]	MX [kg-m]	T [kg-m]	MZ [kg-m]	NODO
1	48	OC 16x0.312	9,036.80	44,807.03	783.38	3,650.61	110.18	-22,060.05	N105A
2	46	OC 16x0.312	-8,980.35	45,321.41	659.50	3,020.26	-154.94	21,881.57	N104A
3	46	OC 16x0.312	-8,980.35	45,321.41	659.50	3,020.26	-154.94	21,881.57	N104A
4	58	OC 16x0.312	-3,228.59	3,761.61	54.50	90.69	71.47	10,761.19	N103B
5	52	OC 16x0.312	-8,927.80	45,006.45	796.38	3,697.59	-127.95	21,760.43	N104A
6	50	OC 16x0.312	6,388.12	41,304.76	-116.03	-633.31	-60.19	-15,500.06	N103B
7	52	OC 16x0.312	-8,927.80	45,006.45	796.38	3,697.59	-127.95	21,760.43	N104A
8	46	OC 16x0.312	-6,523.38	41,527.44	-111.07	-634.57	51.70	15,909.99	N102B
9	48	OC 16x0.312	5,093.16	19,373.71	242.84	1,418.93	302.61	-16,285.75	N104A
10	52	OC 16x0.312	-5,021.39	19,483.44	213.36	1,290.52	-317.29	16,058.04	N105A
11	46	OC 16x0.312	-8,980.35	45,321.41	659.50	3,020.26	-154.94	21,881.57	N104A
12	48	OC 16x0.312	9,036.80	44,807.03	783.38	3,650.61	110.18	-22,060.05	N105A
CARGAS ULTIMAS (ACI)									
1	91	OC 16x0.312	12,250.16	56,253.21	1,011.82	4,689.56	172.34	-30,288.80	N105A
2	89	OC 16x0.312	-12,184.07	56,982.26	832.28	3,780.58	-231.83	30,075.31	N104A
3	89	OC 16x0.312	-12,184.07	56,982.26	832.28	3,780.58	-231.83	30,075.31	N104A
4	109	OC 16x0.312	-2,482.76	2,452.77	42.47	78.47	54.06	8,153.40	N103B
5	95	OC 16x0.312	-12,109.90	56,537.72	1,025.48	4,736.57	-193.74	29,904.32	N104A
6	93	OC 16x0.312	8,556.09	52,428.50	-156.88	-837.81	-85.23	-21,112.08	N103B
7	95	OC 16x0.312	-12,109.90	56,537.72	1,025.48	4,736.57	-193.74	29,904.32	N104A
8	89	OC 16x0.312	-8,724.62	52,684.88	-151.42	-845.63	74.54	21,625.66	N102B
9	91	OC 16x0.312	7,519.44	20,651.88	250.52	1,546.45	409.05	-23,360.33	N104A
10	95	OC 16x0.312	-7,431.31	20,800.19	213.79	1,385.43	-426.12	23,076.53	N105A
11	89	OC 16x0.312	-12,184.07	56,982.26	832.28	3,780.58	-231.83	30,075.31	N104A
12	91	OC 16x0.312	12,250.16	56,253.21	1,011.82	4,689.56	172.34	-30,288.80	N105A

Orientación de Ejes Locales: Z = z <= Gira la Columna.

F.S. = 1.00 <= Factor de Seguridad aplicado directamente en las cargas.

Elementos Mecánicos de Diseño:

Comb. Crítica No. 2	
Cargas de Servicio	
P =	45,321 Ton
FX =	-8,980 Ton
FZ =	0,659 Ton
MX =	3,020 Ton-m
MZ =	21,882 Ton-m

Comb: 46

Descripción: Ds + Do + Eox + 0.33Eoz

Comb. Crítica No. 2	
Cargas Últimas	
P =	56,982 Ton
FX =	-12,184 Ton
FZ =	0,832 Ton
MX =	3,781 Ton-m
MZ =	30,075 Ton-m

Comb: 89

Descripción: 1.20Ds + 1.20Do + 1.40Eox + 0.47Eoz

Materiales:

- Propiedades de Concreto:

Especificación: 350	
f _c =	350 kg/cm ²
γ _c =	2,400 kg/m ³
E _c =	282,495 kg/cm ²
FR =	0.80 RCDF
φ =	0.90 ACI

- Propiedades de Acero de Refuerzo:

Especificación: ASTM A615	
F _u =	6,200 kg/cm ²
F _y =	4,200 kg/cm ²
E _s =	2,000,000 kg/cm ²

- Propiedades del Suelo:

Especificación:	
q _{aCO} =	7.96 ton/m ²
q _{aCA} =	10.61 ton/m ²
η =	0.35
γ _s =	1,215 kg/m ³

Dimensionamiento del Pie de la Zapata:

- Elementos Mecánicos de Diseño:

Comb. Crítica No. 2	
Cargas de Servicio	
P =	45.321 Ton
FX =	-8.980 Ton
FZ =	0.659 Ton
MX =	3.020 Ton-m
MZ =	21.882 Ton-m

Comb: 46

Descripción: Ds + Do + Eox + 0.33Eoz

Comb. Crítica No. 2	
Cargas Ultimas	
P =	56.982 Ton
FX =	-12.184 Ton
FZ =	0.832 Ton
MX =	3.781 Ton-m
MZ =	30.075 Ton-m

Comb: 89

Descripción: 1.20Ds + 1.20Do + 1.40Eox + 0.47Eoz

- Dimensiones Generales de la Zapata:

* Para el Suelo:		
NTN:	0.00 m	<= Nivel del Terreno Natural.
ND:	-2.00 m	<= Nivel de Desplante.
H _{SUELO} =	1.50 m	
H _{DESP.} =	2.00 m	<= Profundidad de Desplante.

* Para el Pedestal o Dado:		
NTC:	0.30 m	<= Nivel Tope de Concreto.
h _X =	70 cm	
b _Z =	70 cm	
H _{DADO} =	1.80 m	<= Altura del Dado.

* Para el Pie de la Zapata:		
H _X =	350 cm	
B _Z =	350 cm	
Rec. =	5 cm	<= Recubrimiento.
d =	45 cm	<= Peralte Efectivo.
H _{PIE} =	0.50 m	<= Peralte del Pie.
d _{MIN} =	42.82 cm	<= Peralte Efectivo Mínimo Calculado.

- Cálculo del Peso de la Cimentación:

Peso del Dado =	2,117 kg
Peso del Pie =	14,700 kg
Peso Total del Cimiento =	16,817 kg
Peso del Material de Relleno =	21,433 kg
PESO TOTAL =	38,249 kg
	38.25 Ton

Clasificación de la Zapata con respecto a los ejes globales

De acuerdo a la forma del diagrama de esfuerzos, que se presentan en la cara del pie, podemos clasificar a la zapata en dos clases y elegir el procedimiento de cálculo para cada caso ya que en el caso tipo dos el diagrama presenta tensiones y en el cálculo de el pie de la zapata no puede haber tensiones ya que el suelo solo trabaja a compresión.

- Con Cargas de Servicio respecto al eje global "Z":

P =	81.454 Ton
MZ =	21.882 Ton-m
e _Z = MZ / P =	0.27 m
H _X / 6 =	0.58 m

Clasif. de Zapata eje "Z":	CLASE I
----------------------------	---------

- Con Cargas Ultimas respecto al eje global "Z":

P =	93.115 Ton
MZ =	30.075 Ton-m
e _Z = MZ / P =	0.32 m
H _X / 6 =	0.58 m

Clasif. de Zapata eje "Z":	CLASE I
----------------------------	---------

- Con Cargas de Servicio respecto al eje global "X":

P =	81.454 Ton
MX =	3.020 Ton-m
e _X = MX / P =	0.04 m
B _Z / 6 =	0.58 m

Clasif. de Zapata eje "X":	CLASE I
----------------------------	---------

- Con Cargas Ultimas respecto al eje global "X":

P =	93.115 Ton
MX =	3.781 Ton-m
e _X = MX / P =	0.04 m
B _Z / 6 =	0.58 m

Clasif. de Zapata eje "X":	CLASE I
----------------------------	---------

Análisis de Esfuerzos en el Suelo, con Cargas de Servicio.

En esta sección se revisará que en las cuatro esquinas de el pie de la Zapata no se rebasa la capacidad admisible del suelo para cargas accidentales, para confirmar que el dimensionamiento es el adecuado.

Comb: 46

Descripción: Ds + Do + Eox + 0.33Eoz

Capacidad de Carga del Suelo por Cargas Accidentales ($q_{a, CA}$) = 10.61 ton/m²

	$\sigma_y = P / A$		$\sigma_z = Mz \cdot x / Iz$		$\sigma_x = Mx \cdot y / Ix$			
$\sigma_1 =$	6.65	+	3.06	+	0.42	=	10.13 ton/m²	OK!!!!!!!
$\sigma_2 =$	6.65	+	-3.06	+	0.42	=	4.01 ton/m²	OK!!!!!!!
$\sigma_3 =$	6.65	+	3.06	+	-0.42	=	9.29 ton/m²	OK!!!!!!!
$\sigma_4 =$	6.65	+	-3.06	+	-0.42	=	3.16 ton/m²	OK!!!!!!!

Revisión del Volteo en la Zapata, con Cargas de Servicio (FS ≥ 2).

MX =	3.020 Ton*m	z =	1.75 m
MZ =	21.882 Ton*m	x =	1.75 m
MRX =	142.545 Ton*m	FSX = MRX/MX =	47.20 OK!!!!!!!
MRZ =	142.545 Ton*m	FSZ = MRZ/MZ =	6.51 OK!!!!!!!

Revisión del Deslizamiento en la Zapata, con Cargas de Servicio (FS ≥ 1.5).

$\eta =$	0.35	<= Coeficiente de Fricción del Suelo.	
VR =	28.509 Ton		
VX =	8.980 Ton	FSX = VR/VX =	3.17 OK!!!!!!!
VZ =	0.659 Ton	FSZ = VR/VZ =	43.23 OK!!!!!!!

CALCULANDO ESFUERZOS EN ZAPATA CLASE I, CON MOMENTO EN EL EJE Z:

Análisis de Esfuerzos en el Suelo.

- Para Cargas de Servicio respecto al eje global "Z":

$$P / (H_x \cdot B_z) = 6.65 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\text{MAX}} = P \cdot (1 + (6e/H_x)) / (H_x \cdot B_z) = 9.71 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\text{MIN}} = P \cdot (1 - (6e/H_x)) / (H_x \cdot B_z) = 3.59 \text{ ton/m}^2$$

- Para Cargas Ultimas respecto al eje global "Z":

$$\sigma_{\text{MAX}} = P \cdot (1 + (6e/H_x)) / (H_x \cdot B_z) = 11.81 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\text{MIN}} = P \cdot (1 - (6e/H_x)) / (H_x \cdot B_z) = 3.39 \text{ ton/m}^2$$

Calculo de Variaciones en Presión de Contacto respecto al eje global "Z", con Cargas Ultimas.

$$L_{\text{total}} = 3.50 \text{ m}$$

$$r_{\text{MAX}} = 11.81 \text{ ton/m}^2$$

$$r_{\text{MIN}} = 3.39 \text{ ton/m}^2$$

$$d_1 = 2.10 \text{ m} \quad d_5 = 1.40 \text{ m}$$

$$d_2 = 2.33 \text{ m} \quad d_6 = 1.18 \text{ m}$$

$$d_3 = 2.55 \text{ m} \quad d_7 = 0.95 \text{ m}$$

$$d_4 = 3.50 \text{ m} \quad d_8 = 0.00 \text{ m}$$

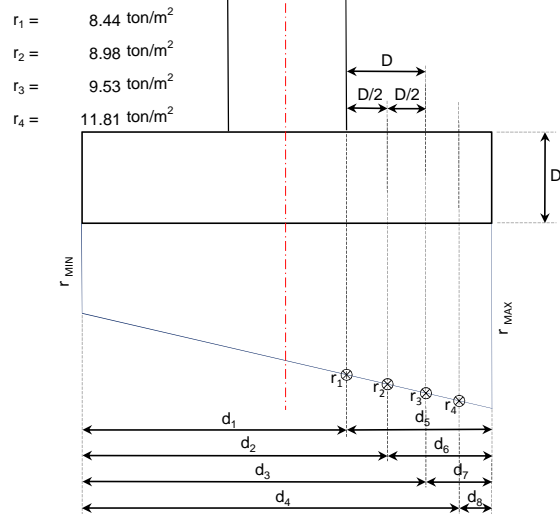


Fig. IV.8.2: Diagrama de esfuerzos en el suelo, bajo el Pie de la Zapata.

Revisando Peralte de la Zapata:

- Por Momento Flexionante:

$$P = 49,620 \text{ Ton}$$

$$br = 0.74 \text{ m}$$

$$Mu = P \cdot br = 36,659 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$d_M = (Mu / (0.15 \cdot f_c \cdot B_z))^{1/2} = 14.12 \text{ cm}$$

- Por Fuerza Cortante:

$$V_v = 35,470 \text{ Ton}$$

$$d_v = V_v / (0.5 \cdot FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot B_z) = 42.82 \text{ cm}$$

- Por Penetración:

$$bz+d = 115 \text{ cm}$$

$$V_1 = 0.000 \text{ Ton}$$

$$V_2 = 0.000 \text{ Ton}$$

$$V_T = 0.000 \text{ Ton}$$

$$d_{p1} = V_T / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (a+d)) = 0.00 \text{ cm}$$

$$hx+d = 115 \text{ cm}$$

$$H_x \cdot B_z = 122500 \text{ cm}^2$$

$$ru = 0.168 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_{p2} = ((H_x \cdot B_z) - ((hx+d) \cdot (bz+d))) \cdot ru / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (2 \cdot (hx+d) + 2 \cdot (bz+d))) = 2.67 \text{ cm}$$

CALCULANDO ESFUERZOS EN ZAPATA CLASE I, CON MOMENTO EN EL EJE X:

Análisis de Esfuerzos en el Suelo.

- Para Cargas de Servicio respecto al eje global "X":

$$P / (H_x \cdot B_z) = 6.65 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{MAX} = P \cdot (1 + (6e/B_z)) / (H_x \cdot B_z) = 7.07 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{MIN} = P \cdot (1 - (6e/B_z)) / (H_x \cdot B_z) = 6.23 \text{ ton/m}^2$$

- Para Cargas Ultimas respecto al eje global "X":

$$\sigma_{MAX} = P \cdot (1 + (6e/B_z)) / (H_x \cdot B_z) = 8.13 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{MIN} = P \cdot (1 - (6e/B_z)) / (H_x \cdot B_z) = 7.07 \text{ ton/m}^2$$

Calculo de Variaciones en Presión de Contacto respecto al eje global "X", con Cargas Ultimas.

$$L_{total} = 3.50 \text{ m}$$

$$r_{MAX} = 8.13 \text{ ton/m}^2$$

$$r_{MIN} = 7.07 \text{ ton/m}^2$$

$$d_1 = 2.10 \text{ m} \quad d_5 = 1.40 \text{ m}$$

$$d_2 = 2.33 \text{ m} \quad d_6 = 1.18 \text{ m}$$

$$d_3 = 2.55 \text{ m} \quad d_7 = 0.95 \text{ m}$$

$$d_4 = 3.50 \text{ m} \quad d_8 = 0.00 \text{ m}$$

$$r_1 = 7.71 \text{ ton/m}^2$$

$$r_2 = 7.78 \text{ ton/m}^2$$

$$r_3 = 7.84 \text{ ton/m}^2$$

$$r_4 = 8.13 \text{ ton/m}^2$$

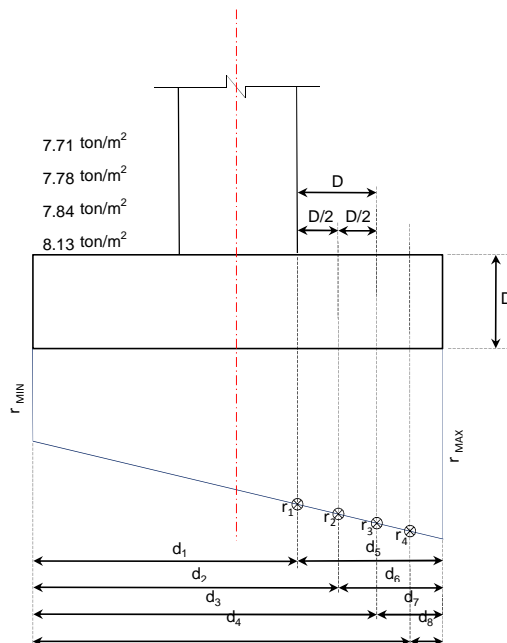


Fig. IV.8.3: Diagrama de esfuerzos en el suelo, bajo el Pie de la Zapata.

Revisando Peralte de la Zapata:

- Por Momento Flexionante:

$$P = 38.801 \text{ Ton}$$

$$br = 0.71 \text{ m}$$

$$Mu = P \cdot br = 27.403 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$d_M = (Mu / (0.15 \cdot f_c \cdot H_x))^{1/2} = 12.21 \text{ cm}$$

- Por Fuerza Cortante:

$$V_v = 26.556 \text{ Ton}$$

$$d_v = V_v / (0.5 \cdot FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot H_x) = 32.06 \text{ cm}$$

- Por Penetración:

$$hx+d = 115 \text{ cm}$$

$$V_1 = 0.000 \text{ Ton}$$

$$V_2 = 0.000 \text{ Ton}$$

$$V_T = 0.000 \text{ Ton}$$

$$bz+d = 115 \text{ cm}$$

$$H_x \cdot B_z = 122500 \text{ cm}^2$$

$$ru = 0.17 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_{p1} = V_T / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (hx+d)) = 0.00 \text{ cm}$$

$$d_{p2} = ((H_x \cdot B_z) - ((hx+d) \cdot (bz+d))) \cdot ru / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (2 \cdot (hx+d) + 2 \cdot (bz+d))) = 2.67 \text{ cm}$$

CALCULO DE REFUERZO EN PIE DE LA ZAPATA:

Para el cálculo del acero de refuerzo en el pie, se utilizaran los elementos mecánicos debidos a las combinaciones de cargas ultimas en ambos sentidos, de acuerdo al manual ACI.

- Con Cargas Ultimas respecto al eje global "Z":

Mu_{Z-1} = 36.659 Ton*m <= Para Refuerzo L. I.
Mu_{Z-2} = 10.367 Ton*m <= Para Refuerzo L. S.

- Con Cargas Ultimas respecto al eje global "X":

Mu_{X-1} = 27.403 Ton*m <= Para Refuerzo L. I.
Mu_{X-2} = 10.367 Ton*m <= Para Refuerzo L. S.

- Calculo de Constantes:

fy = 4,200 kg/cm² m = fy / (0.85*fc) = 14.12
fc = 350 kg/cm² k₁ = 0.8

- Porcentaje de Acero Permisibles de acuerdo al ACI:

En esta sección, se presentan los límites del porcentaje de acero de refuerzo, que recomienda considerar el manual ACI, para dimensionar la cantidad de acero que se debe proporcionar a una sección armada.

p_b = 0.85*k₁*(f_c/fy)*(6000/(6000+fy)) = 0.0333 <= Porcentaje de Acero Balanceado.
p_{MAX} = 0.75*p_b = 0.0250 <= Porcentaje de Acero Máximo.
p_{MIN-1} = (0.8*(f_c)^{1/2}) / fy = 0.0036 <= Porcentaje de Acero Mínimo por Flexión (ACI-10.5.1).
p_{MIN-2} = 14 / fy = 0.0033 <= Pero No Menor de (ACI-10.5.1).
p_{Temp.} = 0.0009 <= Porcentaje de Acero por Temperatura (0.0018/2).

- Porcentaje de Acero Requerido para Mu_{Z-1} (Ref. Lecho Inf.):

Mu = φ*p*fy*(1-(p*m/2))*b*d² <= Momento Ultimo.
b = 350 cm <= Ancho de la Sección.
d = 45 cm <= Peralte Efectivo de la Sección.
Ac_Z = 15,750 cm² <= Área de Concreto.

Analizando como Ecuacion de Segundo Grado => Ax² + Bx + C = 0

A = φ * fy * b * d² * (m / 2) = 18911117647
B = - φ * fy * b * d² = -2679075000
C = Mu = 3665867

Porcentajes de Acero Calculados por Flexión:

p₁ = - B - ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.0014 FUERA DE RANGO
p₂ = - B + ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.1403 FUERA DE RANGO
p_{REQ.} = 0.0014
1.33 * p_{REQ.} = 0.0018
p = 0.0018
Mr = 48.598 Ton*m

- Porcentaje de Acero Requerido para Mu_{X-1} (Ref. Lecho Inf.):

Mu = φ*p*fy*(1-(p*m/2))*b*d² <= Momento Ultimo.
b = 350 cm <= Ancho de la Sección.
d = 45 cm <= Peralte Efectivo de la Sección.
Ac_X = 15,750 cm² <= Área de Concreto.

Analizando como Ecuacion de Segundo Grado => Ax² + Bx + C = 0

A = φ * fy * b * d² * (m / 2) = 18911117647
B = - φ * fy * b * d² = -2679075000
C = Mu = 2740292

Porcentajes de Acero Calculados por Flexión:

p₁ = - B - ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.0010 FUERA DE RANGO
p₂ = - B + ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.1406 FUERA DE RANGO
p_{REQ.} = 0.0010
1.33 * p_{REQ.} = 0.0014
p = 0.0014
Mr = 36.358 Ton*m

- Porcentaje de Acero Requerido para Mu_{Z-2} (Ref. Lecho Sup.):

Mu = φ*p*fy*(1-(p*m/2))*b*d² <= Momento Ultimo.
b = 350 cm <= Ancho de la Sección.
d = 45 cm <= Peralte Efectivo de la Sección.
Ac_Z = 15,750 cm² <= Área de Concreto.

Analizando como Ecuacion de Segundo Grado => Ax² + Bx + C = 0

A = φ * fy * b * d² * (m / 2) = 18911117647
B = - φ * fy * b * d² = -2679075000
C = Mu = 1036718

Porcentajes de Acero Calculados por Flexión:

p₁ = - B - ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.0004 FUERA DE RANGO!!!!!!!!!!!!
p₂ = - B + ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.1413 FUERA DE RANGO!!!!!!!!!!!!
p_{REQ.} = 0.0004
1.33 * p_{REQ.} = 0.0005
p = 0.0009
Mr = 23.958 Ton*m

- Porcentaje de Acero Requerido para Mu_{X-2} (Ref. Lecho Sup.):

Mu = φ*p*fy*(1-(p*m/2))*b*d² <= Momento Ultimo.
b = 350 cm <= Ancho de la Sección.
d = 45 cm <= Peralte Efectivo de la Sección.
Ac_X = 15,750 cm² <= Área de Concreto.

Analizando como Ecuacion de Segundo Grado => Ax² + Bx + C = 0

A = φ * fy * b * d² * (m / 2) = 18911117647
B = - φ * fy * b * d² = -2679075000
C = Mu = 1036718

Porcentajes de Acero Calculados por Flexión:

p₁ = - B - ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.0004 FUERA DE RANGO
p₂ = - B + ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.1413 FUERA DE RANGO
p_{REQ.} = 0.0004
1.33 * p_{REQ.} = 0.0005
p = 0.0009
Mr = 23.958 Ton*m

- PROPUESTA DE ACERO DE REFUERZO:

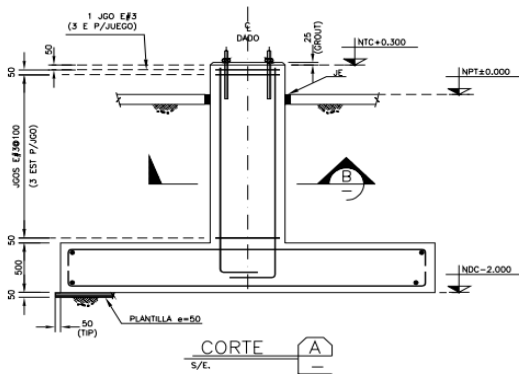
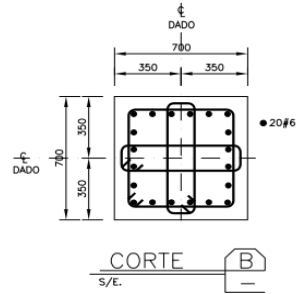
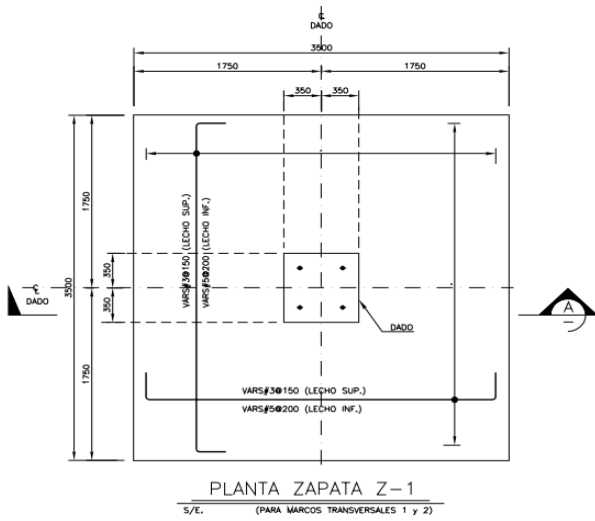
Ac = 15,750 cm²
p_{LS} = 0.0009
p_{LI} = 0.0018

As_{rLS} = 14.18 cm²
As_{rLI} = 28.95 cm²

PARA LECHO SUPERIOR	
Prop. VRS # 3	
as =	0.71 cm ²
∅ =	0.95 cm
Num. Vr =	19.90
Paq. Vr =	1
Radio =	7.86 cm
L. A. =	45 cm
L. D. =	24 cm
Sep. Cal. =	17.58 cm
Sep. = 15.00 cm	
As =	16.63 cm ²
p =	0.0011

PARA LECHO INFERIOR	
Prop. VRS # 5	
as =	1.98 cm ²
∅ =	1.59 cm
Num. Vr =	14.63
Paq. Vr =	1
Radio =	9.76 cm
L. A. =	45 cm
L. D. =	40 cm
Sep. Cal. =	23.92 cm
Sep. = 20.00 cm	
As =	34.64 cm ²
p =	0.0022

- Croquis de Armado para Zapata Z-1:



ABREVIATURAS:

NTC	NIVEL TOPE DE CONCRETO.
NPT	NIVEL DE PISO TERMINADO.
NDC	NIVEL DE DESPLANTE DE LA CIMENTACIÓN.
E ó EST	ESTRIBO ó ESTRIBOS.
JGO.	JUEGO.
SUP.	SUPERIOR.
INF.	INFERIOR.

NOTAS:

1.- LAS ACOTACIONES SON EN MILIMETROS (mm) Y LOS NIVELES COMO LAS COORDENADAS EN METROS (m).

Para el cálculo del pie de la Zapata, se considero las cargas de servicio para dimensionar y las cargas últimas para diseño, por lo que se importaron los valores de los elementos mecánicos del software para el cálculo en la siguiente tabla:

- Cálculo de Zapata Z-2:

TABLA IV.8.II: Reporte de Elementos Mecánicos Críticos en Apoyos									
Modelo: Paso Aereo KM74+317 8 (CIM)									
CARGAS DE SERVICIO (AISC)									
No.	Comb.	Perfil-Columna	FX [kg]	P [kg]	FZ [kg]	MX [kg-m]	T [kg-m]	MZ [kg-m]	NODO
1	50	HS 300x10x300x10	11,615.00	25,882.57	-28,671.72	-55,909.86	0.00	-22,649.24	N107A
2	64	HS 300x10x300x10	-11,401.99	19,682.22	-6,129.58	-11,952.68	0.00	22,233.87	N107A
3	49	HS 300x10x300x10	1,179.50	32,936.95	36,529.36	71,232.24	0.00	-2,300.03	N106A
4	69	HS 300x10x300x10	2,012.76	16,910.51	1,957.55	3,817.23	0.00	-3,924.89	N107A
5	49	HS 300x10x300x10	1,179.50	32,936.95	36,529.36	71,232.24	0.00	-2,300.03	N106A
6	51	HS 300x10x300x10	3,981.72	26,524.64	-43,282.40	-84,400.67	0.00	-7,764.36	N107A
7	49	HS 300x10x300x10	1,179.50	32,936.95	36,529.36	71,232.24	0.00	-2,300.03	N106A
8	51	HS 300x10x300x10	3,981.72	26,524.64	-43,282.40	-84,400.67	0.00	-7,764.36	N107A
9		HS 300x10x300x10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
10		HS 300x10x300x10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
11	64	HS 300x10x300x10	-11,401.99	19,682.22	-6,129.58	-11,952.68	0.00	22,233.87	N107A
12	50	HS 300x10x300x10	11,615.00	25,882.57	-28,671.72	-55,909.86	0.00	-22,649.24	N107A
CARGAS ULTIMAS (ACI)									
1	93	HS 300x10x300x10	16,235.31	31,107.37	-36,006.40	-70,212.48	0.00	-31,658.85	N107A
2	107	HS 300x10x300x10	-15,964.35	22,774.58	-8,283.30	-16,152.43	0.00	31,130.49	N107A
3	117	HS 300x10x300x10	-120.23	44,274.41	28,363.46	55,308.74	0.00	234.46	N106A
4	112	HS 300x10x300x10	2,816.83	16,689.43	6,607.24	12,884.11	0.00	-5,492.82	N107A
5	92	HS 300x10x300x10	1,684.85	39,787.14	47,089.94	91,825.38	0.00	-3,285.45	N106A
6	94	HS 300x10x300x10	5,592.21	32,002.60	-56,378.11	-109,937.31	0.00	-10,904.82	N107A
7	92	HS 300x10x300x10	1,684.85	39,787.14	47,089.94	91,825.38	0.00	-3,285.45	N106A
8	94	HS 300x10x300x10	5,592.21	32,002.60	-56,378.11	-109,937.31	0.00	-10,904.82	N107A
9		HS 300x10x300x10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
10		HS 300x10x300x10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
11	107	HS 300x10x300x10	-15,964.35	22,774.58	-8,283.30	-16,152.43	0.00	31,130.49	N107A
12	93	HS 300x10x300x10	16,235.31	31,107.37	-36,006.40	-70,212.48	0.00	-31,658.85	N107A

Orientación de Ejes Locales: Z = z <= Gira la Columna.

F.S. = 1.00 <= Factor de Seguridad aplicado directamente en las cargas.

Elementos Mecánicos de Diseño:

Comb. Crítica No. 3	
Cargas de Servicio	
P =	32.937 Ton
FX =	1.180 Ton
FZ =	36.529 Ton
MX =	71.232 Ton-m
MZ =	-2.300 Ton-m

Comb: 49

Descripción: Ds + Do - 0.33Eox - Eoz

Comb. Crítica No. 3	
Cargas Ultimas	
P =	44.274 Ton
FX =	-0.120 Ton
FZ =	28.363 Ton
MX =	55.309 Ton-m
MZ =	0.234 Ton-m

Comb: 117

Descripción: 1.40Ds + 1.40Dt

Materiales:

- Propiedades de Concreto:

Especificación: 350	
f _c =	350 kg/cm ²
γ _c =	2,400 kg/m ³
E _c =	282,495 kg/cm ²
FR =	0.80 RCDF
φ =	0.90 ACI

- Propiedades de Acero de Refuerzo:

Especificación: ASTM A615	
F _u =	6,200 kg/cm ²
F _y =	4,200 kg/cm ²
E _s =	2,000,000 kg/cm ²

- Propiedades del Suelo:

Especificación:	
q _{aCO} =	7.96 ton/m ²
q _{aCA} =	10.61 ton/m ²
η =	0.35
γ _s =	1,215 kg/m ³

Dimensionamiento del Pie de la Zapata:

- Elementos Mecánicos de Diseño:

Comb. Crítica No. 3	
Cargas de Servicio	
P =	32.937 Ton
FX =	1.180 Ton
FZ =	36.529 Ton
MX =	71.232 Ton-m
MZ =	-2.300 Ton-m

Comb: 49

Descripción: Ds + Do - 0.33Eox - Eoz

Comb. Crítica No. 3	
Cargas Ultimas	
P =	44.274 Ton
FX =	-0.120 Ton
FZ =	28.363 Ton
MX =	55.309 Ton-m
MZ =	0.234 Ton-m

Comb: 117

Descripción: 1.40Ds + 1.40Dt

- Dimensiones Generales de la Zapata:

* Para el Suelo:		
NTN:	0.00 m	<= Nivel del Terreno Natural.
ND:	-2.00 m	<= Nivel de Desplante.
H _{SUELO} =	1.60 m	
H _{DESP.} =	2.00 m	<= Profundidad de Desplante.

* Para el Pedestal o Dado:		
NTC:	0.30 m	<= Nivel Tope de Concreto.
h _x =	400 cm	
b _z =	70 cm	
H _{DADO} =	1.90 m	<= Altura del Dado.

* Para el Pie de la Zapata:		
H _x =	700 cm	
B _z =	360 cm	
Rec. =	5 cm	<= Recubrimiento.
d =	35 cm	<= Peralte Efectivo.
H _{PIE} =	0.40 m	<= Peralte del Pie.
d _{C_{MIN}} =	32.47 cm	<= Peralte Efectivo Mínimo Calculado.

- Cálculo del Peso de la Cimentación:

Peso del Dado =	12,768 kg
Peso del Pie =	24,192 kg
Peso Total del Cimiento =	36,960 kg
Peso del Material de Relleno =	43,546 kg
PESO TOTAL =	80,506 kg
	80.51 Ton

Clasificación de la Zapata con respecto a los ejes globales

De acuerdo a la forma del diagrama de esfuerzos, que se presentan en la cara del pie, podemos clasificar a la zapata en dos clases y elegir el procedimiento de cálculo para cada caso ya que en el caso tipo dos el diagrama presenta tensiones y en el cálculo de el pie de la zapata no puede haber tensiones ya que el suelo solo trabaja a compresión.

- Con Cargas de Servicio respecto al eje global "Z":

P =	100.675 Ton
MZ =	-2.300 Ton-m
e _z = MZ / P =	0.02 m
H _x / 6 =	1.17 m

Clasif. de Zapata eje "Z":	CLASE I
----------------------------	---------

- Con Cargas Ultimas respecto al eje global "Z":

P =	112.012 Ton
MZ =	0.234 Ton-m
e _z = MZ / P =	0.00 m
H _x / 6 =	1.17 m

Clasif. de Zapata eje "Z":	CLASE I
----------------------------	---------

- Con Cargas de Servicio respecto al eje global "X":

P =	100.675 Ton
MX =	71.232 Ton-m
e _x = MX / P =	0.71 m
B _z / 6 =	0.60 m

Clasif. de Zapata eje "X":	CLASE II
----------------------------	----------

- Con Cargas Ultimas respecto al eje global "X":

P =	112.012 Ton
MX =	55.309 Ton-m
e _x = MX / P =	0.49 m
B _z / 6 =	0.60 m

Clasif. de Zapata eje "X":	CLASE I
----------------------------	---------

Análisis de Esfuerzos en el Suelo, con Cargas de Servicio.

En esta sección se revisará que en las cuatro esquinas de el pie de la Zapata no se rebase la capacidad admisible del suelo para cargas accidentales, para confirmar que el dimensionamiento es el adecuado.

Comb: 49

Descripción: Ds + Do - 0.33Eox - Eoz

Capacidad de Carga del Suelo por Cargas Accidentales ($q_{a\ CA}$) = 10.61 ton/m²

	$\sigma_y = P / A$		$\sigma_z = Mz \cdot x / Iz$		$\sigma_x = Mx \cdot y / Ix$			
$\sigma_1 =$	4.00	+	0.08	+	4.78	=	8.85 ton/m²	OK!!!!!!!
$\sigma_2 =$	4.00	+	-0.08	+	4.78	=	8.70 ton/m²	OK!!!!!!!
$\sigma_3 =$	4.00	+	0.08	+	0.00	=	4.07 ton/m²	OK!!!!!!!
$\sigma_4 =$	4.00	+	-0.08	+	0.00	=	3.92 ton/m²	OK!!!!!!!

Revisión del Volteo en la Zapata, con Cargas de Servicio (FS ≥ 2).

MX =	71.232 Ton*m		z =	1.8 m
MZ =	2.300 Ton*m		x =	3.5 m
MRX =	181.214 Ton*m	FSX = MRX/MX =	2.54	OK!!!!!!!
MRZ =	352.361 Ton*m	FSZ = MRZ/MZ =	153.20	OK!!!!!!!

Revisión del Deslizamiento en la Zapata, con Cargas de Servicio (FS ≥ 1.5).

$\eta =$	0.35	<= Coeficiente de Fricción del Suelo.		
VR =	35.236 Ton			
VX =	1.180 Ton	FSX = VR/VX =	29.87	OK!!!!!!!
VZ =	36.529 Ton	FSZ = VR/VZ =	0.96	NO PASA DIMENSIONAMIENTO

CALCULANDO ESFUERZOS EN ZAPATA CLASE I, CON MOMENTO EN EL EJE Z:

Análisis de Esfuerzos en el Suelo.

- Para Cargas de Servicio respecto al eje global "Z":

$$P / (H_x \cdot B_z) = 4.00 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\text{MAX}} = P \cdot (1 + (6e/H_x)) / (H_x \cdot B_z) = 4.07 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\text{MIN}} = P \cdot (1 - (6e/H_x)) / (H_x \cdot B_z) = 3.92 \text{ ton/m}^2$$

- Para Cargas Últimas respecto al eje global "Z":

$$\sigma_{\text{MAX}} = P \cdot (1 + (6e/H_x)) / (H_x \cdot B_z) = 4.45 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\text{MIN}} = P \cdot (1 - (6e/H_x)) / (H_x \cdot B_z) = 4.44 \text{ ton/m}^2$$

Cálculo de Variaciones en Presión de Contacto respecto al eje global "Z", con Cargas Últimas.

$$L_{\text{total}} = 7.00 \text{ m}$$

$$r_{\text{MAX}} = 4.45 \text{ ton/m}^2$$

$$r_{\text{MIN}} = 4.44 \text{ ton/m}^2$$

$$d_1 = 5.50 \text{ m} \quad d_5 = 1.50 \text{ m}$$

$$d_2 = 5.68 \text{ m} \quad d_6 = 1.33 \text{ m}$$

$$d_3 = 5.85 \text{ m} \quad d_7 = 1.15 \text{ m}$$

$$d_4 = 5.30 \text{ m} \quad d_8 = 1.70 \text{ m}$$

$$r_1 = 4.45 \text{ ton/m}^2$$

$$r_2 = 4.45 \text{ ton/m}^2$$

$$r_3 = 4.45 \text{ ton/m}^2$$

$$r_4 = 4.45 \text{ ton/m}^2$$

Revisando Peralte de la Zapata:

- Por Momento Flexionante:

$$P = 24.036 \text{ Ton}$$

$$br = 0.75 \text{ m}$$

$$Mu = P \cdot br = 18.030 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$d_M = (Mu / (0.15 \cdot f_c \cdot B_z))^{1/2} = 9.77 \text{ cm}$$

- Por Fuerza Cortante:

$$V_v = 18.430 \text{ Ton}$$

$$d_v = V_v / (0.5 \cdot FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot B_z) = 21.63 \text{ cm}$$

- Por Penetración:

$$bz+d = 105 \text{ cm}$$

$$V_1 = 27.240 \text{ Ton}$$

$$V_2 = -3.879 \text{ Ton}$$

$$V_T = 23.361 \text{ Ton}$$

$$d_{p1} = V_T / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (a+d)) = 10.61 \text{ cm}$$

$$hx+d = 435 \text{ cm}$$

$$H_x \cdot B_z = 252000 \text{ cm}^2$$

$$ru = 0.1344 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_{p2} = ((H_x \cdot B_z) - ((hx+d) \cdot (bz+d))) \cdot ru / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (2 \cdot (hx+d) + 2 \cdot (bz+d))) = 1.72 \text{ cm}$$

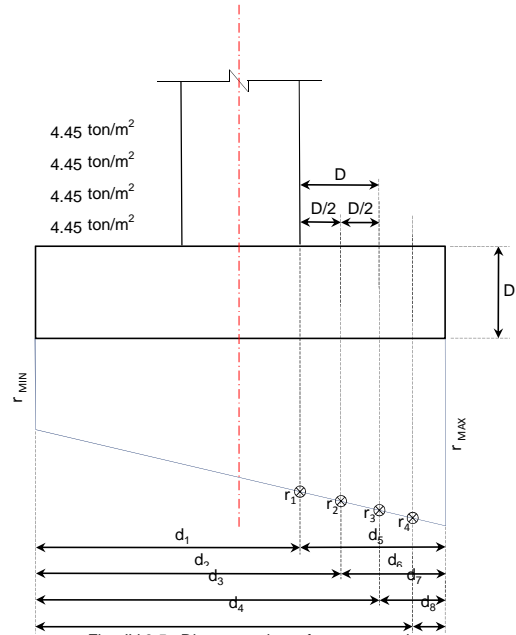


Fig. IV.8.5: Diagrama de esfuerzos en el suelo, bajo el Pie de la Zapata.

CALCULANDO ESFUERZOS EN ZAPATA CLASE I, CON MOMENTO EN EL EJE X:

Analisis de Esfuerzos en el Suelo.

- Para Cargas de Servicio respecto al eje global "X":

$$P / (H_x \cdot B_z) = 4.00 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{MAX} = P \cdot (1 + (6e/B_z)) / (H_x \cdot B_z) = 8.71 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{MIN} = P \cdot (1 - (6e/B_z)) / (H_x \cdot B_z) = -0.72 \text{ ton/m}^2$$

- Para Cargas Ultimas respecto al eje global "X":

$$\sigma_{MAX} = P \cdot (1 + (6e/B_z)) / (H_x \cdot B_z) = 8.10 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{MIN} = P \cdot (1 - (6e/B_z)) / (H_x \cdot B_z) = 0.79 \text{ ton/m}^2$$

Calculo de Variaciones en Presión de Contacto respecto al eje global "X", con Cargas Ultimas.

$$L_{total} = 3.60 \text{ m}$$

$$r_{MAX} = 8.10 \text{ ton/m}^2$$

$$r_{MIN} = 0.79 \text{ ton/m}^2$$

$$d_1 = 2.15 \text{ m} \quad d_5 = 1.45 \text{ m}$$

$$d_2 = 2.33 \text{ m} \quad d_6 = 1.28 \text{ m}$$

$$d_3 = 2.50 \text{ m} \quad d_7 = 1.10 \text{ m}$$

$$d_4 = 3.60 \text{ m} \quad d_8 = 0.00 \text{ m}$$

$$r_1 = 5.16 \text{ ton/m}^2$$

$$r_2 = 5.51 \text{ ton/m}^2$$

$$r_3 = 5.87 \text{ ton/m}^2$$

$$r_4 = 8.10 \text{ ton/m}^2$$

Revisando Peralte de la Zapata:

- Por Momento Flexionante:

$$P = 67.290 \text{ Ton}$$

$$br = 0.78 \text{ m}$$

$$Mu = P \cdot br = 52.399 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$d_M = (Mu / (0.15 \cdot f_c \cdot H_x))^{1/2} = 11.94 \text{ cm}$$

- Por Fuerza Cortante:

$$V_v = 53.786 \text{ Ton}$$

$$d_v = V_v / (0.5 \cdot FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot H_x) = 32.47 \text{ cm}$$

- Por Penetración:

$$hx+d = 435 \text{ cm}$$

$$V_1 = 0.000 \text{ Ton}$$

$$V_2 = 0.000 \text{ Ton}$$

$$V_T = 0.000 \text{ Ton}$$

$$d_{p1} = V_T / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (hx+d)) = 0.00 \text{ cm}$$

$$bz+d = 105 \text{ cm}$$

$$H_x \cdot B_z = 252000 \text{ cm}^2$$

$$ru = 0.13 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_{p2} = ((H_x \cdot B_z) - ((hx+d) \cdot (bz+d))) \cdot ru / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (2 \cdot (hx+d) + 2 \cdot (bz+d))) = 1.72 \text{ cm}$$

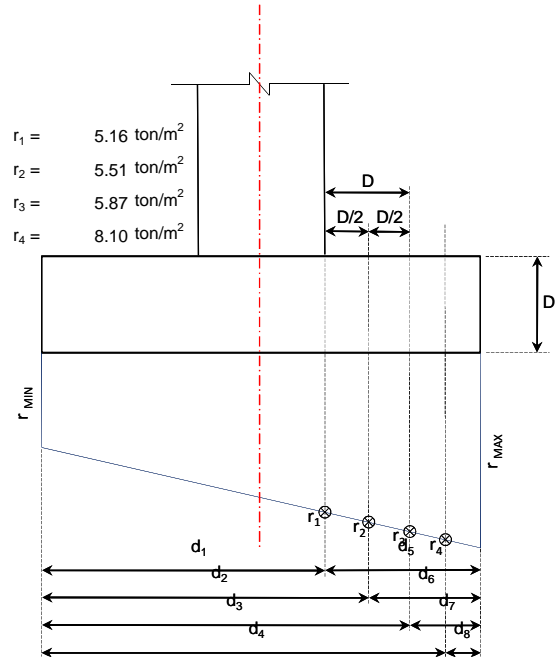


Fig. IV.8.6: Diagrama de esfuerzos en el suelo, bajo el Pie de la Zapata.

CALCULANDO ESFUERZOS EN ZAPATA CLASE II, CON MOMENTO EN EL EJE X:

Análisis de Esfuerzos en el Suelo.

- Para Cargas de Servicio respecto al eje global "X":

$$\begin{aligned} P / (H_x \cdot B_z) &= 4.00 \text{ ton/m}^2 \\ A = (B_z/2) - e &= 1.09 \text{ m} \\ \sigma_{\text{MAX}} = 2 \cdot P / (3 \cdot A \cdot H_x) &= 8.78 \text{ ton/m}^2 \\ \sigma_{\text{MIN}} &= 0.00 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

- Para Cargas Ultimas respecto al eje global "X":

$$\begin{aligned} A = (B_z/2) - e &= 1.31 \text{ m} \\ \sigma_{\text{MAX}} = 2 \cdot P / (3 \cdot A \cdot H_x) &= 9.77 \text{ ton/m}^2 \\ \sigma_{\text{MIN}} &= 0.00 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Calculo de Variaciones en Presión de Contacto respecto al eje global "Z", con Cargas Ultimas.

$$\begin{aligned} L_{\text{total}} &= 3.92 \text{ m} \\ r_{\text{MAX}} &= 9.77 \text{ ton/m}^2 \\ r_{\text{MIN}} &= 0.00 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= 2.15 \text{ m} & d_5 &= 1.77 \text{ m} \\ d_2 &= 2.33 \text{ m} & d_6 &= 1.59 \text{ m} \\ d_3 &= 2.50 \text{ m} & d_7 &= 1.42 \text{ m} \\ d_4 &= 1.95 \text{ m} & d_8 &= 1.97 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_1 &= 5.36 \text{ ton/m}^2 \\ r_2 &= 5.79 \text{ ton/m}^2 \\ r_3 &= 6.23 \text{ ton/m}^2 \\ r_4 &= 4.86 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Revisando Peralte de la Zapata:

- Por Momento Flexionante:

$$\begin{aligned} P &= 93.615 \text{ Ton} \\ br &= 0.97 \text{ m} \\ Mu = P \cdot br &= 90.830 \text{ Ton} \cdot \text{m} \\ d_M = (Mu / (0.15 \cdot f_c \cdot H_x))^{1/2} &= 15.72 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Por Fuerza Cortante:

$$\begin{aligned} V_v &= 79.420 \text{ Ton} \\ d_v = V_v / (0.5 \cdot FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot H_x) &= 47.94 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Por Penetración:

$$a+d = 435 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= 0.000 \text{ Ton} \\ V_2 &= 0.000 \text{ Ton} \\ V_T &= 0.000 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$d_{p1} = V_T / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (a+d)) = 0.00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} bz+d &= 105 \text{ cm} \\ H_x \cdot B_z &= 252000 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$ru = 0.13 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_{p2} = ((H_x \cdot B_z) - ((hx+d) \cdot (bz+d))) \cdot ru / (FR \cdot (f_c)^{1/2} \cdot (2 \cdot (hx+d) + 2 \cdot (bz+d))) = 1.72 \text{ cm}$$

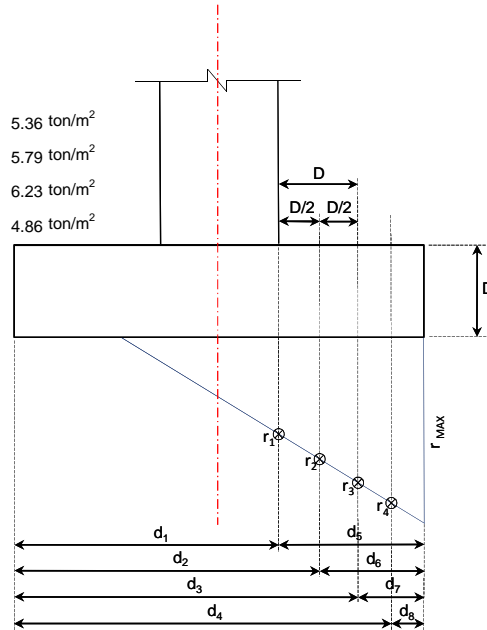


Fig. IV.8.7: Diagrama de esfuerzos en el suelo, bajo el Pie de la Zapata.

CÁLCULO DE REFUERZO EN PIE DE LA ZAPATA:

Para el cálculo del acero de refuerzo en el pie, se utilizarán los elementos mecánicos debidos a las combinaciones de cargas ultimas en ambos sentidos, de acuerdo al manual ACI.

- Con Cargas Ultimas respecto al eje global "Z":

Mu_{Z-1} = 18.030 Ton*m <= Para Refuerzo L. I.
Mu_{Z-2} = 11.761 Ton*m <= Para Refuerzo L. S.

- Con Cargas Ultimas respecto al eje global "X":

Mu_{X-1} = 52.399 Ton*m <= Para Refuerzo L. I.
Mu_{X-2} = 21.370 Ton*m <= Para Refuerzo L. S.

- Calculo de Constantes:

f_y = 4,200 kg/cm² m = f_y / (0.85*f_c) = 14.12
f_c = 350 kg/cm² k₁ = 0.8

- Porcentaje de Acero Permisibles de acuerdo al ACI:

En esta sección, se presentan los límites del porcentaje de acero de refuerzo, que recomienda considerar el manual ACI, para dimensionar la cantidad de acero que se debe proporcionar a una sección armada.

p_b = 0.85*k₁*(f_c/f_y)*(6000/(6000+f_y)) = 0.0333 <= Porcentaje de Acero Balanceado.
p_{MAX} = 0.75*p_b = 0.0250 <= Porcentaje de Acero Máximo.
p_{MIN-1} = (0.8*(f_c)^{1/2}) / f_y = 0.0036 <= Porcentaje de Acero Mínimo por Flexión (ACI-10.5.1).
p_{MIN-2} = 14 / f_y = 0.0033 <= Pero No Menor de (ACI-10.5.1).
p_{Temp.} = 0.0009 <= Porcentaje de Acero por Temperatura (0.0018/2).

- Porcentaje de Acero Requerido para Mu_{Z-1} (Ref. Lecho Inf.):

Mu = φ*p*f_y*(1-(p*m/2))*b*d² <= Momento Ultimo.
b = 360 cm <= Ancho de la Sección.
d = 35 cm <= Peralte Efectivo de la Sección.
Ac_Z = 12,600 cm² <= Área de Concreto.

Analizando como Ecuacion de Segundo Grado => Ax² + Bx + C = 0

A = φ * f_y * b * d² * (m / 2) = 11766917647
B = - φ * f_y * b * d² = -1666980000
C = Mu = 1802961

Porcentajes de Acero Calculados por Flexión:

p₁ = - B - ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.0011 FUERA DE RANGO
p₂ = - B + ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.1406 FUERA DE RANGO
p_{REQ} = 0.0011
1.33 * p_{REQ} = 0.0014
p = 0.0014
Mr = 23.918 Ton*m

- Porcentaje de Acero Requerido para Mu_{X-1} (Ref. Lecho Inf.):

Mu = φ*p*f_y*(1-(p*m/2))*b*d² <= Momento Ultimo.
b = 700 cm <= Ancho de la Sección.
d = 35 cm <= Peralte Efectivo de la Sección.
Ac_X = 24,500 cm² <= Área de Concreto.

Analizando como Ecuacion de Segundo Grado => Ax² + Bx + C = 0

A = φ * f_y * b * d² * (m / 2) = 22880117647
B = - φ * f_y * b * d² = -3241350000
C = Mu = 5239923

Porcentajes de Acero Calculados por Flexión:

p₁ = - B - ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.0016 FUERA DE RANGO
p₂ = - B + ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.1400 FUERA DE RANGO
p_{REQ} = 0.0016
1.33 * p_{REQ} = 0.0022
p = 0.0022
Mr = 69.422 Ton*m

- Porcentaje de Acero Requerido para Mu_{Z-2} (Ref. Lecho Sup.):

Mu = φ*p*f_y*(1-(p*m/2))*b*d² <= Momento Ultimo.
b = 360 cm <= Ancho de la Sección.
d = 35 cm <= Peralte Efectivo de la Sección.
Ac_Z = 12,600 cm² <= Área de Concreto.

Analizando como Ecuacion de Segundo Grado => Ax² + Bx + C = 0

A = φ * f_y * b * d² * (m / 2) = 11766917647
B = - φ * f_y * b * d² = -1666980000
C = Mu = 1176120

Porcentajes de Acero Calculados por Flexión:

p₁ = - B - ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.0007 FUERA DE RANGO!!!!!!!!!!!!
p₂ = - B + ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.1410 FUERA DE RANGO!!!!!!!!!!!!
p_{REQ} = 0.0007
1.33 * p_{REQ} = 0.0009
p = 0.0009
Mr = 15.616 Ton*m

- Porcentaje de Acero Requerido para Mu_{X-2} (Ref. Lecho Sup.):

Mu = φ*p*f_y*(1-(p*m/2))*b*d² <= Momento Ultimo.
b = 700 cm <= Ancho de la Sección.
d = 35 cm <= Peralte Efectivo de la Sección.
Ac_X = 24,500 cm² <= Área de Concreto.

Analizando como Ecuacion de Segundo Grado => Ax² + Bx + C = 0

A = φ * f_y * b * d² * (m / 2) = 22880117647
B = - φ * f_y * b * d² = -3241350000
C = Mu = 2136981

Porcentajes de Acero Calculados por Flexión:

p₁ = - B - ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.0007 FUERA DE RANGO
p₂ = - B + ((B² - 4*A*C) / 2*A)^{1/2} = 0.1410 FUERA DE RANGO
p_{REQ} = 0.0007
1.33 * p_{REQ} = 0.0009
p = 0.0009
Mr = 28.987 Ton*m

- PROPUESTA DE ACERO DE REFUERZO:

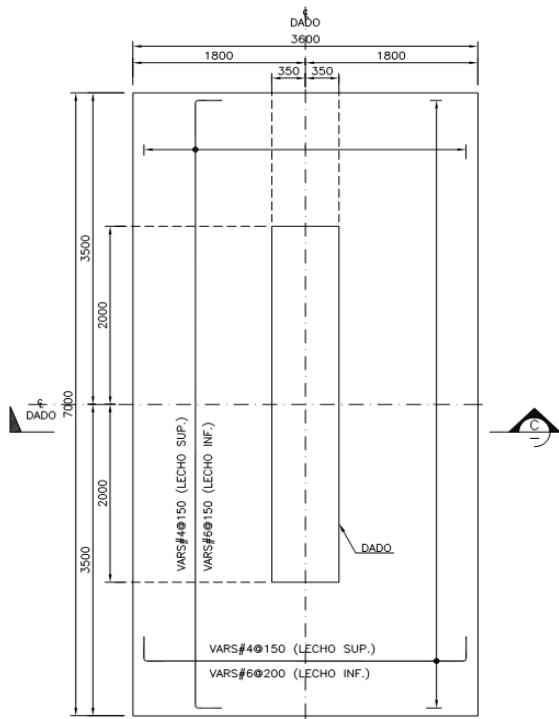
Ac = 24,500 cm²
p_{LS} = 0.0009
p_{LI} = 0.0022

As_{LS} = 23.11 cm²
As_{LI} = 53.29 cm²

PARA LECHO SUPERIOR	
Prop. VRS # 4	
as =	1.27 cm ²
∅ =	1.27 cm
Num. Vr =	18.24
Paq. Vr =	1
Radio =	8.81 cm
L. A. =	35 cm
L. D. =	32 cm
Sep. Cal. =	19.73 cm
Sep. = 15.00 cm	
As =	30.40 cm ²
p =	0.0012

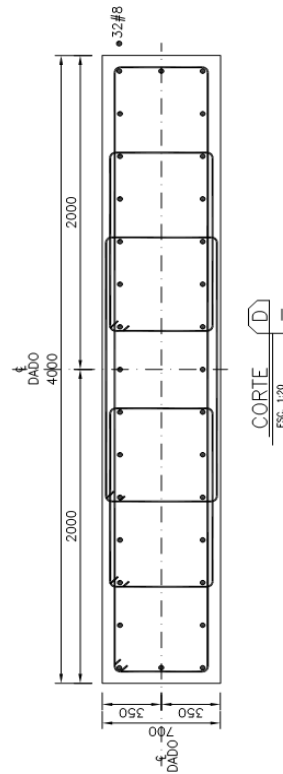
PARA LECHO INFERIOR	
Prop. VRS # 6	
as =	2.85 cm ²
∅ =	1.91 cm
Num. Vr =	18.70
Paq. Vr =	1
Radio =	10.72 cm
L. A. =	35 cm
L. D. =	48 cm
Sep. Cal. =	19.25 cm
Sep. = 15.00 cm	
As =	68.41 cm ²
p =	0.0028

- Croquis de Armado para Zapata Z-2:

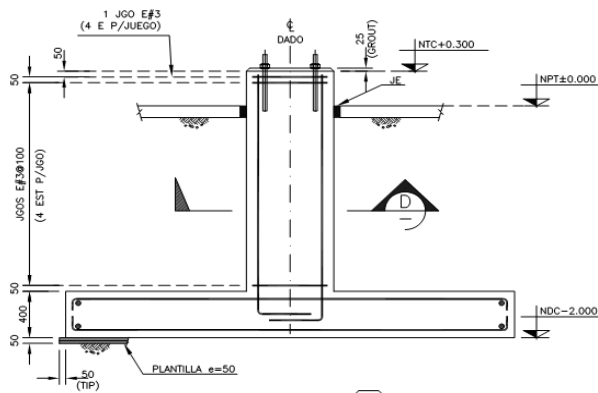


PLANTA ZAPATA Z-2

ESC. 1:30 (PARA SOPORTES EN LOS EXTREMOS DE LA ESTRUCTURA)



CORTE D
ESC. 1:20



CORTE C
ESC. 1:30

ABREVIATURAS:

- NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO.
- NPT NIVEL DE PISO TERMINADO.
- NDC NIVEL DE DESPLANTE DE LA CIMENTACIÓN.
- E ó EST ESTRIBO ó ESTRIBOS.
- JGO. JUEGO.
- SUP. SUPERIOR.
- INF. INFERIOR.

NOTAS:

- 1.- LAS ACOTACIONES SON EN MILIMETROS (mm) Y LOS NIVELES COMO LAS COORDENADAS EN METROS (m).