

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

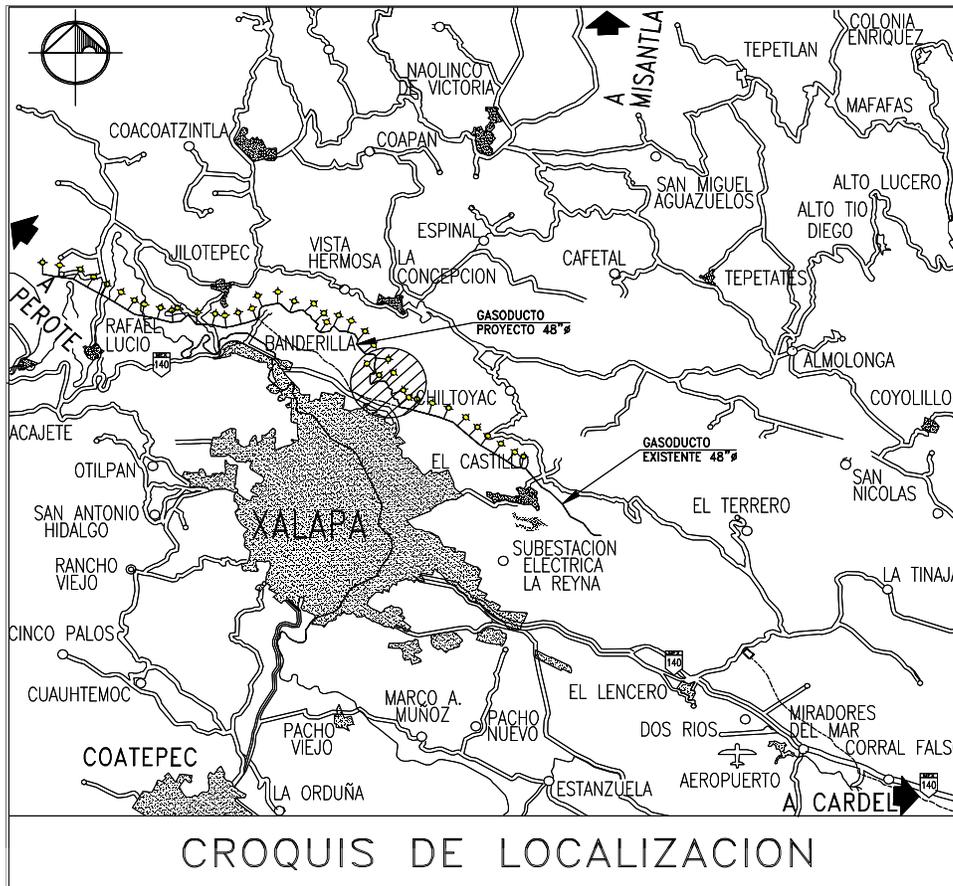


Fig. IV.1.1: Ubicación del Paso Aéreo en estrudio, sobre el nuevo trayecto del Gasoducto (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

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

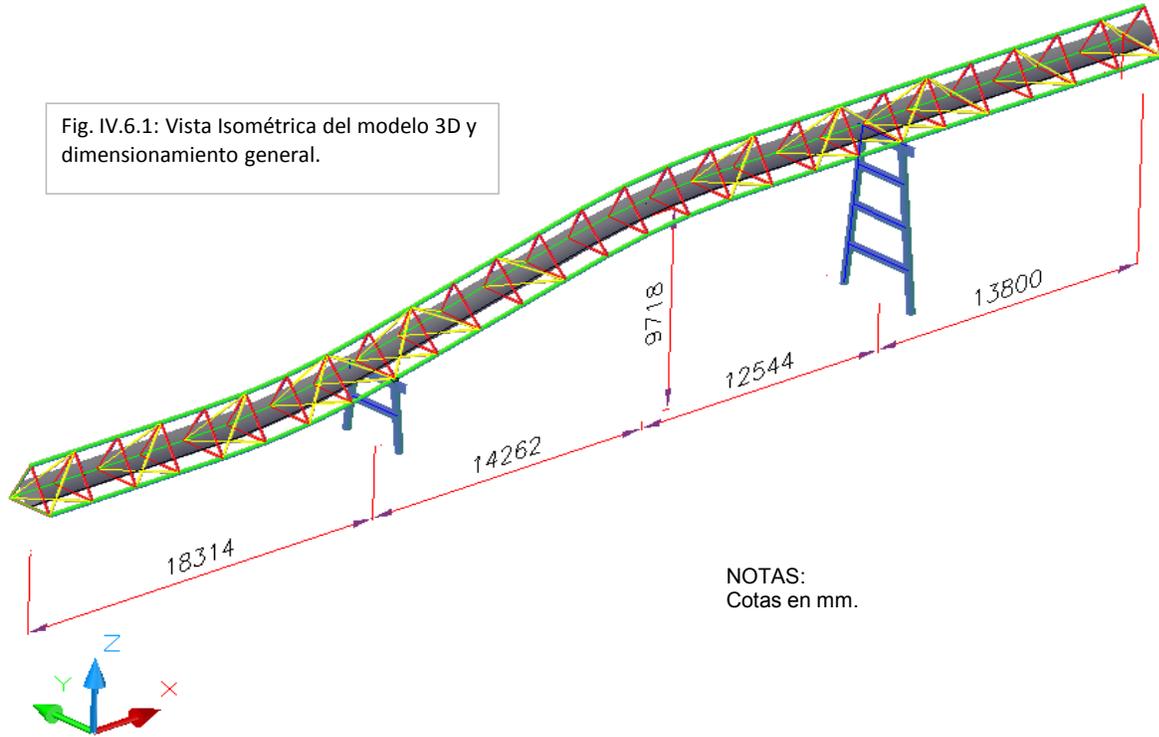
El diseño estructural está basado en los reglamentos y/o manuales especificados en las Bases de Diseño Civil y en las guías de diseño siguientes:

- 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 |

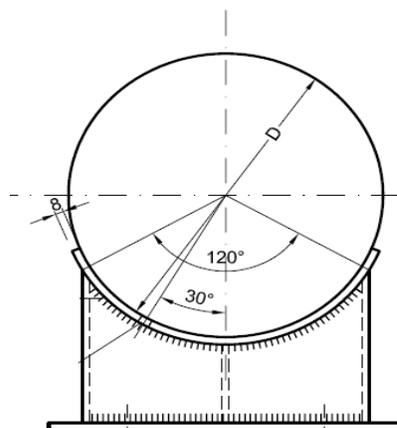


Fig. IV.6.2: Sección Transversal de la tubería.

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. |
|-----------------------------------|---|

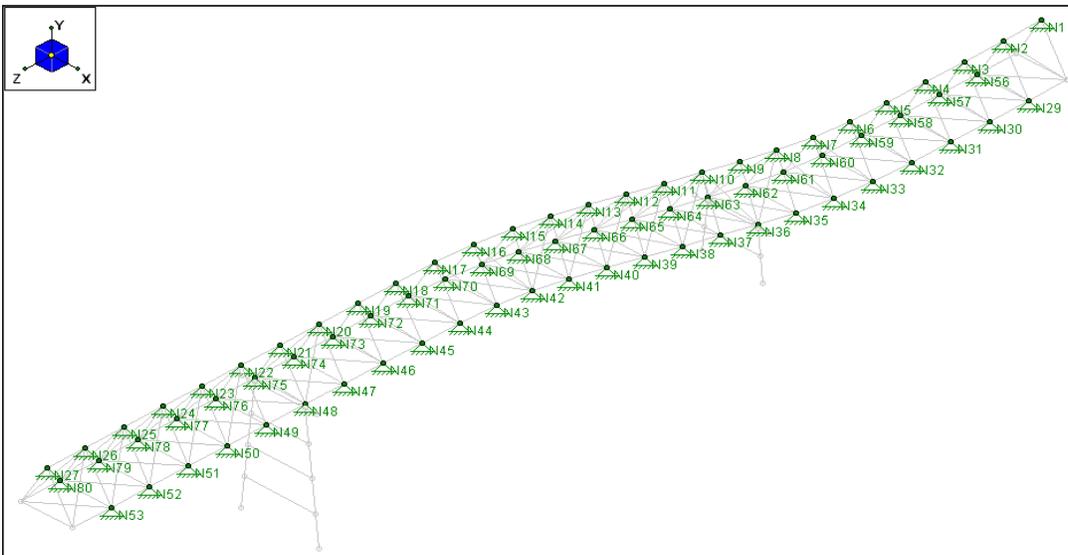


Fig. IV.6.3: Nodos donde se concentraron las masas para el Análisis Sísmico Estático.

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 "Puenete 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:

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

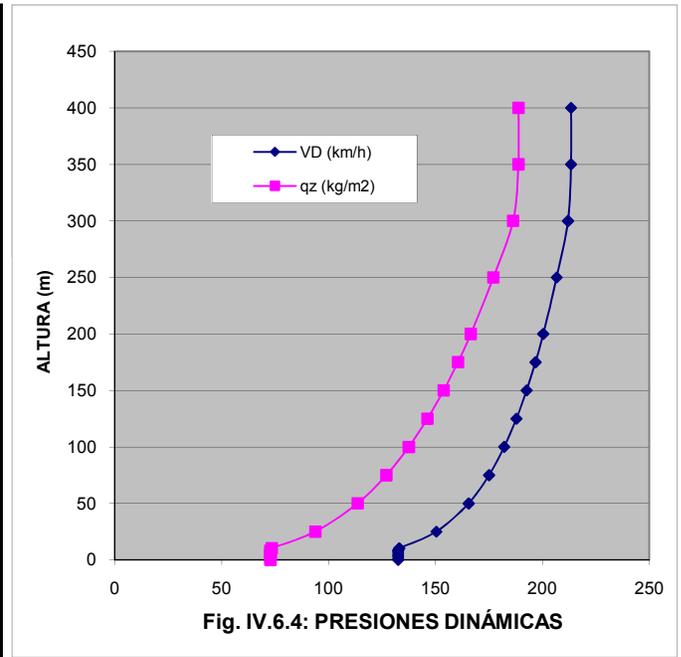
$$G = 0.863559$$

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
 $\emptyset = AS / AT = 0.3873$

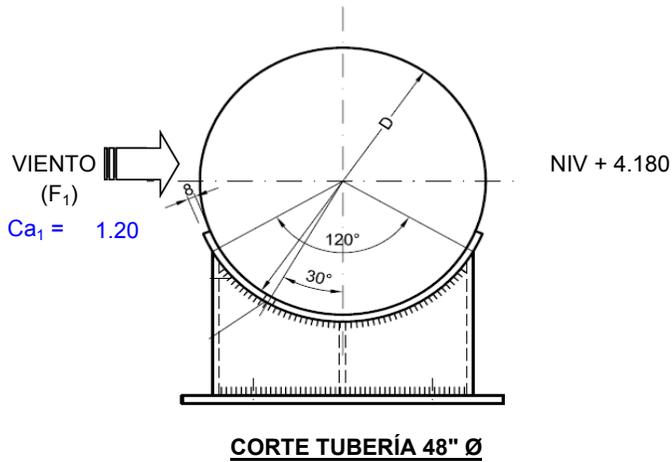
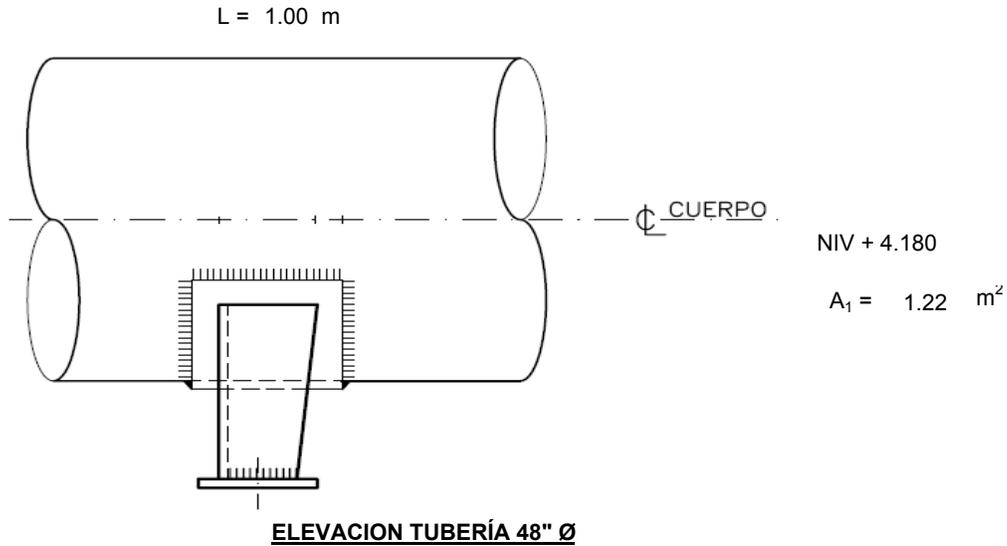
| TABLA IV.6.IX: CÁLCULO DE FUERZAS EN TORRES DE CELOCÍAS AISLADAS. | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--------------|--------|---------|-------|--------|---|---|-----------|---------|-----------|---------|
| NIVELES | | PERFIL | | | d (m) | bf (m) | Pz _{NIV-I} (kg/m ²) | Pz _{NIV-F} (kg/m ²) | 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.

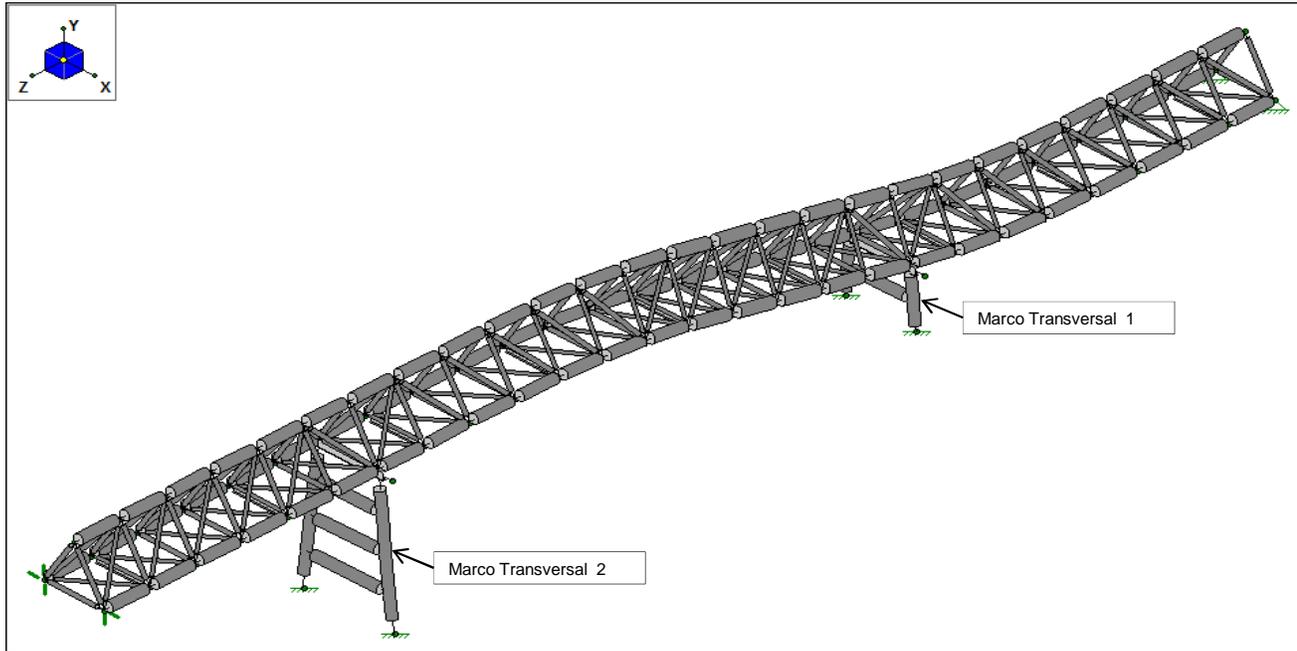
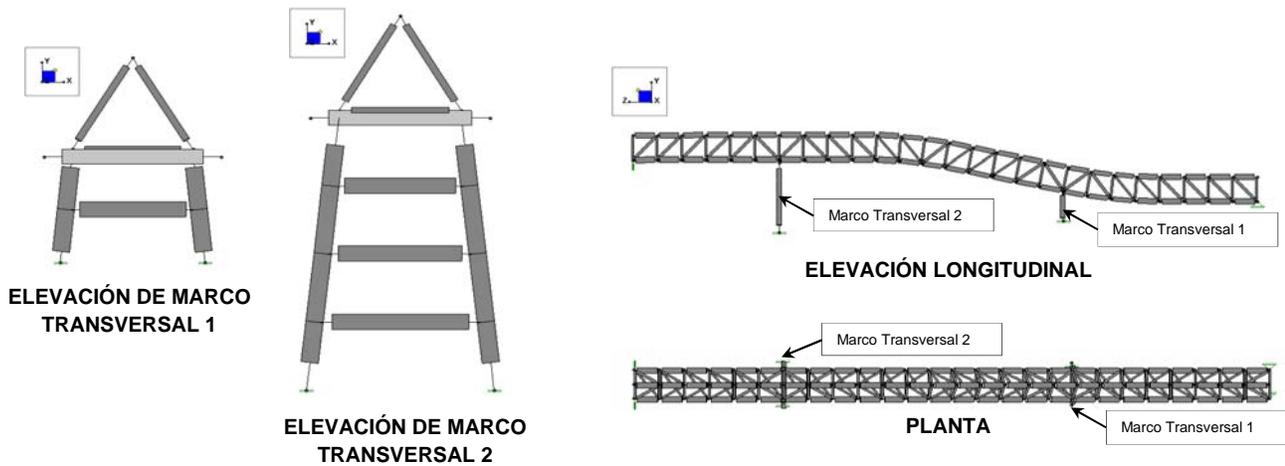


Fig. IV.7.1: Vista en isométrico del Modelo en RISA 3D



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 | -0.333 | |
| 10 Ds + Do - 0.33Eox - Eoz | <input type="checkbox"/> | | | 1 | 1 | 2 | 1 | 7 | -0.333 | 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 | -0.333 | 8 | 1 | |
| 13 Ds + Do + Eox - 0.33Eoz | <input type="checkbox"/> | | | 1 | 1 | 2 | 1 | 7 | 1 | 8 | -0.333 | |
| 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 | -0.333 | |
| 22 0.90Ds + 0.60Do - 0.33Eox - Eoz | <input type="checkbox"/> | | | 1 | .9 | 2 | .6 | 7 | -0.333 | 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 | -0.333 | 8 | 1 | |
| 25 0.90Ds + 0.60Do + Eox - 0.33Eoz | <input type="checkbox"/> | | | 1 | .9 | 2 | .6 | 7 | 1 | 8 | -0.333 | |
| 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 | -0.333 | |
| 30 0.90Ds + 0.90De - 0.33Eex - Eez | <input type="checkbox"/> | | | 1 | .9 | 3 | .9 | 9 | -0.333 | 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 | -0.333 | 10 | 1 | |
| 33 0.90Ds + 0.90De + Eex - 0.33Eez | <input type="checkbox"/> | | | 1 | .9 | 3 | .9 | 9 | 1 | 10 | -0.333 | |
| 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).

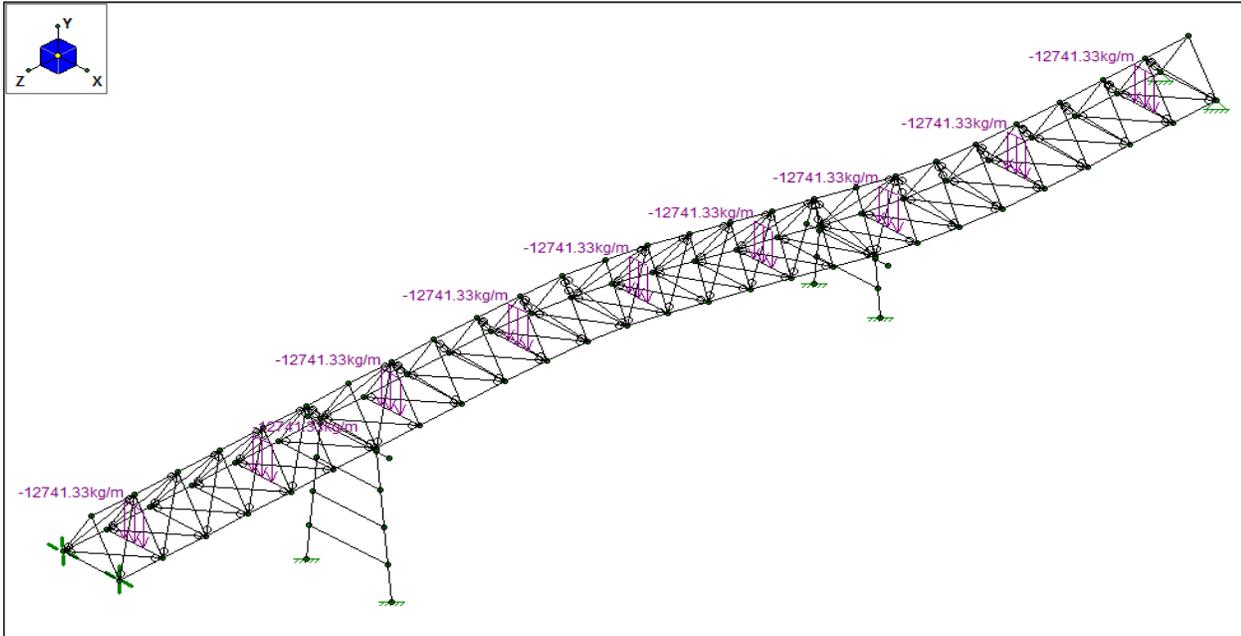


Fig. IV.7.2: CARGA MUERTA - TUBERÍA EN OPERACIÓN

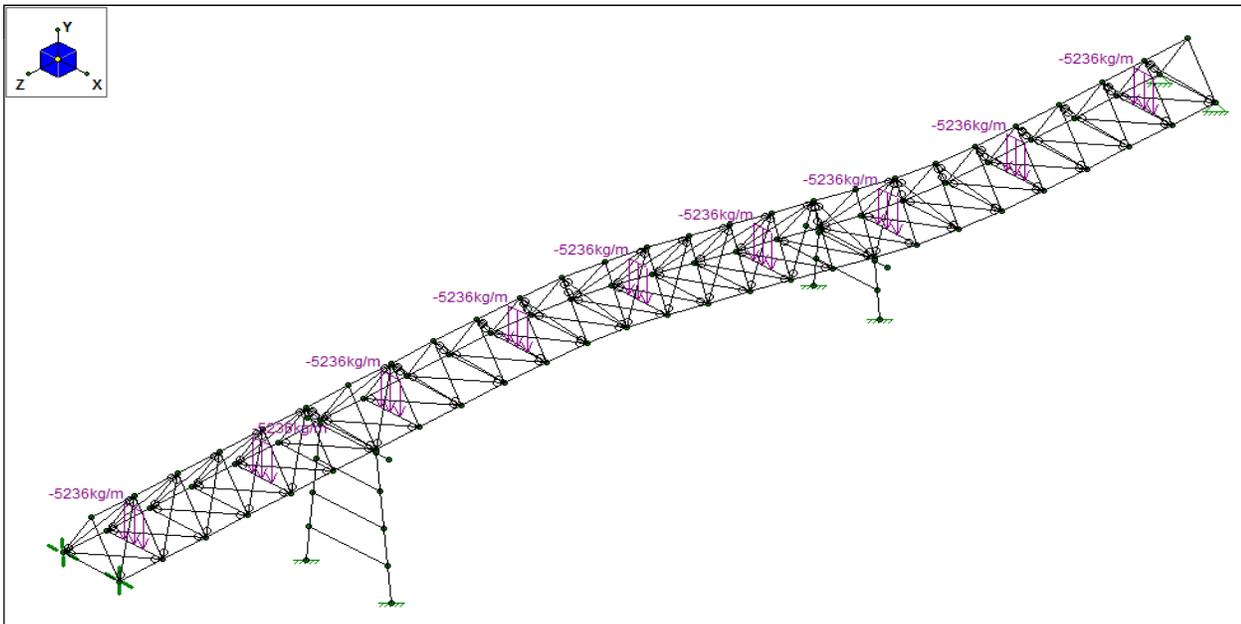


Fig. IV.7.3: CARGA MUERTA - TUBERÍA VACÍA

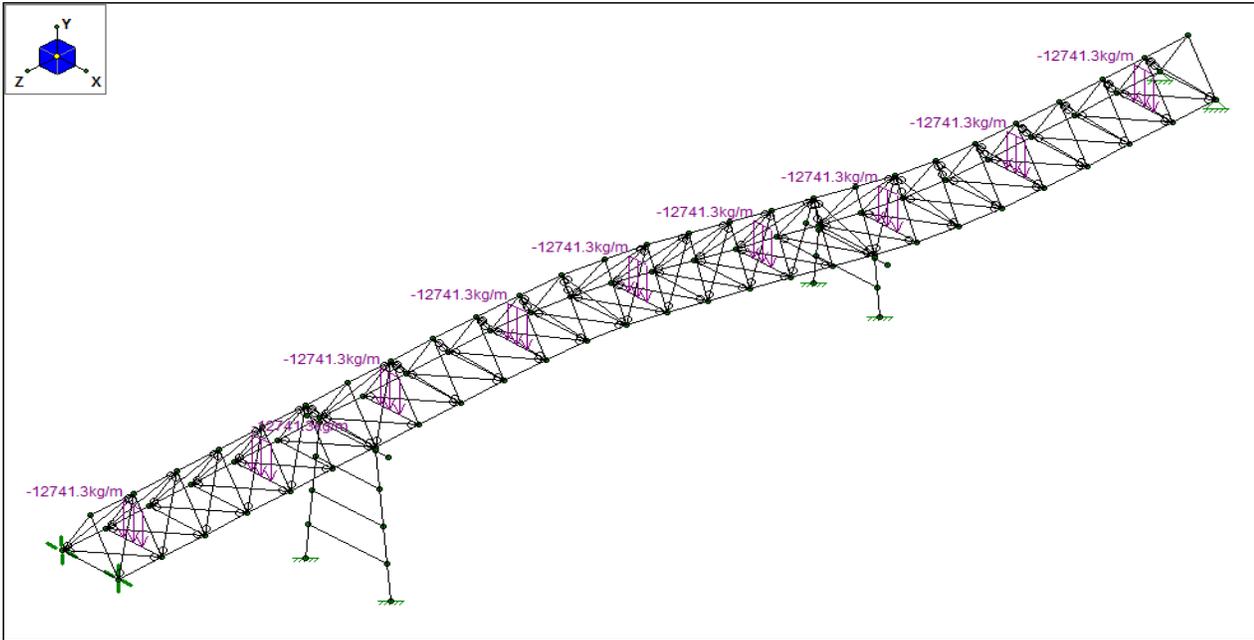


Fig. IV.7.4: CARGA MUERTA - TUBERÍA EN PRUEBA HIDROSTÁTICA

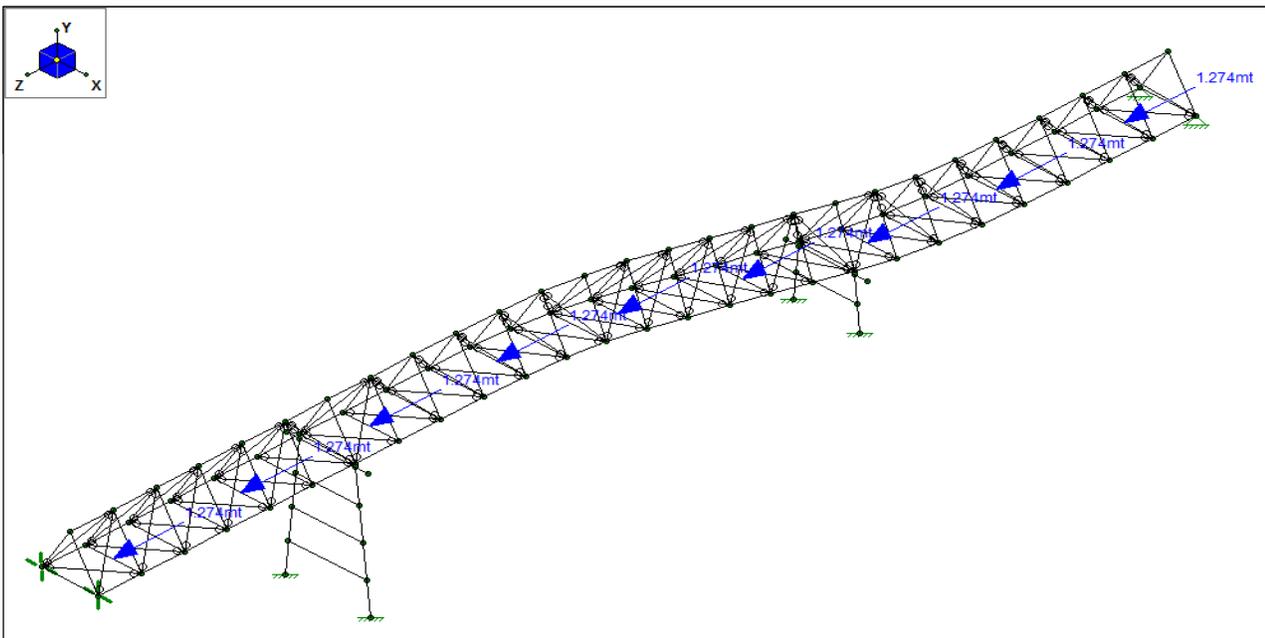


Fig. IV.7.5: CARGA POR FRICCIÓN

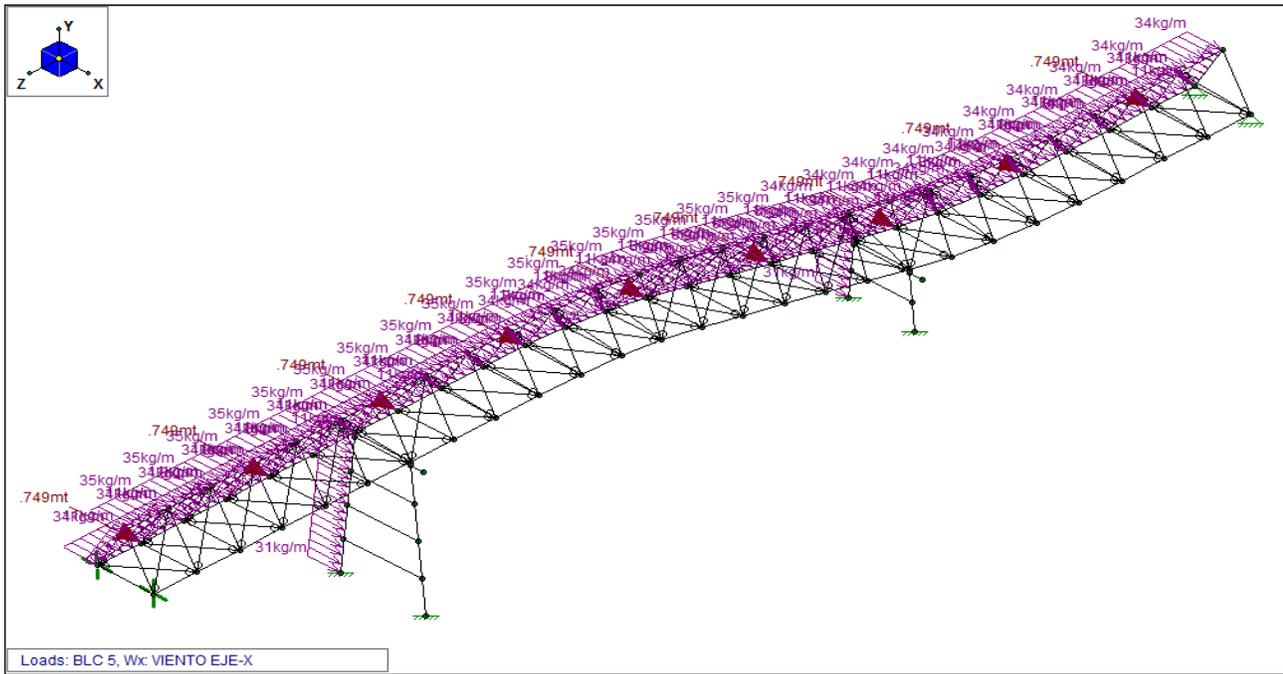


Fig. IV.7.10: FUERZAS DE VIENTO EN DIRECCIÓN X

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.

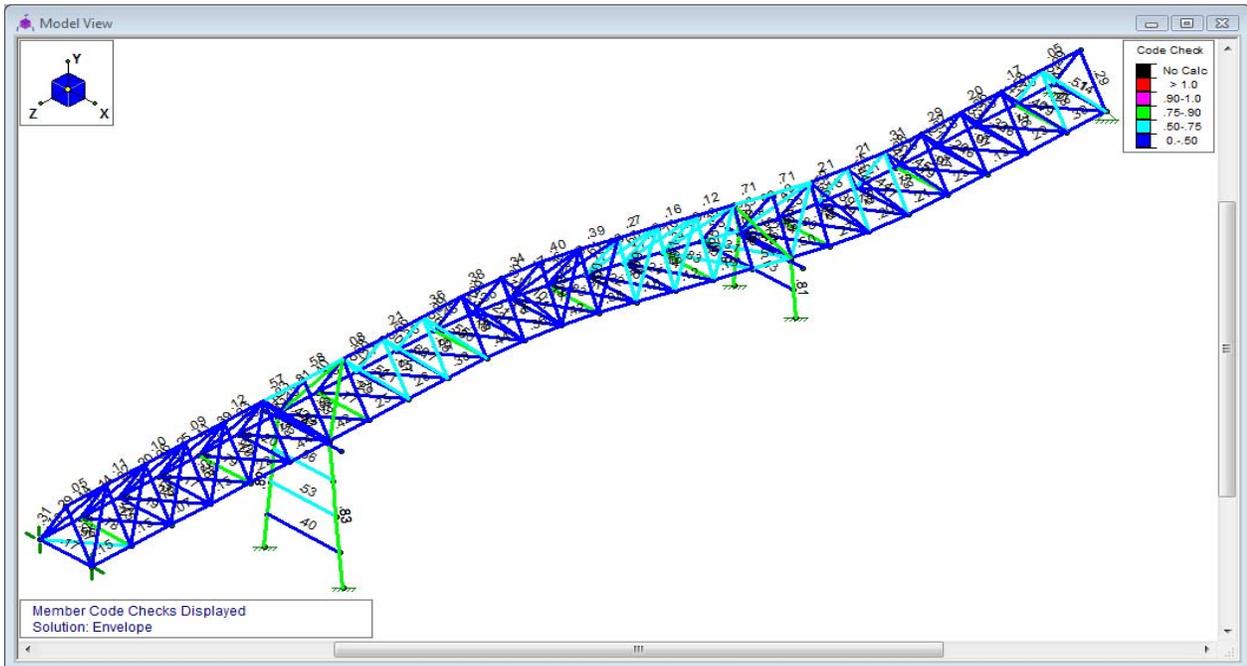
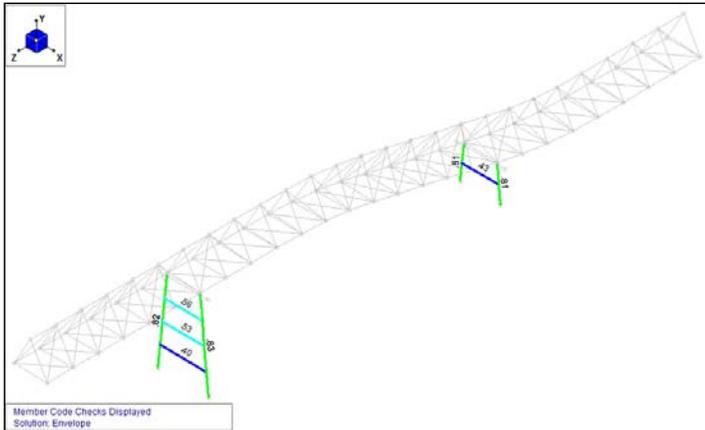


Fig. IV.7.11: RELACIÓN DE ESFUERZOS

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**

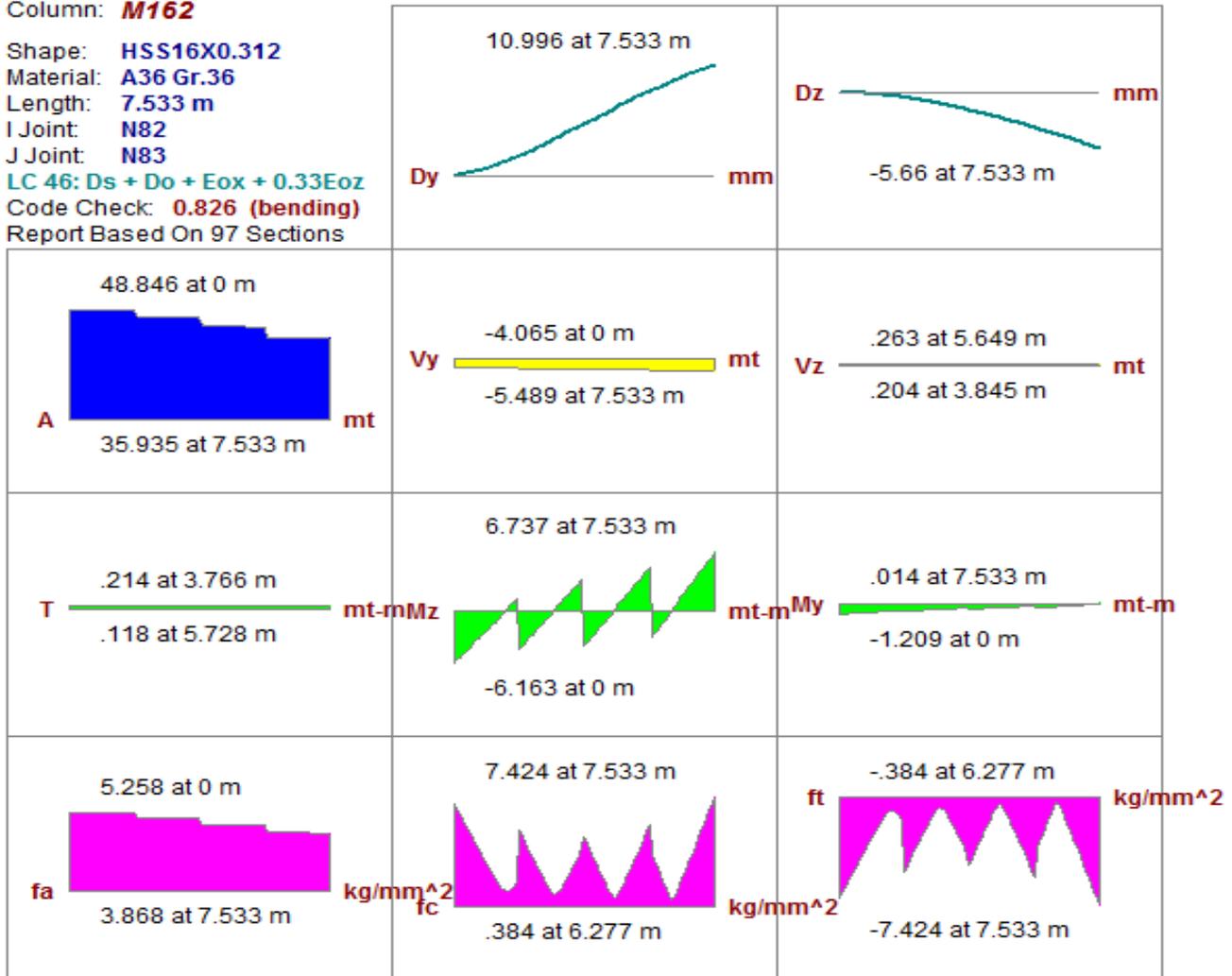
I Joint: **N82**

J Joint: **N83**

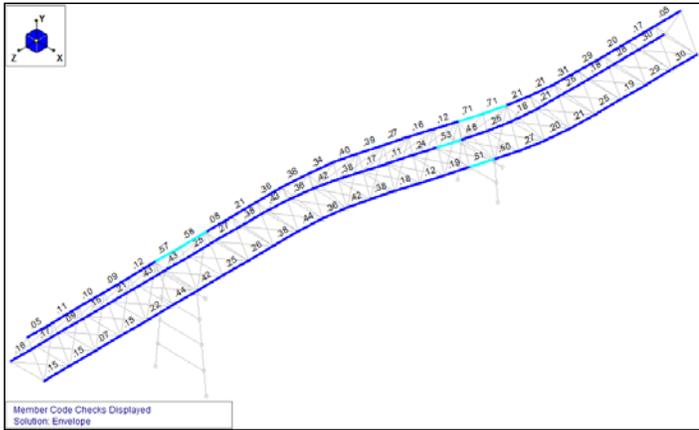
LC 46: **Ds + Do + Eox + 0.33Eoz**

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/mm² | Y-Y | | Z-Z | |
| Fa | 14.71 kg/mm² | Cm | .766 | | .85 |
| Ft | 15.186 kg/mm² | Lb | 2.3 m | | 2.3 m |
| Fby | 16.705 kg/mm² | KL/r | 14.436 | | 14.436 |
| Fbz | 16.705 kg/mm² | Sway | No | | No |
| Fvy | 9.287 kg/mm² | L Comp Flange | | 2.3 m | |
| Fvz | 9.287 kg/mm² | Torque Length | | NC | |
| Cb | 1.712 | | | | |

$Dy_{MIN} = -0.909 \text{ mm}$

$Dy_{MAX} = -4.810 \text{ mm}$

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

$L = 2.300 \text{ m}$

$DESP_{PERM} = L/240 = 0.958 \text{ cm}$

OK por Desplazamientos.

Beam: **M92**

Shape: **HSS18X0.25**

Material: **A36 Gr.36**

Length: **2.3 m**

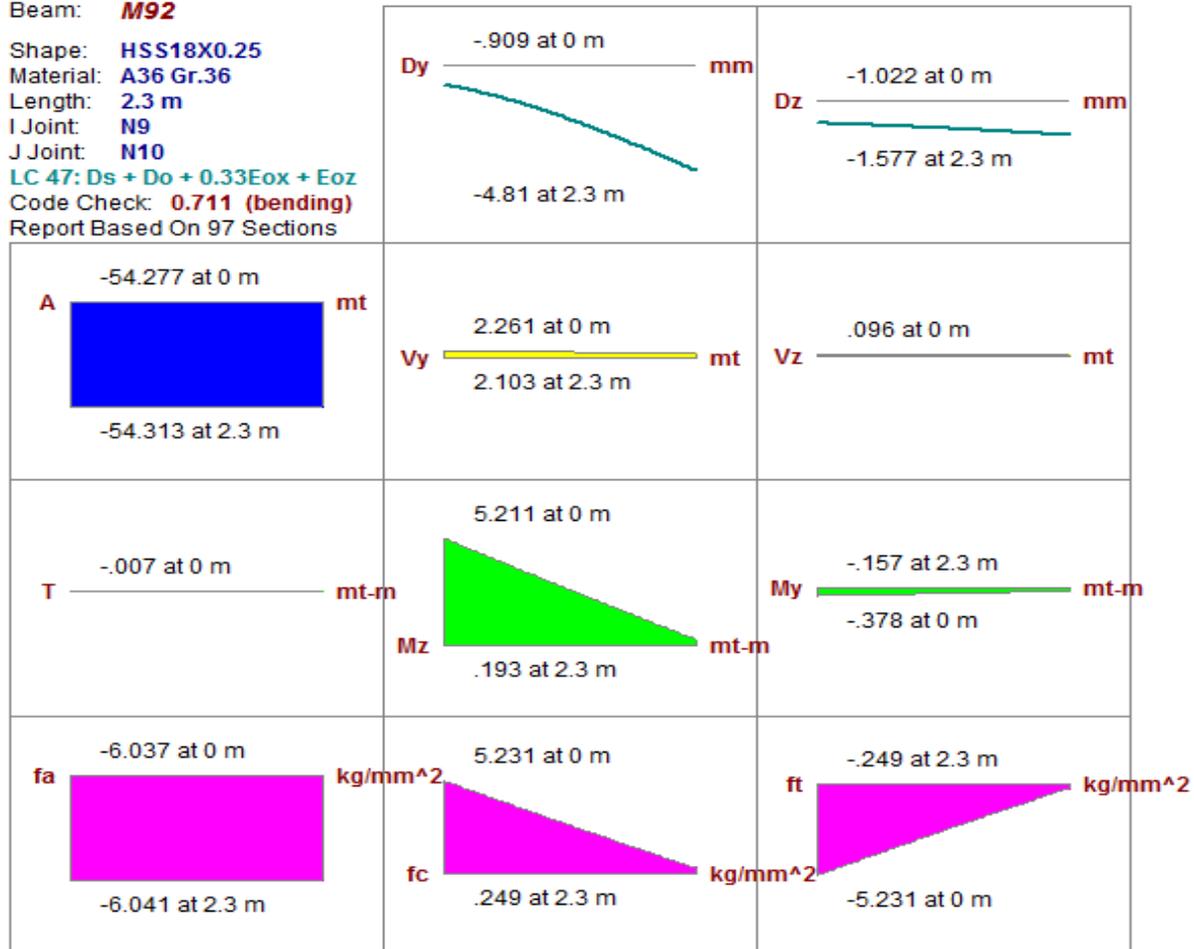
I Joint: **N9**

J Joint: **N10**

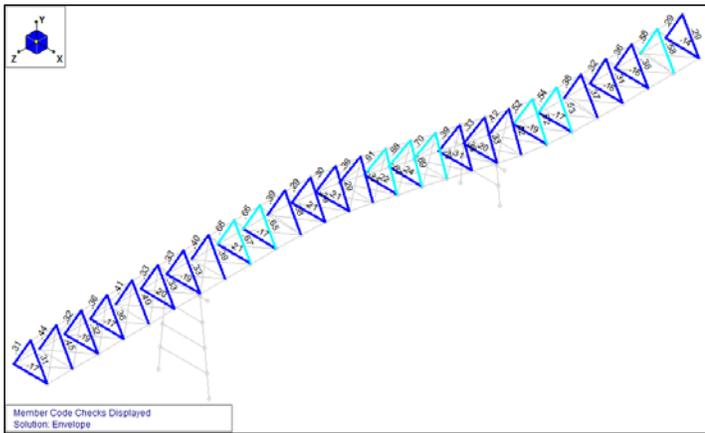
LC 47: **Ds + Do + 0.33Eox + Eoz**

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**

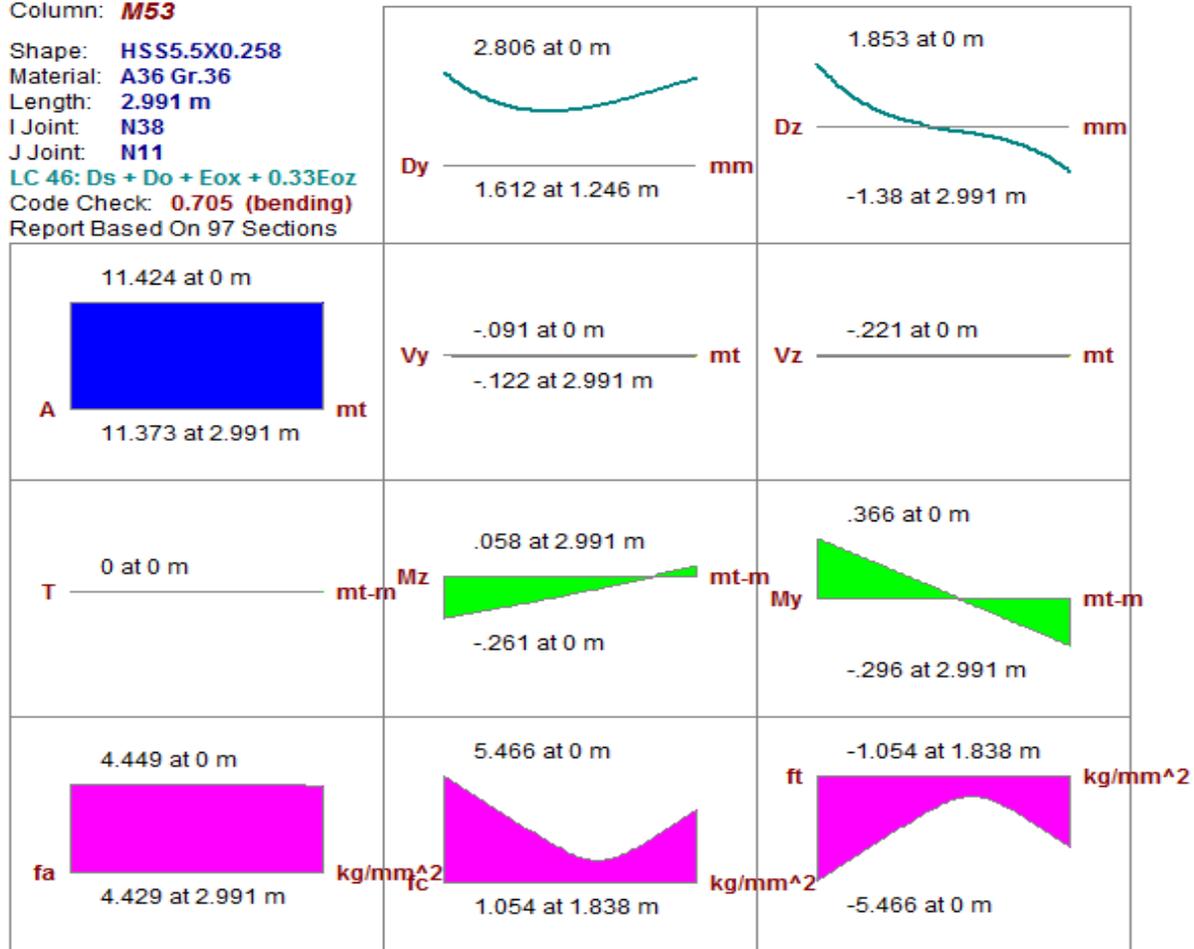
I Joint: **N38**

J Joint: **N11**

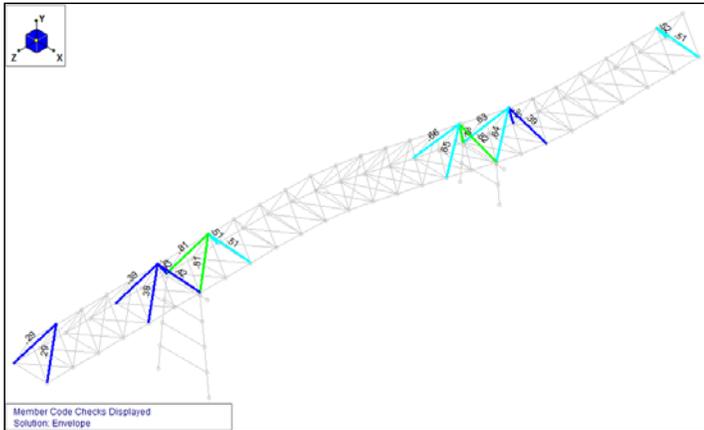
LC 46: **Ds + Do + Eox + 0.33Eoz**

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**

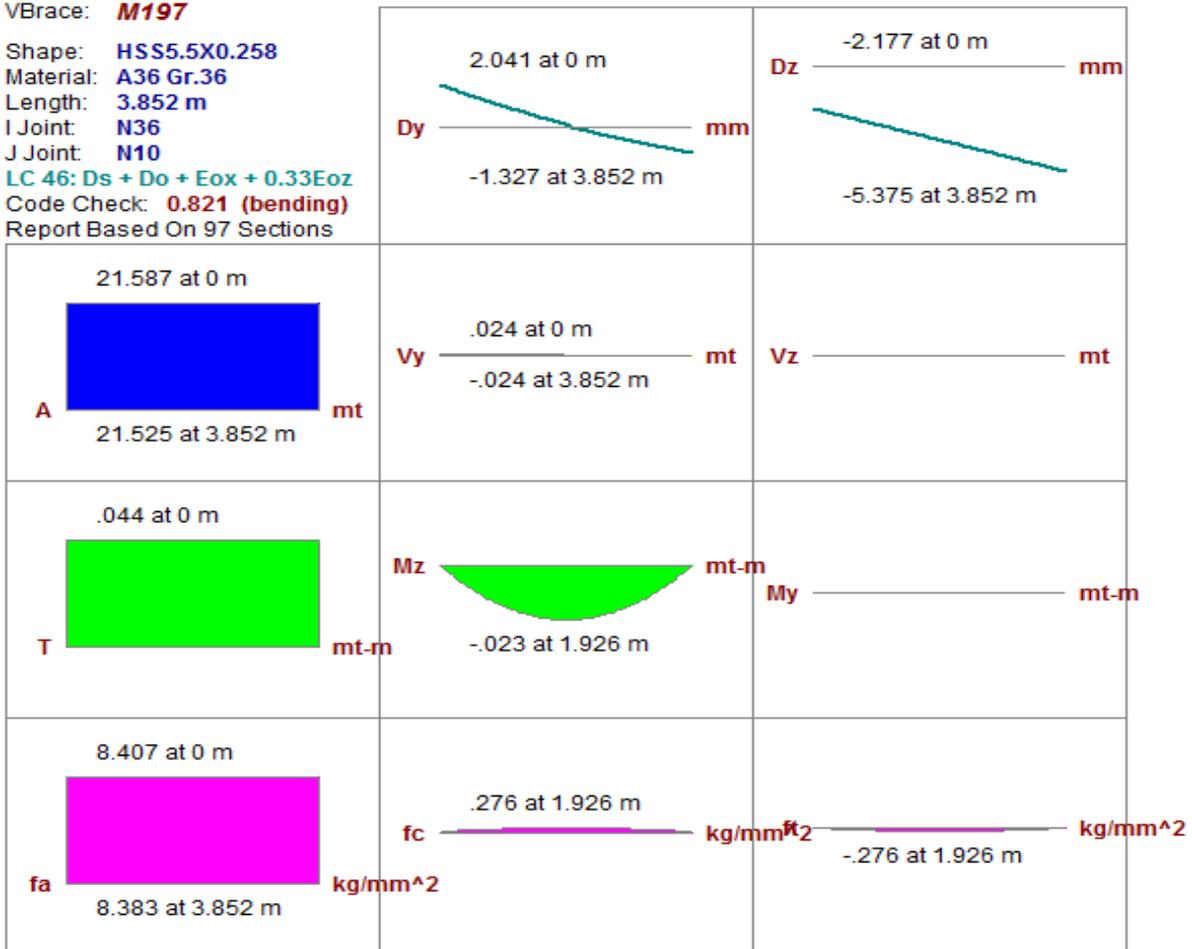
I Joint: **N36**

J Joint: **N10**

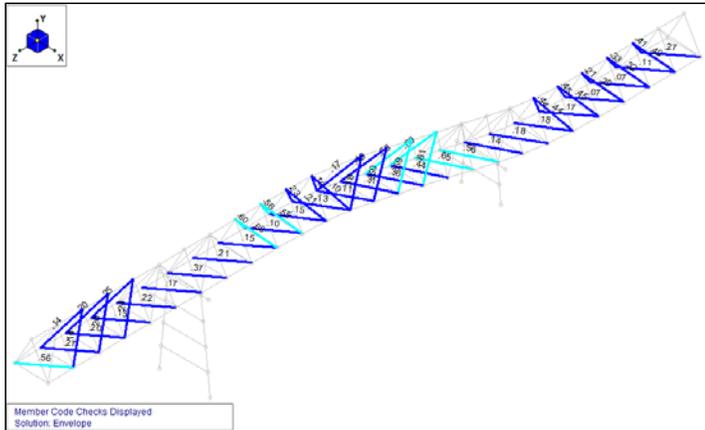
LC 46: **Ds + Do + Eox + 0.33Eoz**

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**

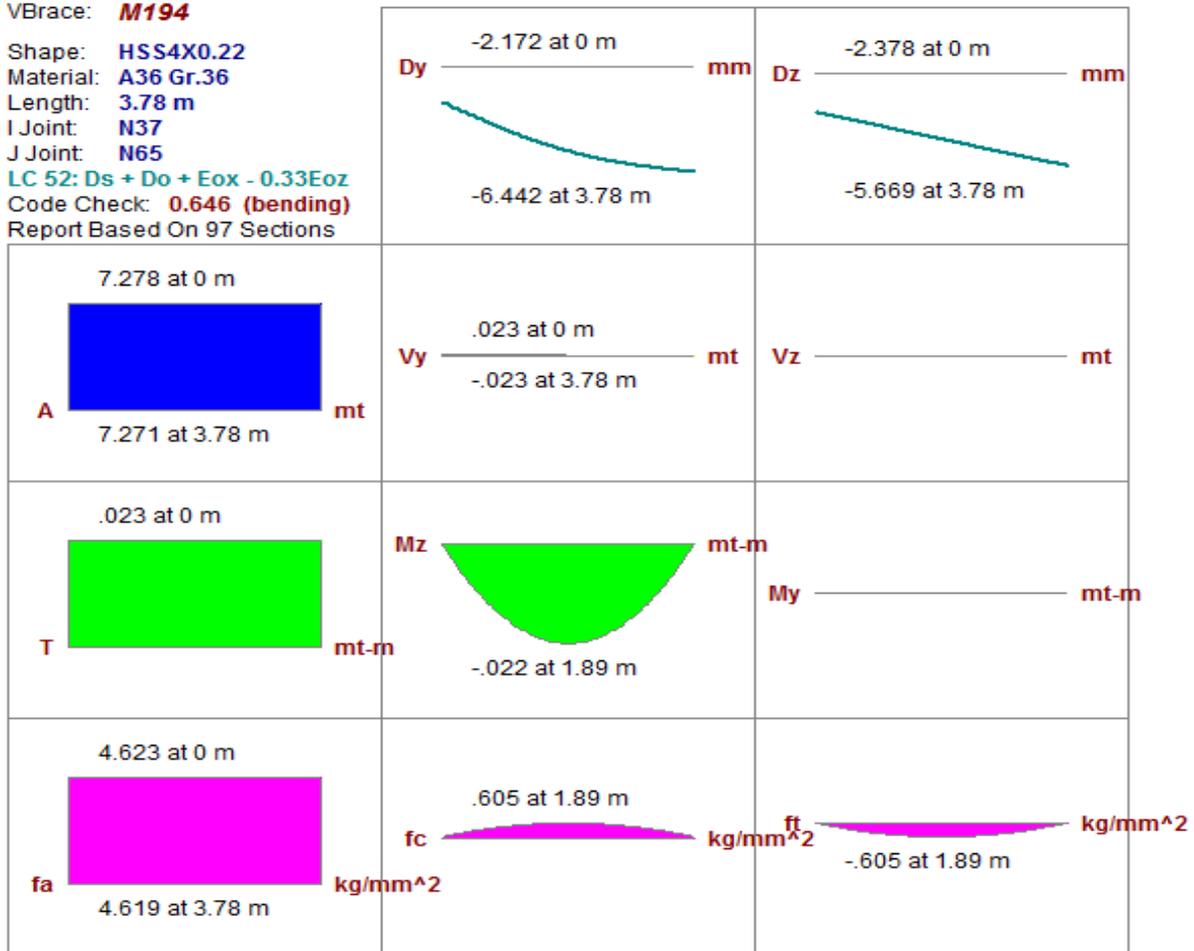
I Joint: **N37**

J Joint: **N65**

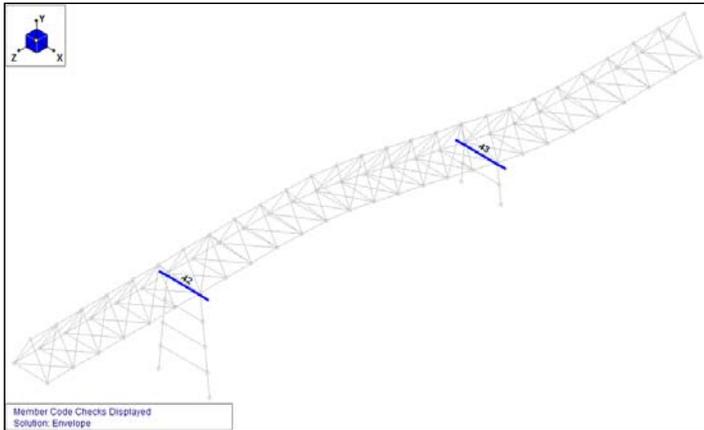
LC 52: **Ds + Do + Eox - 0.33Eoz**

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**

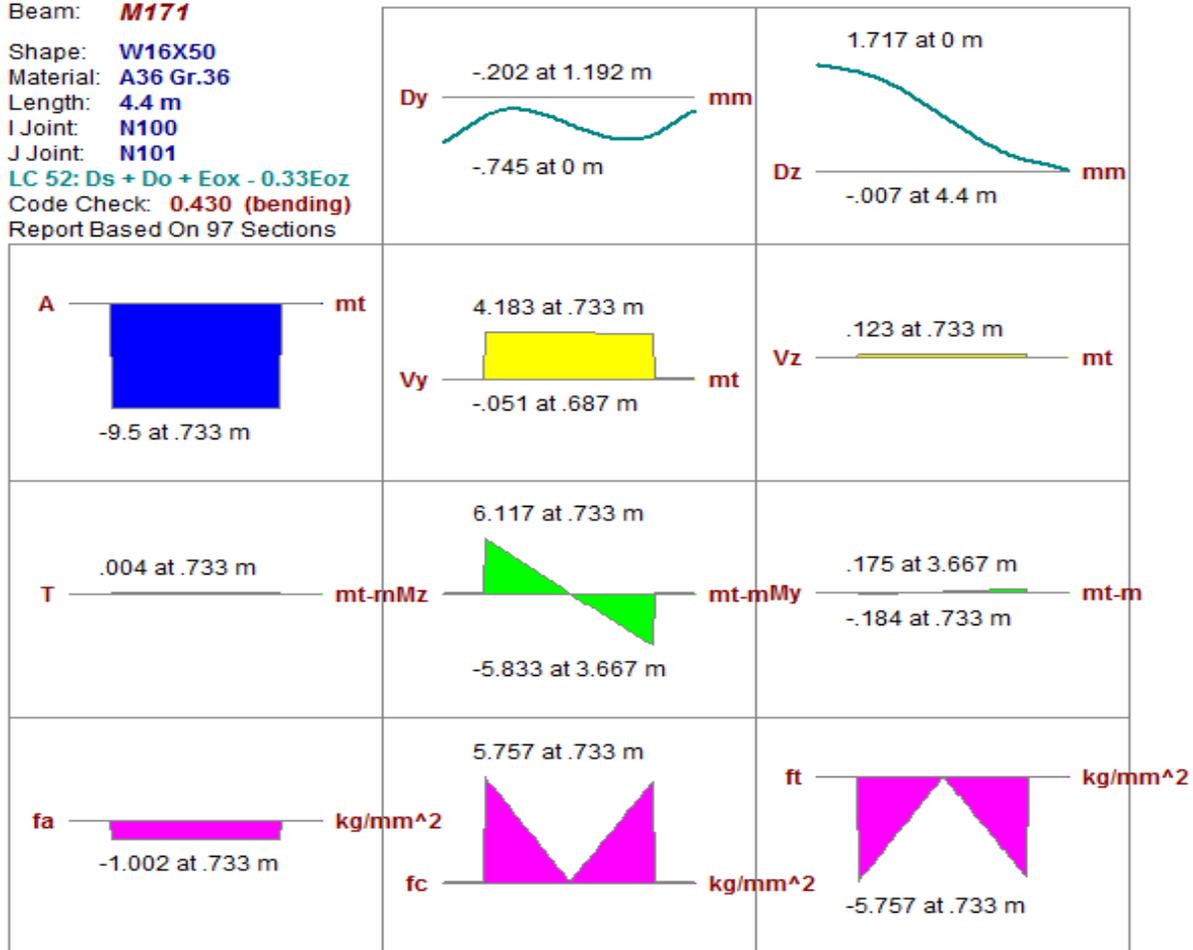
I Joint: **N100**

J Joint: **N101**

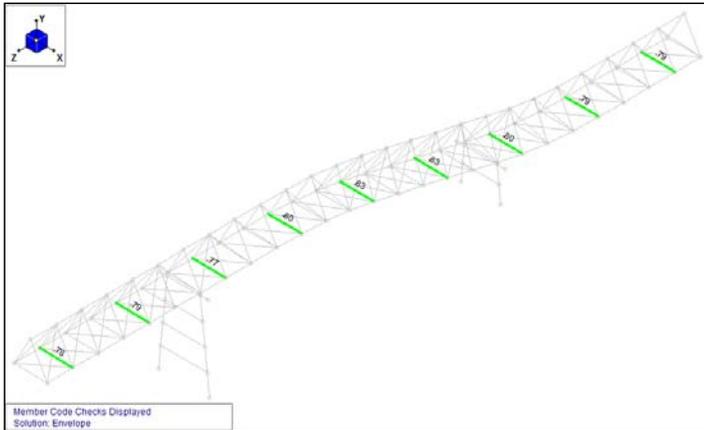
LC 52: **Ds + Do + Eox - 0.33Eoz**

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 | | |

$Dy_{MIN} = -7.570 \text{ mm}$

$Dy_{MAX} = -10.536 \text{ mm}$

$DESP_{MAX} = (Dy_{MAX} - Dy_{MIN}) = 0.297 \text{ cm}$

$L = 3.000 \text{ m}$

$DESP_{PERM} = L/240 = 1.250 \text{ cm}$

OK por Desplazamientos.

Beam: **M65**

Shape: **W10X39**

Material: **A36 Gr.36**

Length: **3 m**

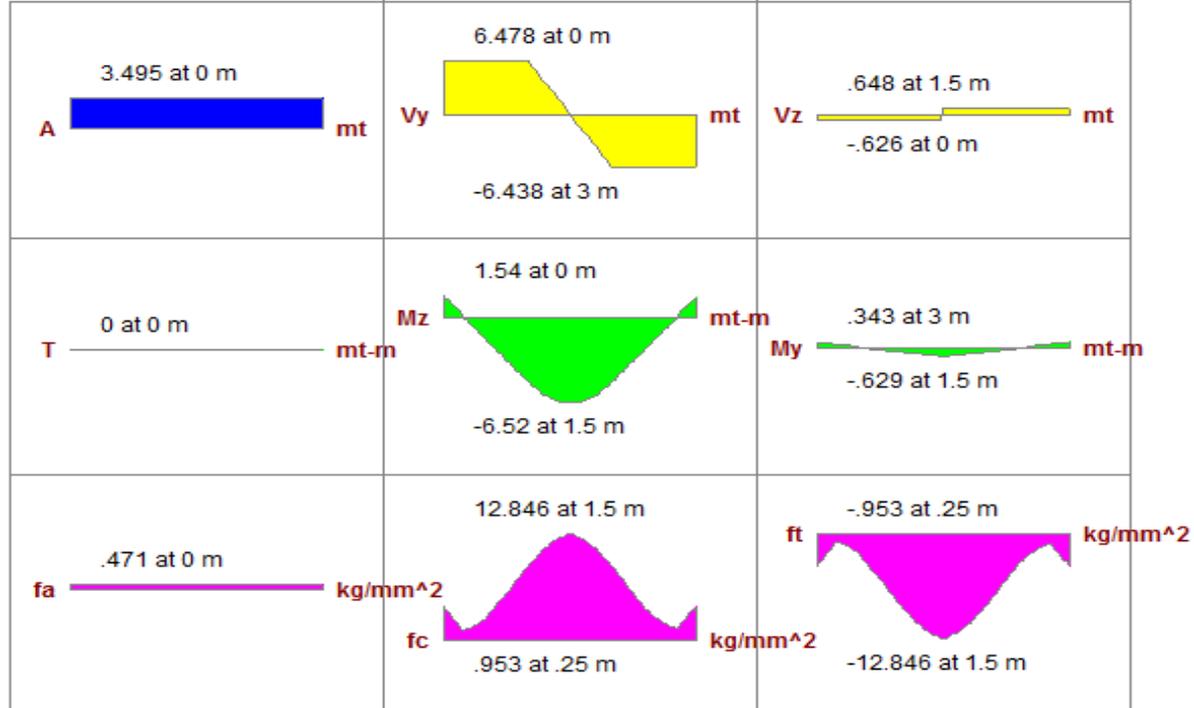
I Joint: **N65**

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

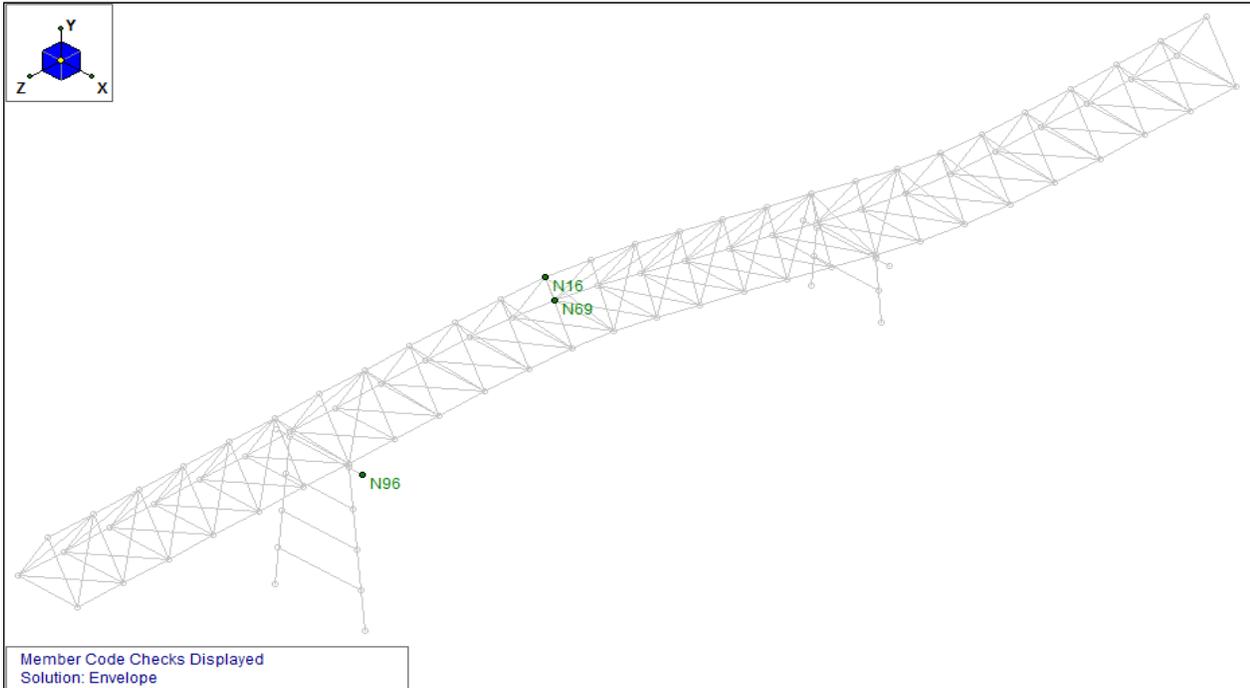


Fig. IV.7.12: NODOS PARA DEFLEXIONES MÁXIMAS

| | 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.

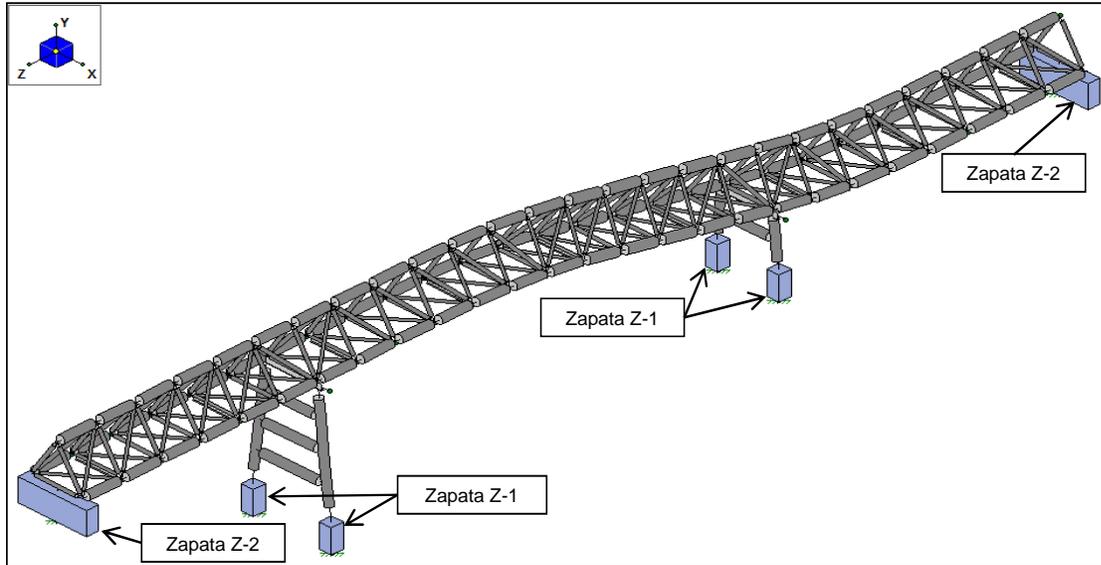


Fig. IV.8.1: Vista en isométrico del Modelo en RISA 3D (con datos de cimentación)

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. |

- Calculo 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 calculo para cada caso ya que en el caso tipo dos el diagrama presenta tensiones y en el calculo 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.

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

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

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

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

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

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

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

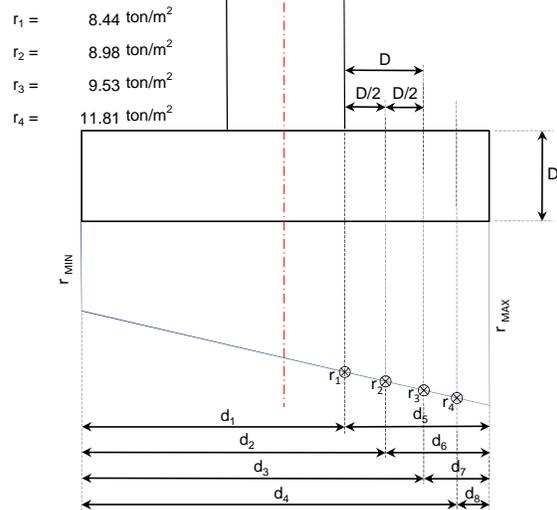


Fig. IV.8.2: Diagrama de esfuerzos en el suelo, bajo el Pie de la Zapata.

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

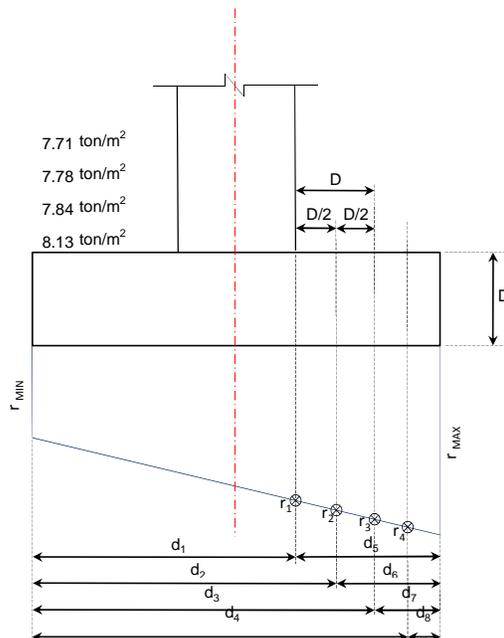


Fig. IV.8.3: Diagrama de esfuerzos en el suelo, bajo el Pie de la Zapata.

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:

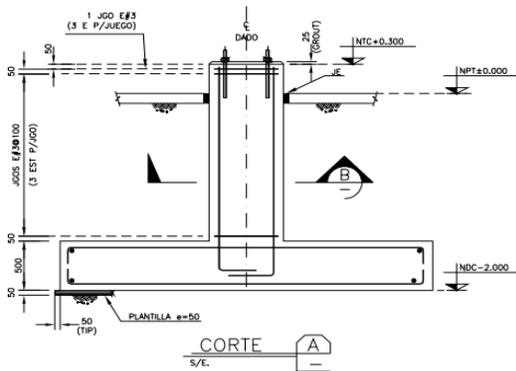
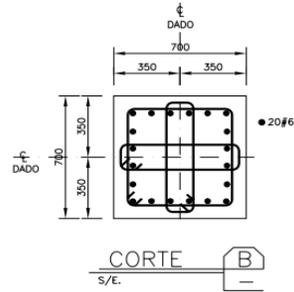
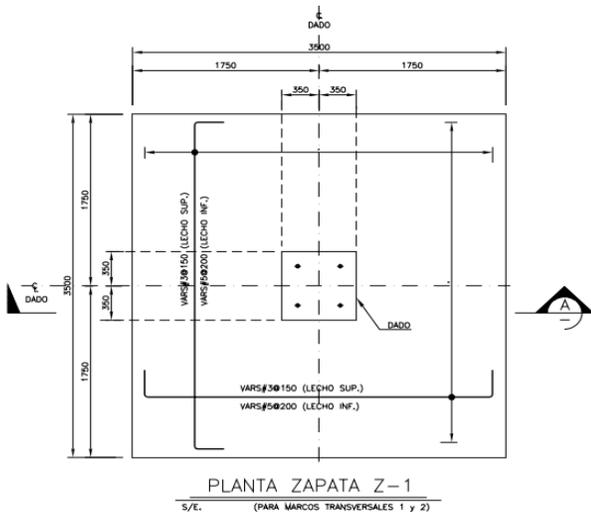
Ac = 15,750 cm²
p_{LS} = 0.0009
p_{LI} = 0.0018

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 |
| γc = | 2,400 kg/m ³ |
| Ec = | 282,495 kg/cm ² |
| FR = | 0.80 RCDF |
| φ = | 0.90 ACI |

- Propiedades de Acero de Refuerzo:

| Especificación: ASTM A615 | |
|---------------------------|------------------------------|
| Fu = | 6,200 kg/cm ² |
| Fy = | 4,200 kg/cm ² |
| Es = | 2,000,000 kg/cm ² |

- Propiedades del Suelo:

| Especificación: | |
|--------------------|--------------------------|
| qa _{CO} = | 7.96 ton/m ² |
| qa _{CA} = | 10.61 ton/m ² |
| η = | 0.35 |
| γs = | 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 Minimo Calculado. |

- Calculo 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 calculo para cada caso ya que en el caso tipo dos el diagrama presenta tensiones y en el calculo 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

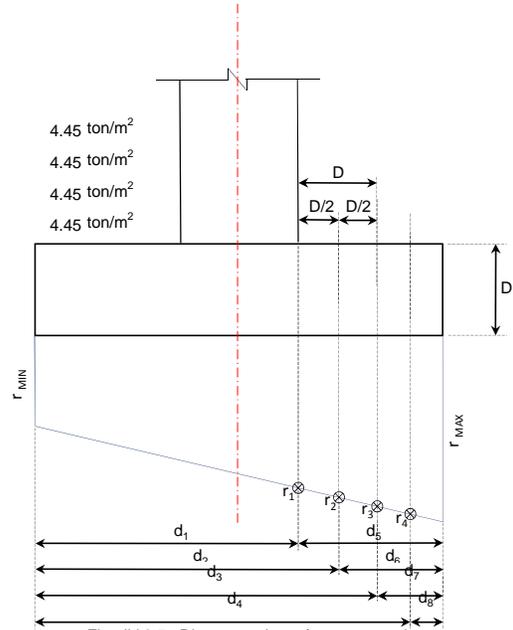


Fig. IV.8.5: Diagrama de esfuerzos en el suelo, bajo el Pie de la Zapata.

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.

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

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

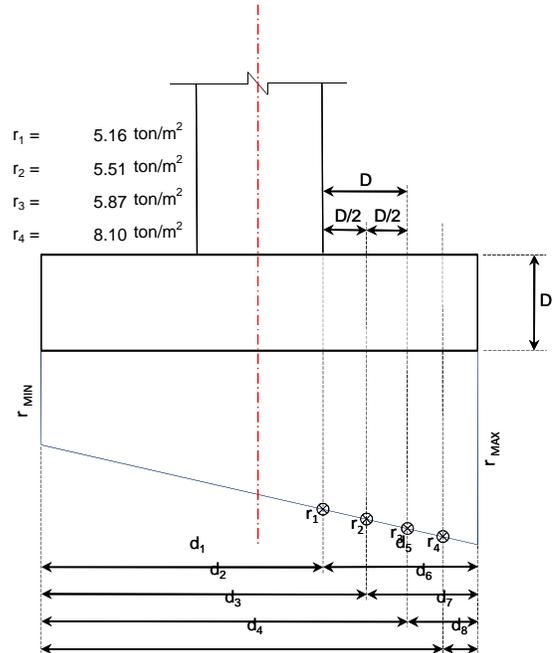
$$r_{MIN} = 0.79 \text{ ton/m}^2$$

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

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

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

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



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:

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

$$V1 = 0.000 \text{ Ton}$$

$$V2 = 0.000 \text{ Ton}$$

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

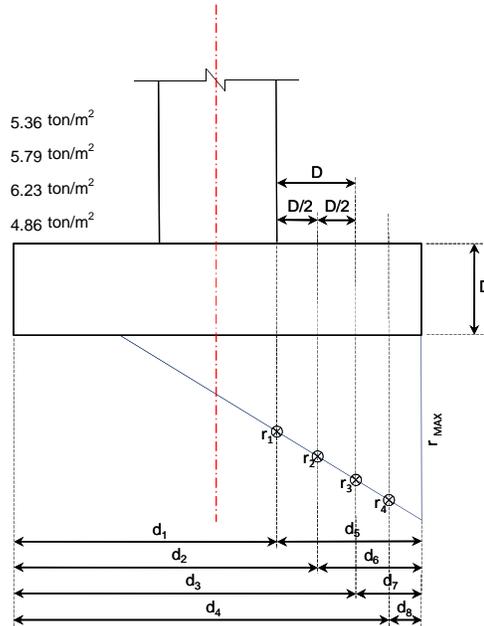


Fig. IV.8.7: Diagrama de esfuerzos en el suelo, bajo el Pie de la Zapata.

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:

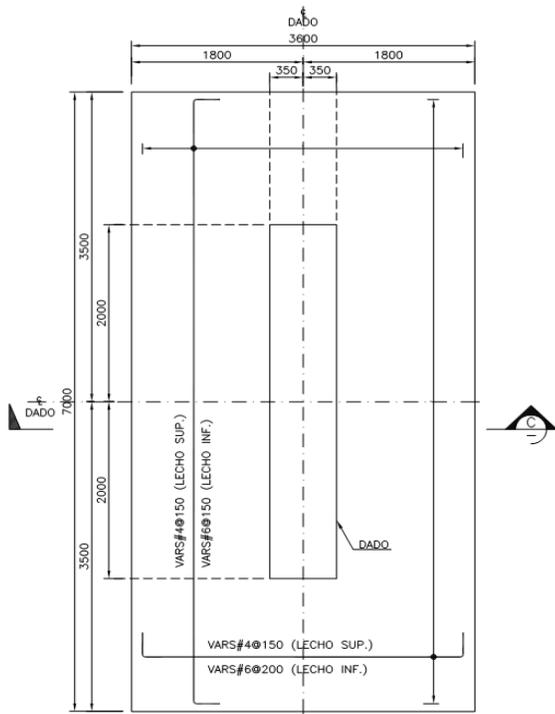
Ac = 24,500 cm²
p_{LS} = 0.0009
p_{LI} = 0.0022

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 |

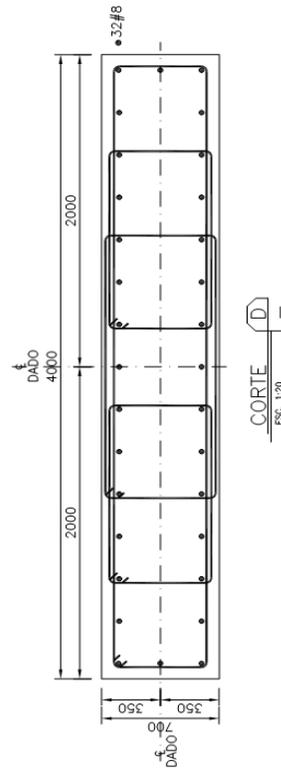
| PARA LECHO INFERIOR | |
|---------------------|-----------------------|
| Prop. VRS # 6 | |
| as = | 2.85 cm ² |
| ∅ = | 1.91 cm |
| Num. Vr = | 18.70 |
| Paq. Vr = | 1 |
| Radio = | 10.72 cm |
| L. A. = | 35 cm |
| L. D. = | 48 cm |
| Sep. Cal. = | 19.25 cm |
| Sep. = 15.00 cm | |
| As = | 68.41 cm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

- Croquis de Armado para Zapata Z-2:

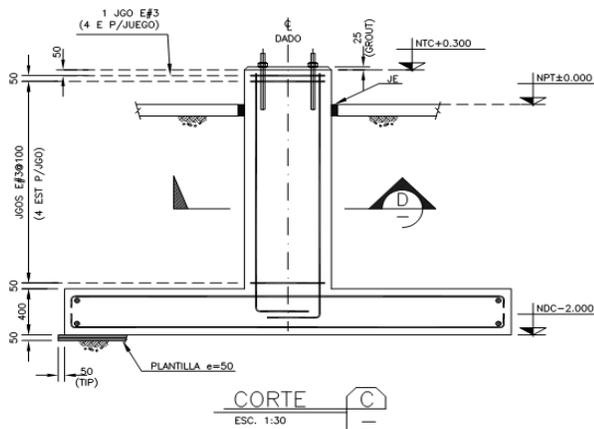


PLANTA ZAPATA Z-2

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).