



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Diseño estructural de un  
rack de acero estructural  
para plantas industriales**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Civil**

**P R E S E N T A**

Guillermo Varela Zamora

**DIRECTOR(A) DE TESIS**

M.I. Miguel Ángel Rodríguez Vega



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019**

*DEDICATORIA:*

*Esta tesis se la dedico con todo mi amor y cariño a mis hijos Ricardo Josué, Ulises Yael y Paulina Yareli por ser la fuente de motivación e inspiración para poder superarme día a día. Esperando que este trabajo también sea una fuente de inspiración para ellos para lograr sus metas y objetivos.*

*También se la dedico con mucho amor a mi madre y mis hermanos, por ser las personas que más me apoyaron y motivaron para este logro.*

*AGRADECIMIENTOS:*

*Ante todo, agradezco a Dios por darme salud, porque gracias a ello he podido lograr este objetivo en mi vida.*

*Gracias a mi madre y mis hermanos por su apoyo incondicional, por su motivación para lograr esta meta.*

*Gracias a mis hijos por ser parte de mi vida y ser una fuente de motivación para el logro de este objetivo.*

*Gracias a mi director de tesis y los sinodales por su enorme apoyo.*

*Gracias a la Facultad de Ingeniería y a la Universidad Nacional Autónoma de México y a todos los profesores por la formación profesional.*

*Gracias a todas aquellas personas que de alguna u otra manera ayudaron mediante su motivación para que continuara y terminara este trabajo.*

*Gracias a todos.*

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

---

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>1.0 ANTECEDENTES .....</b>	<b>7</b>
1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. ....	7
1.2. ALCANCES DEL PROYECTO. ....	9
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA. ....	9
<b>2.0 CRITERIOS DE DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL. ....</b>	<b>11</b>
2.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES. ....	11
2.2 DESCRIPCIÓN DE CARGAS MUERTAS Y CARGAS ESPECÍFICAS.....	12
2.3 CÓDIGOS, NORMAS Y REFERENCIAS APLICABLES. ....	14
<b>3.0 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL. ....</b>	<b>15</b>
3.1 ESTRUCTURACIÓN (MODELO ESTRUCTURAL). ....	15
3.2 CALCULO DE FUERZAS GRAVITACIONALES. ....	22
3.3 CALCULO DE FUERZAS SÍSMICAS. ....	27
3.4 CALCULO DE FUERZAS POR VIENTO. ....	38
3.5 COMBINACIÓN DE FUERZAS .....	44
<b>4.0 ANÁLISIS ESTRUCTURAL (RESULTADOS) MEDIANTE SOFTWARE. ....</b>	<b>46</b>
<b>5.0 DISEÑO ESTRUCTURAL. ....</b>	<b>58</b>
5.1 REVISIÓN POR DESPLAZAMIENTOS. ....	58
5.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA. ....	61
5.3 DISEÑO DE CONEXIONES PRINCIPALES. ....	64
<b>6.0 DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN.....</b>	<b>93</b>
<b>7.0 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO. ....</b>	<b>107</b>
<b>8.0 CONCLUSIONES. ....</b>	<b>111</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>113</b>

---

---

## **Introducción:**

Una de las estructuras que se encuentra presente en la mayoría de las plantas industriales son los soportes de tuberías o soportes de instalaciones eléctrica llamado comúnmente Rack de Tuberías o Rack de charolas eléctricas y de instrumentación, esta estructura es una sucesión de marcos de acero estructural restringidos longitudinalmente por vigas o traveses, y se caracterizan por tener una gran longitud y su sección transversal puede ser constante o variable dependiendo de las necesidades de cada proyecto, su elevación puede variar de acuerdo al número de “camas” necesarias para el proyecto. Su principal función es brindar soporte durante su trayectoria a tuberías y/o charolas eléctricas y/o charolas de instrumentación, en algunos casos pueden soportar equipos como aroenfriadores o tanques, en la siguiente imagen se muestra la forma clásica de un Rack de Tuberías, de acero estructural con sección transversal constante.



*Forma clásica de la estructura de un Rack de Tuberías de Acero.*

La falla de una estructura de este tipo puede causar grandes daños tanto económicos, como ambientales o de pérdidas humanas, por lo que estas estructuras se deben diseñar a conciencia considerando todas las fuerzas y combinaciones de estas, que incluyan todas las condiciones que afectan su estabilidad.

## **DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

---

La presente tesis ofrece una guía para el Ingeniero Civil de Diseño Estructural, al describir una metodología para el análisis, diseño y construcción de un Rack para transporte de Tuberías y/o charolas eléctricas y de instrumentación, utilizado en instalaciones industriales.

Con este fin en el capítulo 1 se comienza por dar una descripción general y particular del proyecto, así como de la estructura y su cimentación, aportando datos tales como:

- Ubicación geográfica
- Alcance del proyecto de esta tesis
- Geometría de la estructura

En el capítulo 2 se determinan los criterios de diseño como son: los materiales de construcción, se da una descripción de las cargas que actuarán en la estructura y se determinan los reglamentos y la normatividad para el análisis y diseño de la estructura,

En el capítulo 3 se determina toda la información necesaria para el modelo estructural mediante un software para análisis y diseño estructural (Staad Pro). Se calculan y se indican todas las fuerzas estáticas y dinámicas que actúan sobre el modelo estructural, se describen también las combinaciones necesarias de acuerdo a reglamento para la revisión de los estados límite de servicio, de los estados límite de falla y el diseño de los elementos tanto de la superestructura, como de su subestructura (cimentación).

En el capítulo 4 se realiza el análisis para la obtención de los periodos de la estructura y se revisa que se cumplan con los cortantes basales.

Habiéndose realizado el análisis en el capítulo 5 se hace la revisión de los estados límites de servicio, de los estados límite de falla, así como el diseño final de los miembros, se recurre a los resultados arrojados del modelo analítico de la estructura y parte de la cimentación (trabes de liga) mediante el software Staad Pro; en él se manejan las cargas, combinaciones de carga y resistencia de materiales, basados en los manuales y códigos mencionados en el capítulo 2 tanto nacionales como internacionales.

En el capítulo 6 se realiza el diseño de la subestructura (cimentación).

En el capítulo 7 se presenta el procedimiento constructivo en este tipo de estructuras donde con: detalles y croquis se logra mostrar los pasos y beneficios del método constructivo adoptado.

En el capítulo 8 se dan las conclusiones de este proyecto.

## 1.0 Antecedentes

### 1.1. Localización del proyecto.

Se pretende conformar un proyecto denominado “Central Ciclo Combinado “ 171 CC AGUA PRIETA II (con campo solar)” fase 1, se construirá en el sitio denominado El Ejido Agua Prieta que se localiza al oeste-suroeste de la ciudad de Agua Prieta, Sonora, aproximadamente a 7.4 km del centro de la ciudad de Agua Prieta y a 3.6 km al noroeste de la cabecera norte de la aeropista municipal la (Calera), que está ubicado en las coordenadas latitud norte 31° 15’ 59.09” y longitud oeste 109° 35’ 25.53”, y cuenta con una altura de 1198.50 msnm. En la Imagen 1.1 se indica la ubicación geográfica del proyecto.



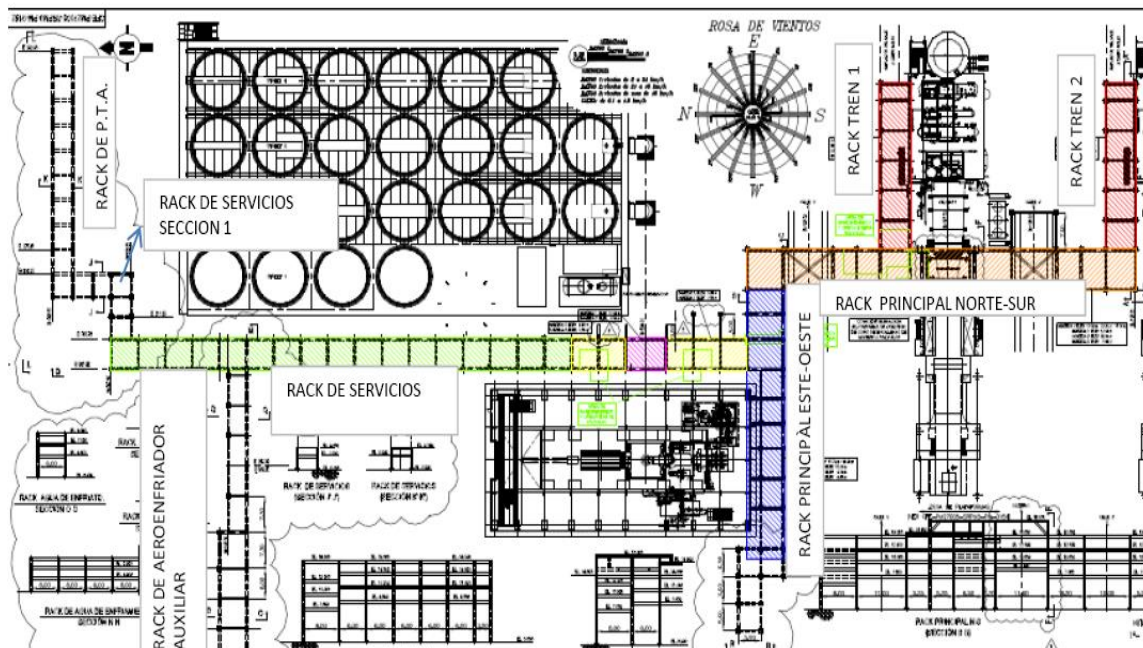
Imagen 1.1 Ubicación geográfica del proyecto “Central Ciclo Combinado “ 171 CC AGUA PRIETA II (con campo solar)” fase 1, (Fuente: [www.Maps.com](http://www.Maps.com))

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

El proyecto es el diseño y construcción (EPC) de una planta de ciclo combinado, la cual consta de varios equipos y estructuras, entre las cuales se encuentra como una de las principales por su magnitud el Rack de Tuberías y charolas eléctricas cuyo diseño motiva la presente tesis.

El Rack de Tuberías estará compuesto por cuatro módulos: Rack tren 1 y 2 (Norte y Sur), Rack Principal, Rack de Aeroenfriador y Rack de servicios. Para esta tesis solo se desarrollará el análisis y diseño del Rack Principal Norte-Sur. La estructura para este Rack será a base de marcos de acero, se instalará una plataforma para mantenimiento y control de válvulas de las tuberías. Estructuralmente, el rack se diseñará con marcos rígidos de acero en la dirección transversal y con marcos de acero contraventeados longitudinalmente. Para la cuestión de diseño y montaje se considerará lo siguiente: las conexiones o uniones hechas en taller serán soldadas, mientras que las que se realicen en campo serán atornilladas para los marcos longitudinales y conexiones soldadas en campo para los marcos transversales. La cimentación de este rack se resolverá con zapatas aisladas y de ser necesario de acuerdo con el diseño, también se utilizarían traveses de liga.

En la planta de arreglo general que se muestra en la Imagen 1.2 podemos apreciar la distribución de algunos de los diferentes equipos del proyecto además se indica la ubicación que tiene el Rack dentro de la planta.



*Imagen 1.2 Planta de arreglo general del proyecto, se indica la ubicación del Rack de Tuberías.*

*(Fuente: Plano de proyecto CFE-PM27005-SRPM3-PM-0152 Rev. 0)*



## **1.2. Alcances del proyecto.**

El diseño estructural del Rack de Tuberías se lleva a cabo contemplando las fuerzas: gravitacionales, por cambios de temperatura, sísmicas, de viento y de tuberías en operación, estas últimas son proporcionadas por un estudio previo de flexibilidad realizado por la disciplina de tuberías.

Como parte del análisis, se revisa los estados límite de falla y de servicio comparativamente con los valores permisibles establecidos para cada caso.

Para el análisis y diseño de la estructura, se realiza un modelo tridimensional utilizando el programa "STAAD-PRO", dicho modelo consta de barras o miembros conectados entre sí y que representan los diferentes elementos estructurales como vigas y columnas, en este modelo se especifican los materiales, sus apoyos, secciones, condiciones y combinaciones de carga.

Es importante mencionar que la definición de la geometría en cuanto a elevaciones y dimensiones que tendrá el Rack de Tuberías se hace mediante una conciliación con las diferentes disciplinas que participan en el proyecto.

## **1.3. Descripción de la estructura.**

El tipo de cimentación se determina de acuerdo a la capacidad del terreno, la cual es dada por el estudio de mecánica de suelos del proyecto (se indican los datos de esto último en el diseño de la cimentación).

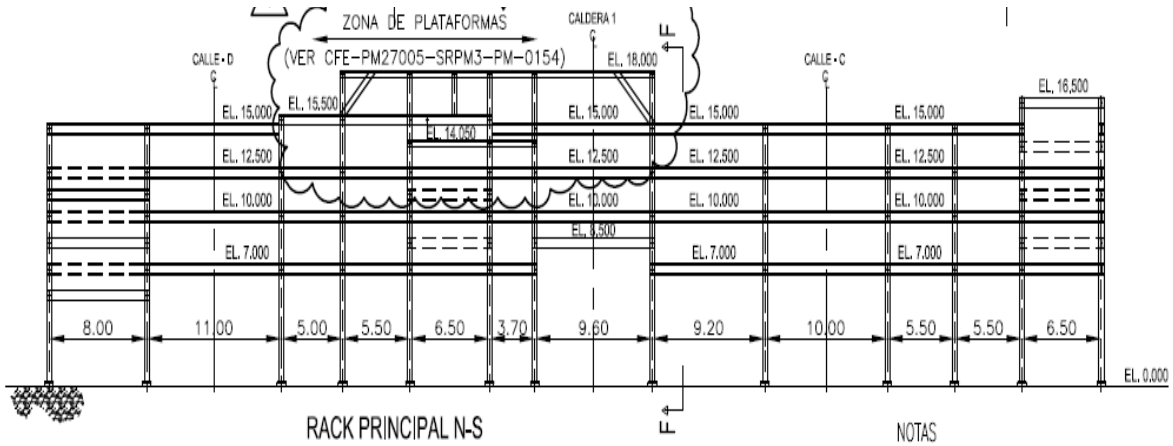
La cimentación para este rack de tuberías será superficial y estará formada por zapatas aisladas y trabes de liga de concreto reforzado tanto en el sentido transversal como en el longitudinal.

Por otro lado Estructuralmente, el rack se diseñará con marcos rígidos de acero en la dirección transversal y con marcos de acero contraventeados longitudinalmente. Las conexiones o uniones hechas en taller serán soldadas mientras que las que se realicen en campo serán atornilladas para los marcos longitudinales y conexiones soldadas en campo para los marcos transversales.

Un aspecto adicional de mucha importancia para el diseño de la estructura del rack es el hecho de que no podrán utilizarse secciones cerradas o tubulares ni tampoco perfiles de pared delgada como el caso de los laminados en frío, por lo que se utilizarán para los marcos secciones abiertas tipo "IR". Lo anterior es debido a los altos índices de corrosión, lo cual con secciones cerradas se agravan mayormente.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

En planta el Rack de Tuberías tiene un ancho de 8 m y una longitud total de 86 m que se divide como se muestran en la siguiente imagen 1.3.



*Imagen 1.3 Dimensiones en elevación del Rack de Tuberías.*  
*(Fuente: Plano de proyecto CFE-PM27005-SRPM3-PM-0152 Rev. 0)*

En la elevación de la Imagen 1.3 se observa que el Rack tiene una altura máxima de 18 m y está compuesto de hasta 5 niveles “camas” sobre las cuales se apoyan tuberías, válvulas, cableado eléctrico y de instrumentación.

## **2.0 Criterios de diseño y análisis estructural.**

### **2.1 Propiedades mecánicas de los materiales.**

A continuación, se describen los diferentes materiales que constituyen los elementos estructurales con sus respectivas resistencias.

- a) Concreto para elementos en contacto con el suelo con una resistencia mínima a la compresión (zapatas, dados y trabes de liga).

$$f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2 = 24.5 \text{ Mpa}$$

- b) Acero de refuerzo (varillas corrugadas, Grado 60, Norma ASTM-A615 ) con límite de fluencia.

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 = 412 \text{ MPa}$$

- c) Acero Estructural (para placas, perfiles y redondos, Norma ASTM-A36) con un límite de fluencia.

$$F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2 = 248.193 \text{ MPa}$$

- d) Tornillos Estructurales para conexiones principales Norma ASTM-A325.

- e) Tornillos para conexiones secundarias Norma ASTM-307.

- f) Soldadura Electrodo tipo E70XX de acuerdo con la Norma AWS-A51.

- g) Rellenos para cimentaciones según Estudio de Mecánica de Suelos.

## **2.2 Análisis de cargas muertas y cargas especificadas.**

### **Carga muerta (D)**

Las cargas muertas incluyen el peso específico de los materiales de construcción que constituyen el Rack de Tuberías, además de plataformas, equipos y materiales que estén de forma permanente sobre la estructura.

En la carga muerta se considera el peso propio de la estructura, teniendo en cuenta que la densidad para el acero estructural es de  $7.83 \text{ ton/m}^3$  y para el concreto reforzado es de  $2.4 \text{ ton/m}^3$ .

El peso de la estructura es generado por el programa "STAAD PRO" a través del comando "selfweight".

Para las plataformas además del peso propio de los elementos, se considera rejilla Irving IS-05 4.8x25.4 con un peso de  $35,2 \text{ kg/m} = 0,345 \text{ KN/m}$

### **Cargas Vivas (L)**

<b>ELEMENTO</b>	<b>Lmax(KN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L acc(KN/m<sup>2</sup>)</b>
Plataformas y pasillos de operación	4.905	2.453

### **Carga por Tuberías**

Para el diseño de las estructuras que soportan rutas de tuberías de alta presión como el Rack de Tuberías que se está analizando en esta tesis, la carga estará de acuerdo a la concentración y peso de los tubos llenos de agua y a las válvulas que se tengan, siendo proporcionadas por la disciplina de tuberías. La carga de tuberías se define como la carga del tubo mismo, con sus accesorios y contenido, las cuales están divididas en tres categorías. Ver anexo A.

- 1) Tubería vacía (**Q1**)
- 2) Tubería en operación (**Q2**)
- 3) Tubería Llena de agua en prueba hidrostática (**Q3**)

**Q1.-** Deberá ser utilizada solo para la verificación de la estabilidad del equipo con carga de viento, para la revisión por sismo se usará Q2 para verificar la estabilidad.

**Q2 y Q3.** Deben combinarse con otras cargas como se especifica en el capítulo 3.5.

### **Carga por Charolas Eléctricas (CH)**

Se deben tomar en cuenta el peso de charolas con cableado, su soportería y combinarse como se indica en capítulo 3.5.

### **Carga de Sismo (S)**

La carga de sismo deberá estar de acuerdo a lo indicado en el “*Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE-2008*” (MDOC. CFE DS 2008). Se usará el método dinámico de análisis modal espectral con espectro de respuesta, los parámetros sísmicos se describen en el Capítulo 3.3.

Además, se considera el espectro transparente que es proporcionado en el estudio de mecánica de suelos del proyecto.

Para evaluar las masas de la estructura se considerarán las siguientes cargas:

Carga muerta total (peso propio y válvulas, peso de los largueros, etc.)

### **Carga de Viento (V)**

El diseño por viento será realizado de acuerdo al “*Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE-2008 Diseño por viento*” (MDOC. CFE DV 2008).

Considerando una velocidad regional  $V_r = 155$  km/hr (con un periodo de retorno  $T_r = 200$  años a 1200 metros de altura SNM)

Categoría del terreno es tipo 2 (plano u ondulado con pocas obstrucciones)

### **Carga de Temperatura (T)**

Las fuerzas térmicas actuantes sobre las estructuras y equipos debido a las restricciones de las tuberías calientes, deberán ser consideradas en el diseño tomando en cuenta su magnitud y dirección de acuerdo al reporte análisis hecho a las tuberías.

### **2.3 Códigos, normas y referencias aplicables.**

Los códigos y normas empleados para el diseño son los contenidos en los siguientes manuales y reglamentos.

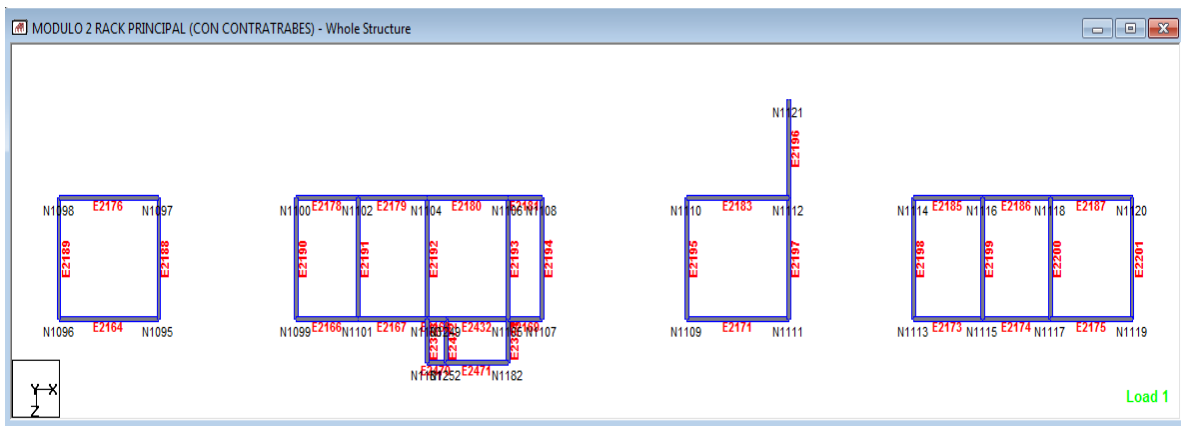
- a) Parámetros y criterios para Sismo, Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE-2008 (*MDOC. CFE DS 2008*).
- b) Parámetros y criterios para Viento. Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE-2008 (*MDOC. CFE DV 2008*).
- c) Características del Cemento Normas ASTM C-150 Normas ASTM C-150
- d) Características del Acero de Refuerzo Normas ASTM-A615
- e) Diseño de Estructuras de Concreto Manual del ACI-318-08
- f) Diseño de Estructura de Acero Manual AISC –LRFD, 3ª Ed.

### 3.0 Procesamiento de información para el análisis estructural.

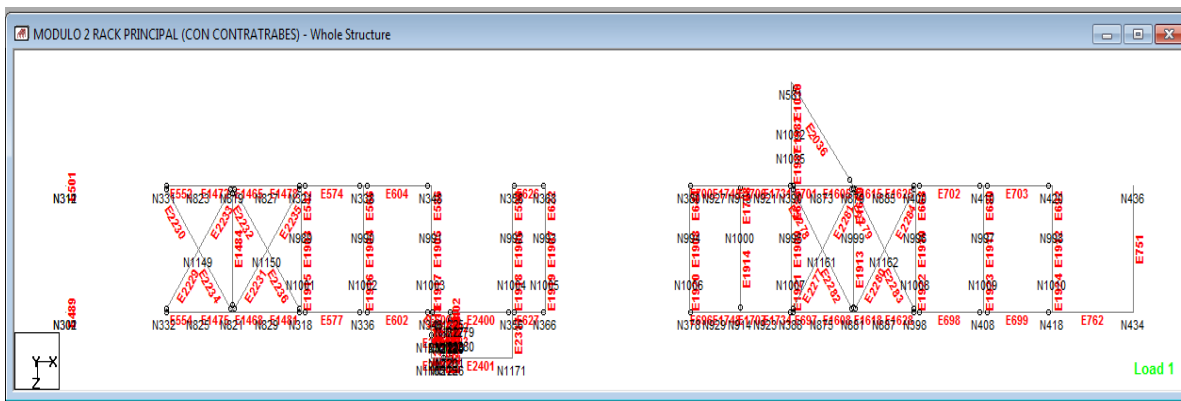
#### 3.1 Estructuración (Modelo estructural).

Para el análisis y diseño de la estructura, se realiza un modelo tridimensional utilizando el programa “STAAD-PRO”, dicho modelo consta de barras o miembros conectados entre sí que representan a las diferentes vigas, traveses de liga, contra vientos, largueros y columnas, en este modelo se especifican los materiales, sus apoyos, secciones y las diferentes condiciones y combinaciones de carga. Es importante hacer notar que las traveses de liga y los dados de apoyo forman parte de la cimentación.

De acuerdo a las dimensiones en planta y elevación de la estructura para el Rack de Tuberías se genera el modelo tridimensional, en las imágenes 3.1 a 3.7 se muestra la conformación del modelo analítico compuesto de nodos y barras.

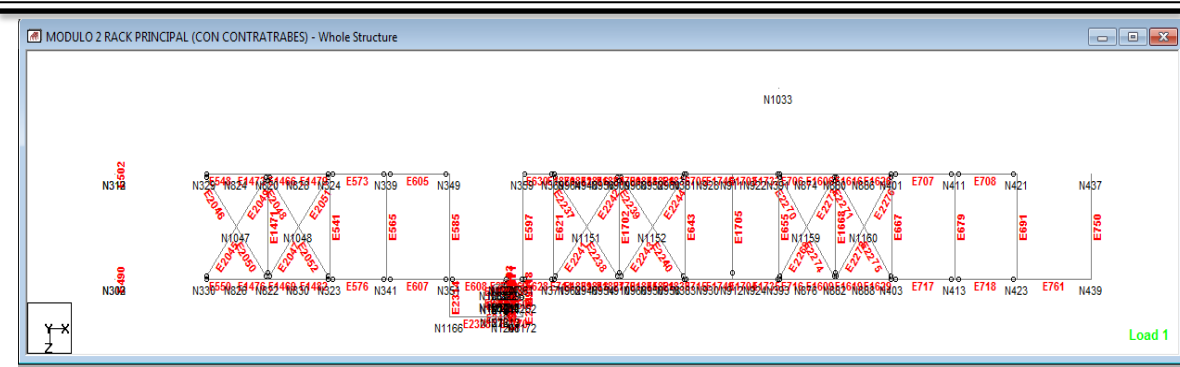


*Imagen 3.1 Modelo analítico planta de cimentación*

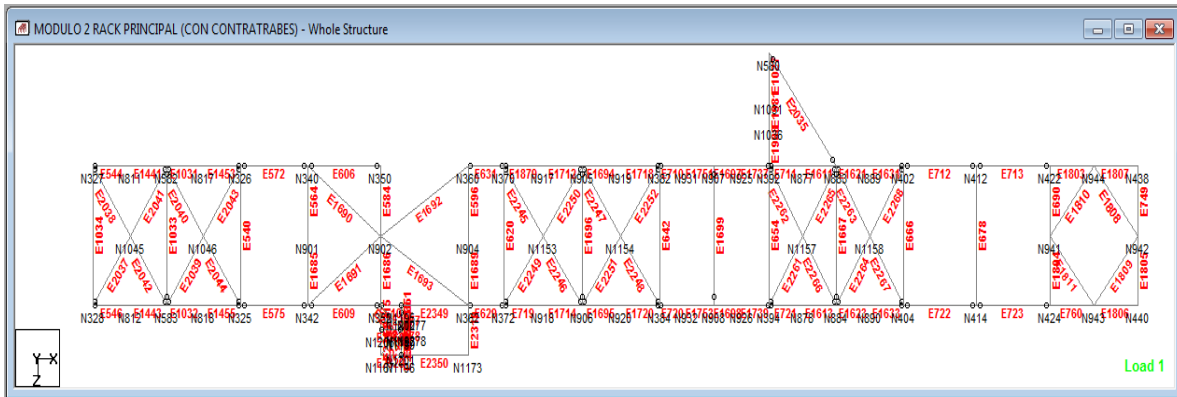


*Imagen 3.2 Modelo analítico planta estructural nivel 7.00*

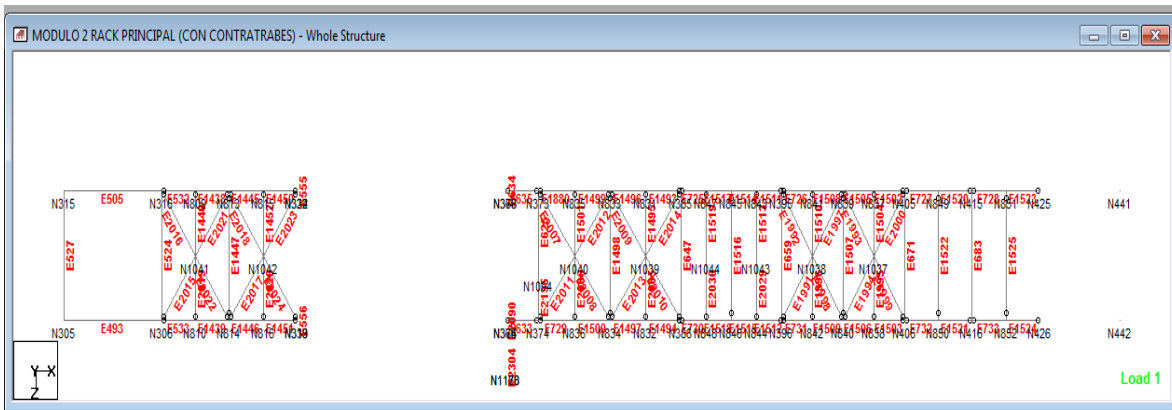
# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES



*Imagen 3.3 Modelo analítico planta estructural nivel 10.00*



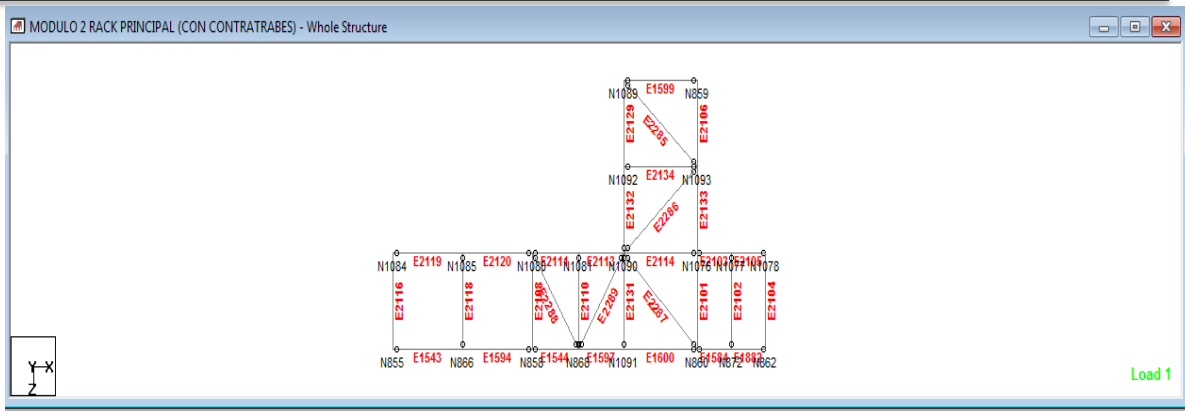
*Imagen 3.4 Modelo analítico planta estructural nivel 12.50*



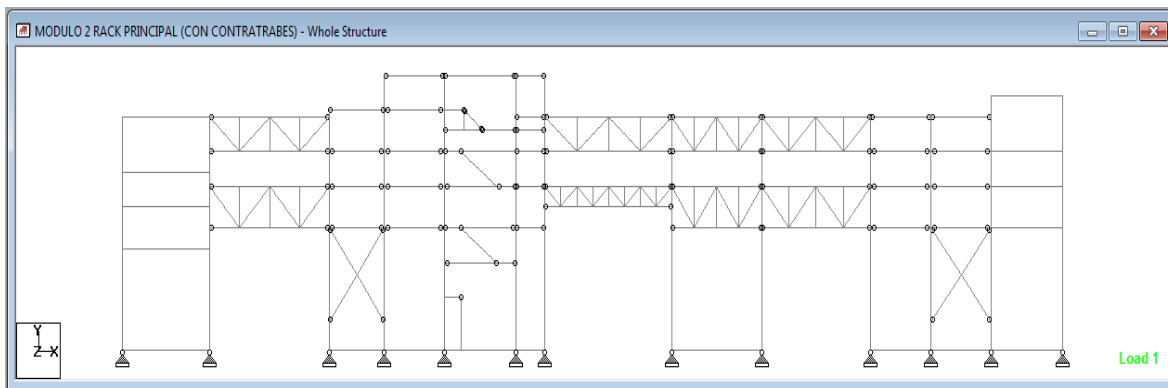
*Imagen 3.5 Modelo analítico planta estructural nivel 15.00*



## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES



*Imagen 3.6 Modelo analítico planta estructural nivel 18.00*



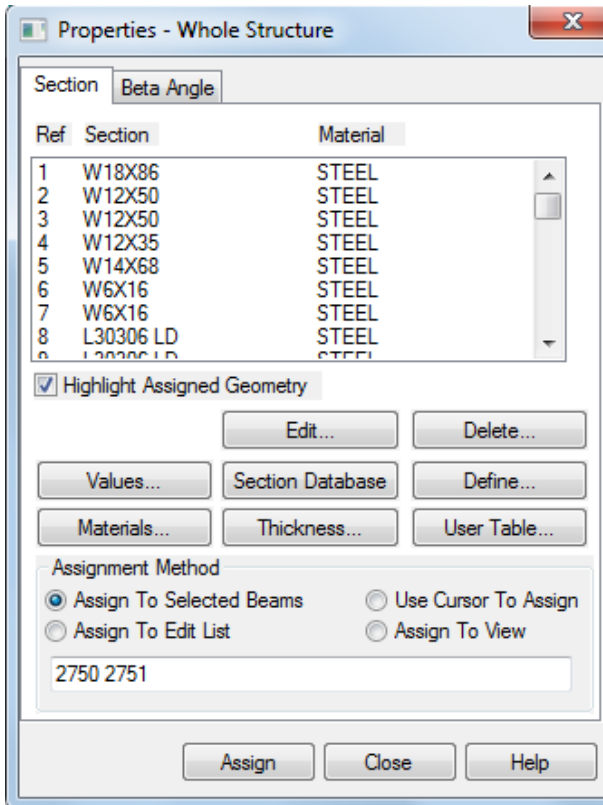
*Imagen 3.7 Modelo analítico elevación longitudinal*

Una vez generados los elementos barra se procede a generar cada una de las secciones para columnas, vigas y largueros.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

Con lo anterior se definen las secciones en el programa como se puede ver en la Imagen 3.6.







*Imagen 3.6 Definición de secciones con sus respectivos materiales en el modelo analítico.*

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES





Para el diseño del Rack de Tuberías que motiva esta tesis las secciones quedan de la siguiente forma:

TABLA DE PERFILES						
MARCA	PERFIL	PESO k/m	d	bf	tf	tw
C-7	 IR.-457	128.10	467	281	19.56	12.19
C-7A	 IR.-457	144.30	472	283	22.09	13.59
C-7B	 IR.-305	59.81	303	203	13.1	7.5
C-8	 IR.-254	44.8	266	148	13.0	7.6
C-9	 IR.-305	74.40	310	205	16.3	9.4
C-9A	 IR.-305	52.2	318	167	13.2	7.6
C-10	 IR.-203	31.2	210	134	10.2	6.4
T-16	 IR.-305	74.40	310	205	16.3	9.4
T-30	 IR.-305	79.00	306	254	14.6	8.8
T-13	 IR.-356	101.3	357	255	18.3	10.5
T-32	 IR.-305	74.40	310	205	16.3	9.5
T-19	 IR.-305	52.2	318	167	13.2	7.6
T-20	 IR.-203	31.2	210	134	10.2	6.4
T-21	 IR.-254	44.8	266	148	13.0	7.6
T-22	 IR.-305	59.8	303	203	13.1	7.5
T-23	 IR.-305	59.8	303	203	13.1	7.5
T-24	 IR.-305	96.7	308	305	15.4	9.9
T-25	 IR.-203	35.9	201	165	10.2	6.2
CH-4	 IR.-203	31.2	210	134	10.2	6.4
CV-5	 IR.-254	44.8	266	148	13.0	7.6
CV-6	 IR.-203	31.2	210	134	10.2	6.4
CV-6A	 2U.-102x10	29.16	/	/	/	/
CH-6	 IR.-305	44.5	313	166	11.2	6.6
CH-7	 2U.-76x10	21.44	/	/	/	/

### ARMADURAS AR-2, AL AR-6, AR-8, y AR-9

MARCA	PERFIL	PESO k/m	d	bf	tf	tw
C.S.	 IR.-305	74.4	310	205	16.3	9.4
C.I.	 IR.-305	74.4	310	205	16.3	9.4
D	 2U.-76x10	21.44	/	/	/	/
M	 IR.-152	24	160	102	10.3	6.6

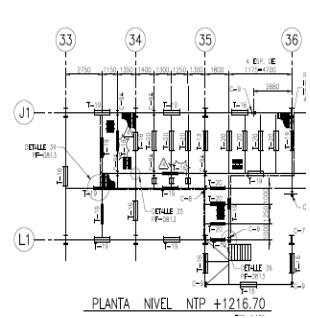
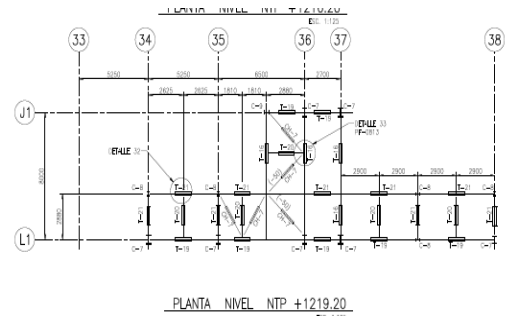
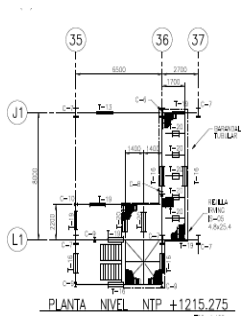
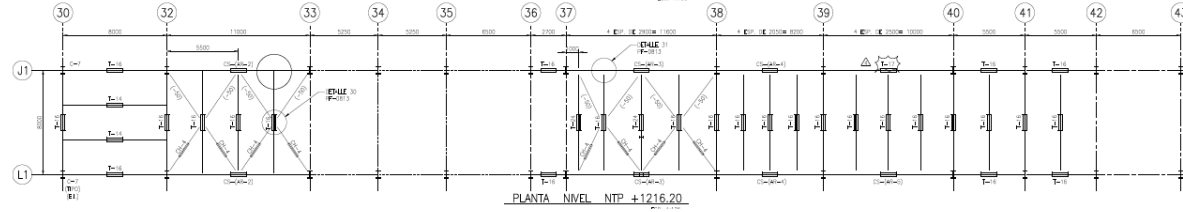
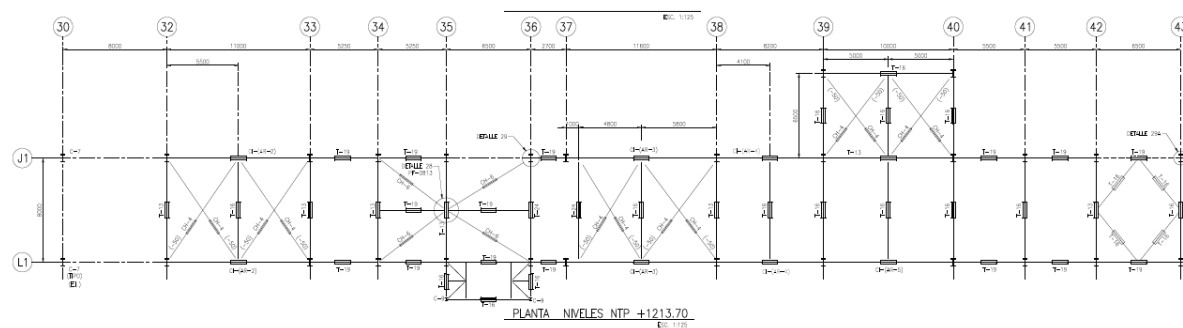
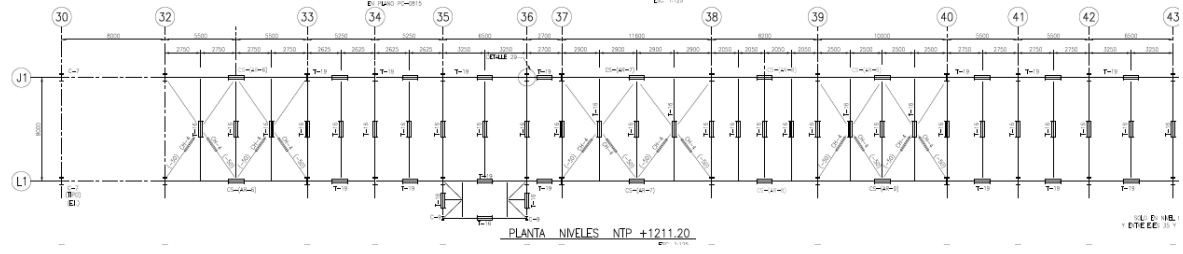
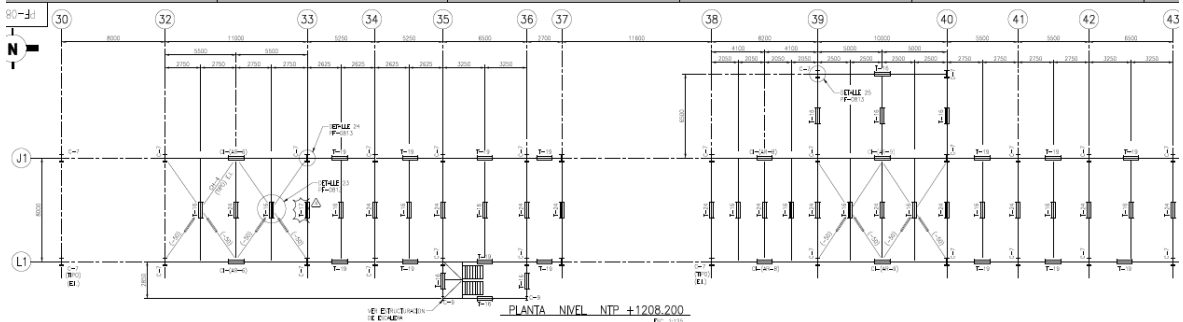
### AR-7

MARCA	PERFIL	PESO k/m	d	bf	tf	tw
C.S.	 IR.-305	52.2	318	167	13.2	7.6
C.I.	 IR.-305	52.2	318	167	13.2	7.6
D	 U.-64x10	11.16	/	/	/	/
M	 IR.-152	24	160	102	10.3	6.6

### NOMENCLATURA

C.S.	CUERDA SUPERIOR
C.I.	CUERDA INFERIOR
AR	ARMADURA
PB	PLACA BASE
D	DIAGONAL
M	MONTANTE
NPT	NIVEL PISO TERMINADO
NTP	NIVEL TOPE DE PERFIL
NDE	NIVEL DESPLANTE DE ESTRUCTURA
C	COLUMNA
T	TRABE
CH	CONTRAVENTO HORIZONTAL

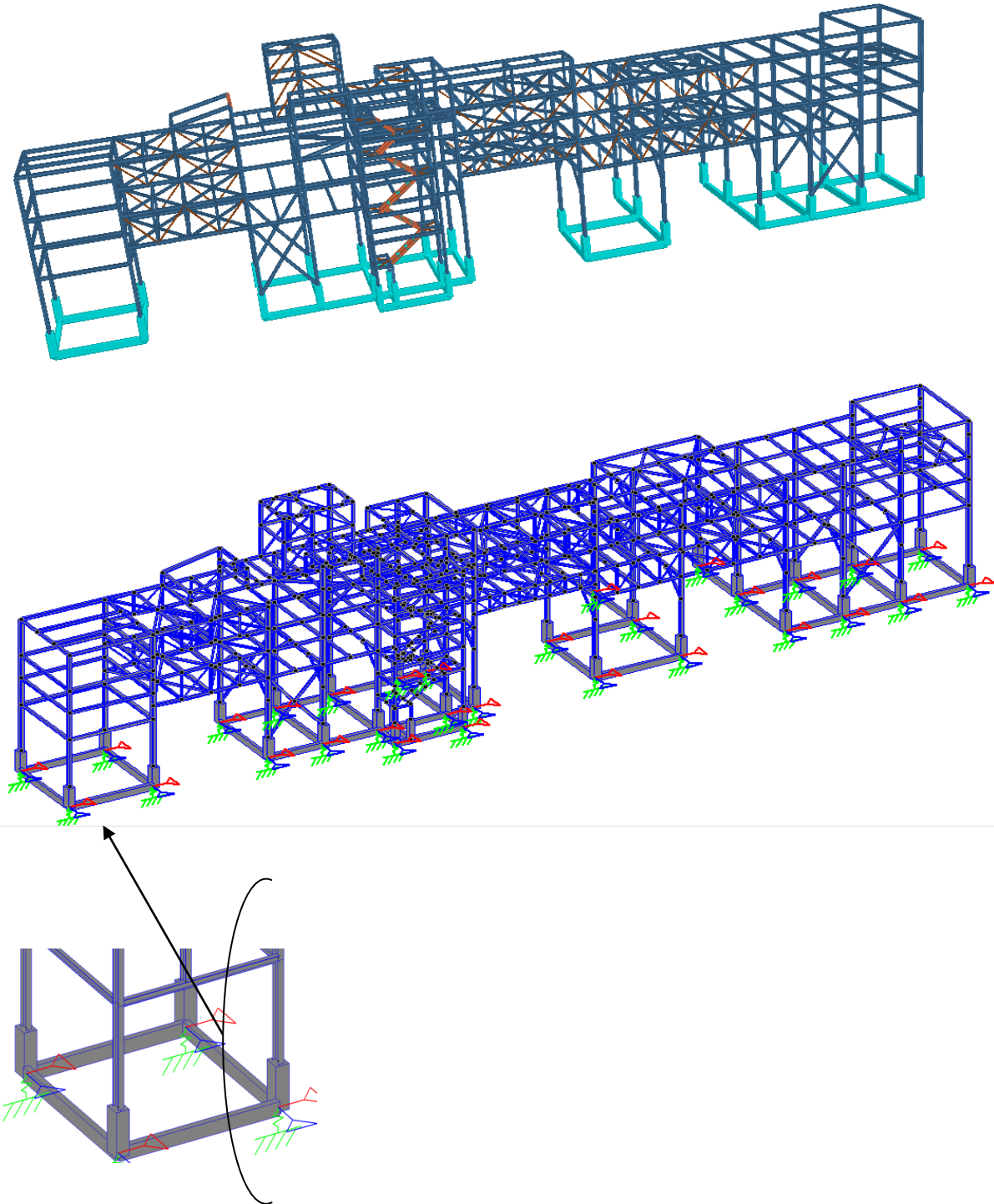
# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES



## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

Se procede a asignar a cada elemento barra su sección correspondiente la Imagen 3.7 muestra el resultado de este proceso.



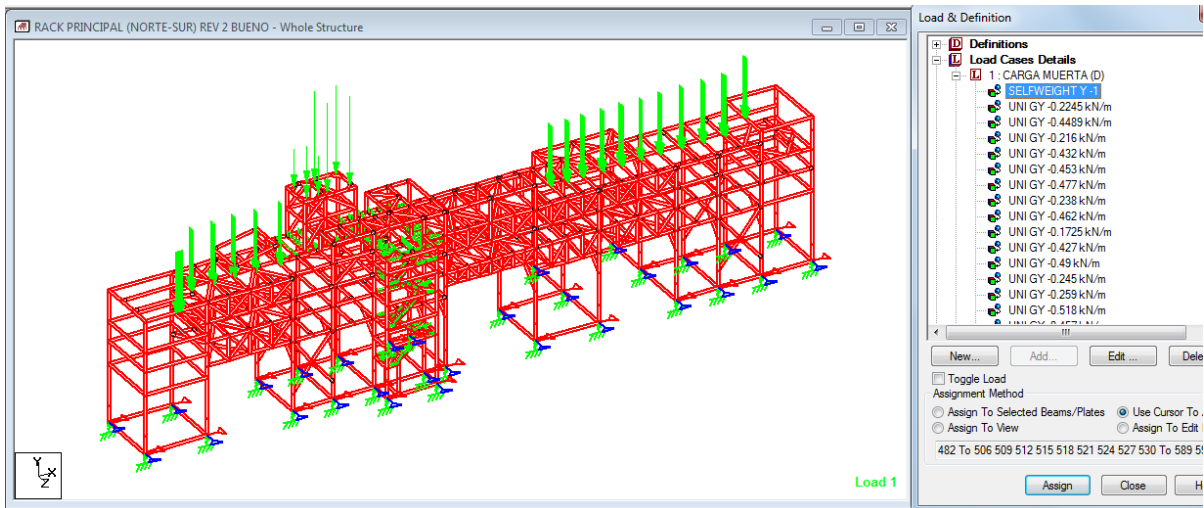
*Imagen 3.7 Perspectiva del modelo con las secciones y materiales asignados a cada elemento*

## 3.2. Obtención de fuerzas gravitacionales.

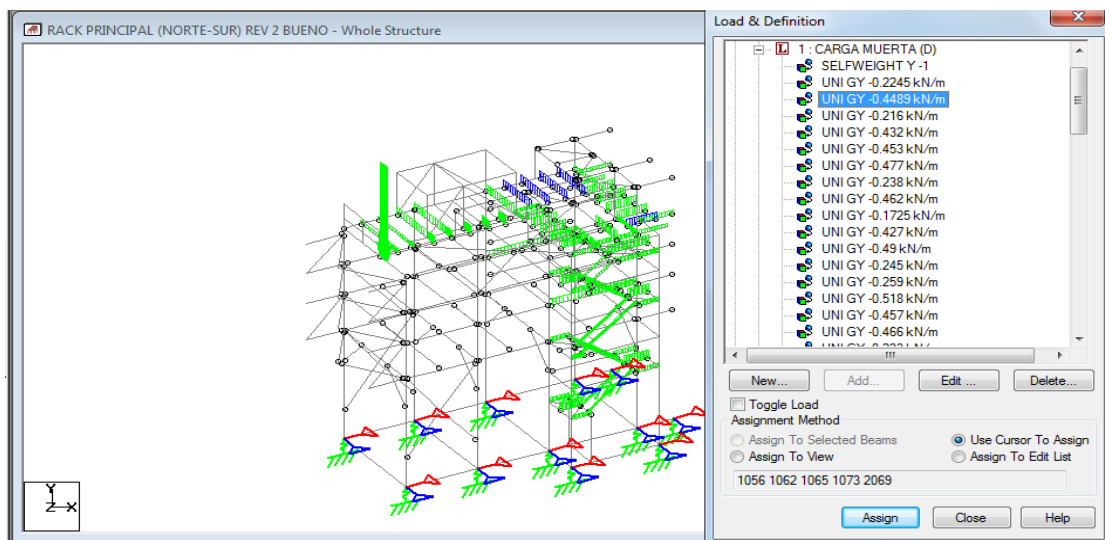
### • Carga muerta de la estructura

Se considera el peso propio de la estructura, el programa STAAD.Pro lo considera directamente, la densidad para el acero estructural es de  $7.85 \text{ ton/m}^3$  y para el concreto reforzado es de  $2.4 \text{ ton/m}^3$ .

En el modelo analítico se aplica el peso de la estructura con el comando "selfweight".



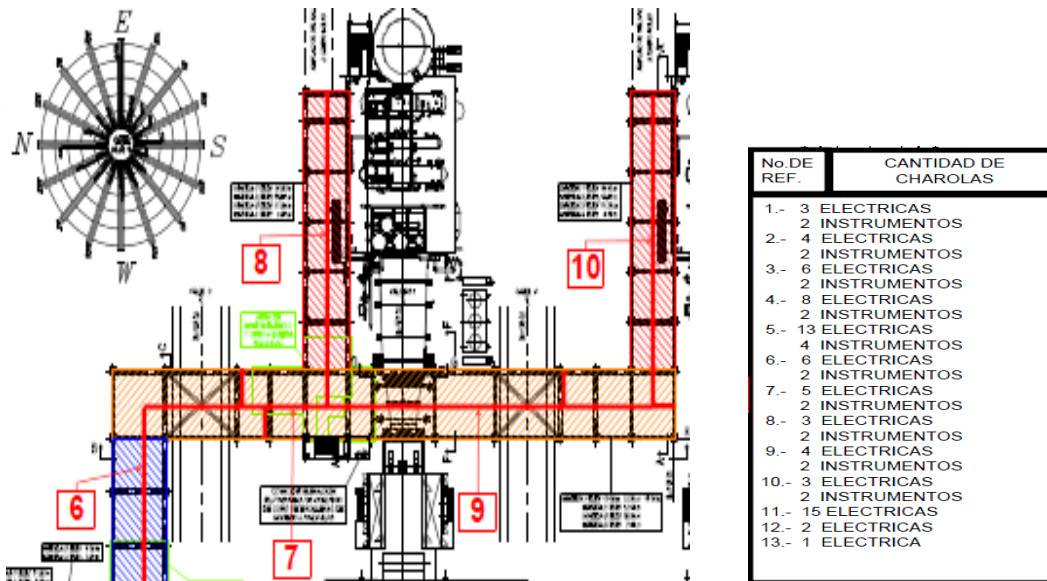
Para las plataformas además del peso propio de los elementos, se considera rejilla Irving IS-05 4.8x25.4 con un peso de  $35,2 \text{ kg/m} = 0,345 \text{ KN/m}$



## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

### • Carga por charolas de cableado de instrumentación y eléctrico

Se considera por información eléctrica e instrumentación que se colocan sobre el Rack de Tuberías Principal Norte-Sur 7 camas de charolas para cableado a lo largo de sus 86 m de longitud y se ubican en el nivel 11.20m, cinco charolas sobre el eje "A" y cinco charolas más sobre el eje "B" con el acomodo mostrado en la Imagen 3.9

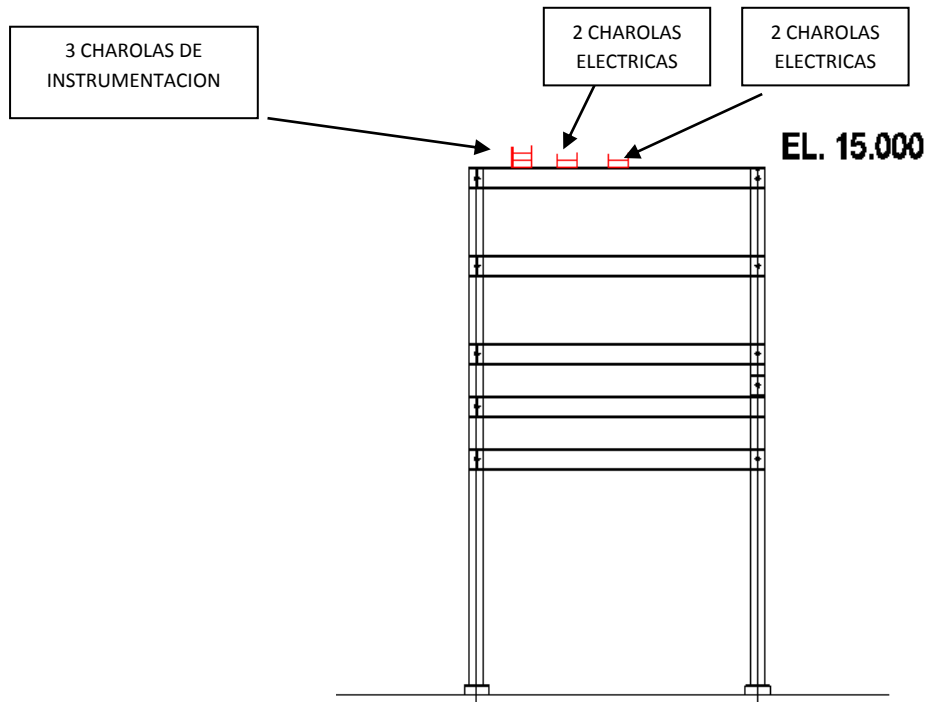


*Imagen 3.9 Acomodo de charolas sobre el Rack de Tuberías  
(Fuente: Plano de proyecto CFE-PM27005-SRPM3-PM-0152 Rev. 0)*

El peso de cada una de estas charolas con su correspondiente soporte es de 120 kg/m para charolas eléctricas y de 130 kg/m para charolas de instrumentación.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Calculando el siguiente arreglo:



Se colocan soportes intermedios entre los marcos:

Ejemplo:

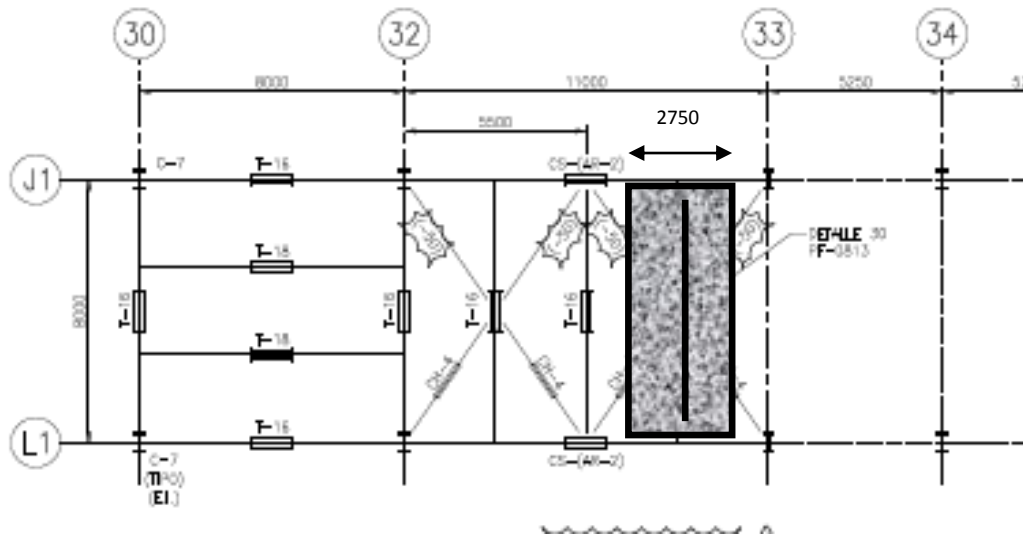


Imagen 3.10 Aplicación de cargas por charolas, las cargas son aplicadas en marcos principales y en largueros intermedios del Nivel +11.20



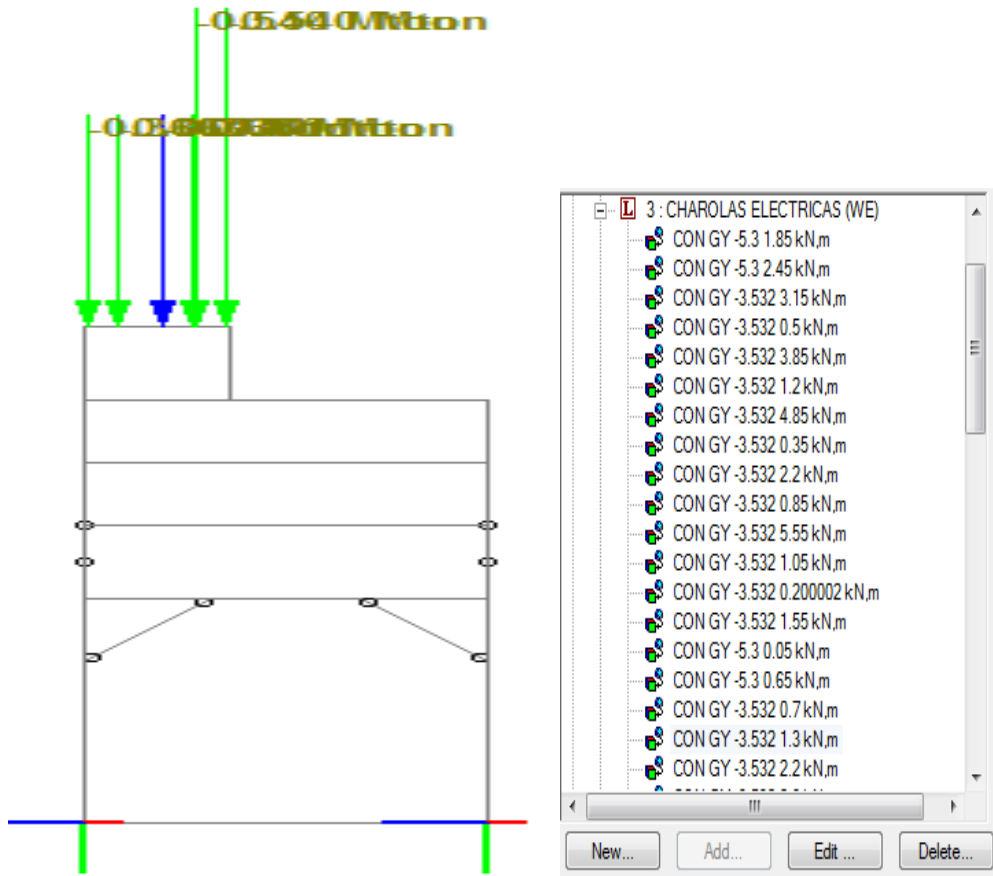
## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Considerando el arreglo anterior se tiene lo siguiente:

$W = (W_{CH} \times \text{No de charolas} \times \text{Long.}) / \text{No de apoyo del soporte}$

$W = (120 \times 2 \times 2.75) / 2 = 330 \text{ kg} = 3.237 \text{ KN por soporte.}$

De esta forma se calculan todas las cargas puntuales.



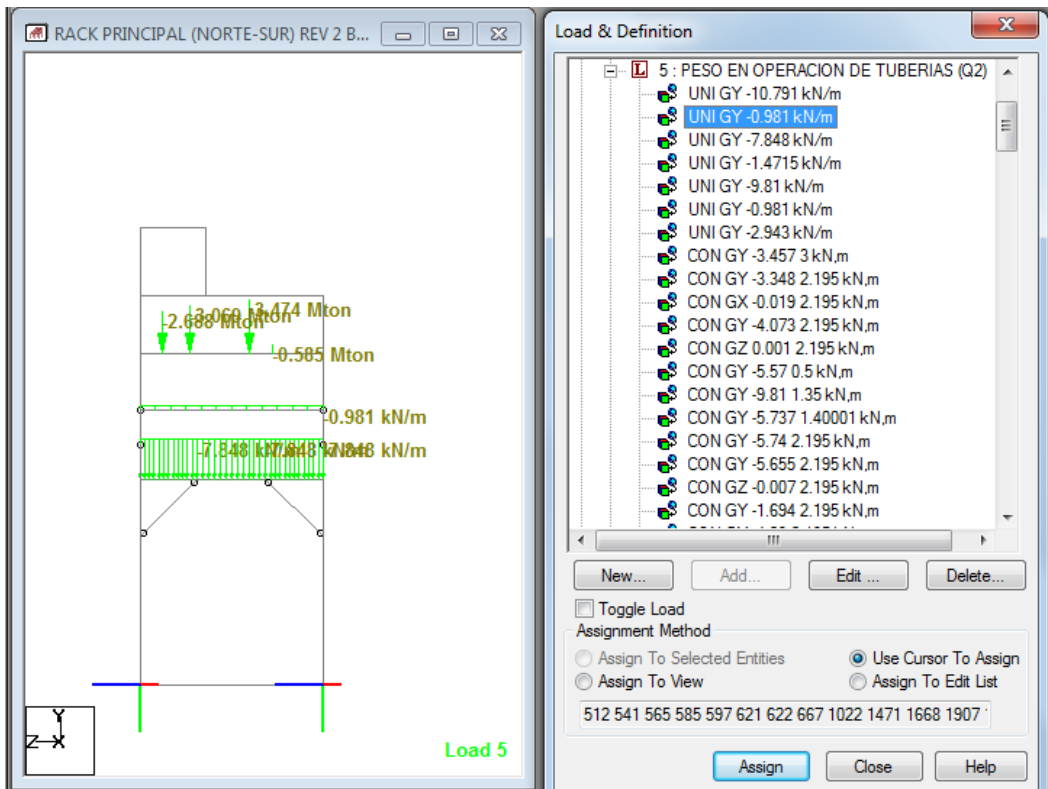
- **Cargas por tuberías válvulas y equipos**

Como se ha mencionado la disciplina de tuberías proporciona las cargas que actúan sobre la estructura del Rack considerando el peso propio de las tuberías y equipos que se apoyen, estas cargas son reacciones en los puntos indicados en el anexo de cargas de tuberías.

Ver cargas por flexible en documento No. CFE-PM27005-SRPM3-CC-101 "CARGAS SOBRE RACK DE TUBERIAS PARA OBRA CIVIL" Rev. A2 el cual se anexa a esta tesis.

Para tuberías frías se consideran las cargas que se muestran en el siguiente plano:

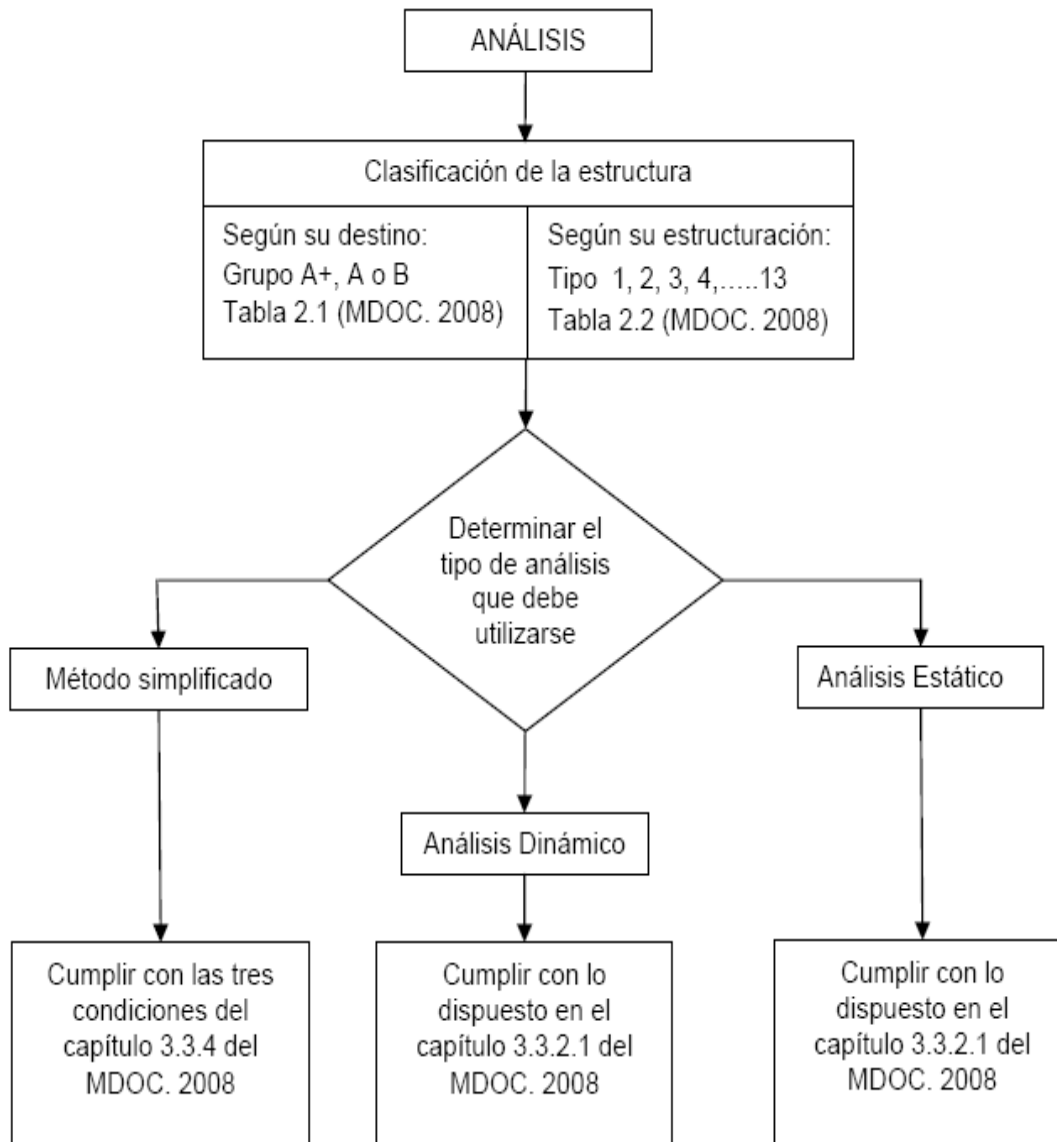
- **CARGAS DE TUBERIAS SOBRE RACK PRINCIPAL Y RACK TREN 1 Y 2**  
Rev. 0 VER ANEXOS



*Imagen 3.12 Aplicación en el modelo estructural de fuerzas por tuberías*

### 3.3. Obtención de fuerzas sísmicas.

Para la obtención de fuerzas sísmicas se procede de acuerdo al siguiente diagrama de flujo que indica la ruta a seguir para determinar el tipo de análisis a utilizar, basado en el *MDOC CFE DS 2008*.



## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

### • Clasificación de la estructura

Con base a la clasificación indicada en la Tabla 6 extraída del *MDOC CFE DS 2008* se puede determinar que el Rack de Tuberías que se está analizando, se encuentra dentro del grupo A, ya que el proyecto en general se trata de una planta de generación de energía.

GRUPO	DESCRIPCIÓN
<b>A+</b>	Las estructuras de "gran importancia", o del Grupo A+, son estructuras en que se requiere un grado de seguridad extrema. Su falla es inadmisibles porque, si se presenta, conduciría a la pérdida de miles de vidas humanas, a un grave daño ecológico, económico o social, o bien, impediría el desarrollo nacional o cambiaría el rumbo del país. Son estructuras de importancia extrema, como las grandes presas y las plantas nucleares.
<b>A</b>	Estructuras en que se requiere un grado de seguridad alto. Construcciones cuya falla estructural causaría la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales de magnitud intensa o excepcionalmente alta, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o inflamables, así como construcciones cuyo funcionamiento sea esencial a raíz de un sismo. Tal es el caso de puentes principales, sistemas de abastecimiento de agua potable, subestaciones eléctricas, centrales telefónicas, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, monumentos, museos, hospitales, escuelas, estadios, templos, terminales de transporte, salas de espectáculos y hoteles que tengan áreas de reunión que pueden alojar un número elevado de personas, gasolineras, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas y locales que alojen equipo especialmente costoso. Se incluyen también todas aquellas estructuras de plantas de generación de energía eléctrica cuya falla por movimiento sísmico pondría en peligro la operación de la planta, así como las estructuras para la transmisión y distribución de energía eléctrica.
<b>B</b>	Estructuras en que se requiere un grado de seguridad convencional. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría pérdidas moderadas o pondría en peligro otras construcciones de este grupo o del grupo A, tales como naves industriales, locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, hoteles, depósitos y estructuras urbanas o industriales no incluidas en el grupo A, así como muros de retención, bodegas ordinarias y bardas. También se incluyen todas aquellas estructuras de plantas de generación de energía eléctrica que en caso de fallar por temblor no paralizarían el funcionamiento de la planta.

*Tabla 6 Clasificación de las estructuras según su importancia de acuerdo al MDOC CFE DS 2008*

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

Por otro lado, se clasifican las estructuras de acuerdo a su estructuración, en el capítulo 3.2.3 *CLASIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES SEGÚN SU ESTRUCTURACIÓN* del MDOC CFE DS 2008 se enumeran los 13 tipos de estructura que deben considerarse para el diseño sísmico. En este caso la estructura del Rack de Tuberías está dentro del Tipo 1, como se indica en la Imagen 3.13

<b>TIPO 1</b>	Estructuras de edificios: Estructuras comunes tales como edificios urbanos, naves industriales típicas, salas de espectáculos y estructuras semejantes, en que las fuerzas laterales se resisten en cada nivel por marcos continuos contraventeados o no, por diafragmas o muros o por la combinación de estos.
---------------	---

Imagen 3.13 Extracto de la Clasificación de las estructuras según su estructuración (estructuras tipo 1) MDOC CFE DS 2008

### • Elección del tipo de análisis

Para la obtención de fuerzas sísmicas se debe determinar en primera instancia el tipo de análisis que se emplea, considerando que se puede recurrir a tres tipos:

- a) Método simplificado
- b) Análisis estático
- c) Análisis dinámico

De acuerdo al MDOC CFE DS 2008, para la utilización del método simplificado es necesario cumplir con tres condiciones que se describen en el capítulo 3.3.4 *MÉTODO SIMPLIFICADO*, para el caso de la estructura del Rack de Tuberías en cuestión no se cumple con la primera condición establecida es decir que:

*“1. En cada planta, al menos el 75% de las cargas verticales estarán soportadas por muros ligados entre sí mediante losas monolíticas u otros sistemas de piso suficientemente resistentes y rígidos al corte.”*

Por lo que este método queda descartado, ya que el Rack de Tuberías no cuenta con muros ni losas monolíticas que soporten las cargas verticales.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

El método estático, descrito en la sección 3.3.5 *MDOC CFE DS 2008*, es aplicable a edificios regulares cuya altura sea menor o igual que 30 m y estructuras irregulares con altura no mayor de 20 m. Para que una estructura se considere regular, debe cumplir las condiciones descritas en la sección 3.3.2, en caso contrario, se considerará irregular al no cumplir con algunas de las condiciones indicadas en la sección 3.3.2 del MDOC CFE DS 2008 como se puede ver a continuación:

- 1) La distribución en planta de masas, muros y otros elementos resistentes, es sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales. Estos elementos son sensiblemente paralelos a los ejes ortogonales principales del edificio.

Ok cumple.

- 2) La relación entre la altura y la dimensión menor de la base no es mayor que 2.5.

Ok cumple ya que  $8 / 15.50 = 0.516$

- 3) La relación entre largo y ancho de la base no excede de 2.5.

No cumple ya que  $86 / 8 = 10.75$

- 4) En planta no se tienen entrantes ni salientes cuya dimensión exceda 20% de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección en que se considera la entrante o saliente.

No cumple

- 5) En cada nivel se tiene un sistema de techo o piso rígido y resistente.

No cumple

- 6) No se tienen aberturas en los sistemas de techo o piso cuya dimensión exceda 20% de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección en que se considera la abertura. Las áreas huecas no ocasionan asimetrías significativas ni difieren en posición de un piso a otro y el área total de aberturas no excede, en ningún nivel, 20% del área de la planta.

No cumple

La estructura del Rack de Tuberías es irregular y el método estático tampoco es aplicable, por lo que se emplea el método dinámico de análisis modal espectral con espectro de respuesta.

• **Obtención de espectro sísmico transparente**

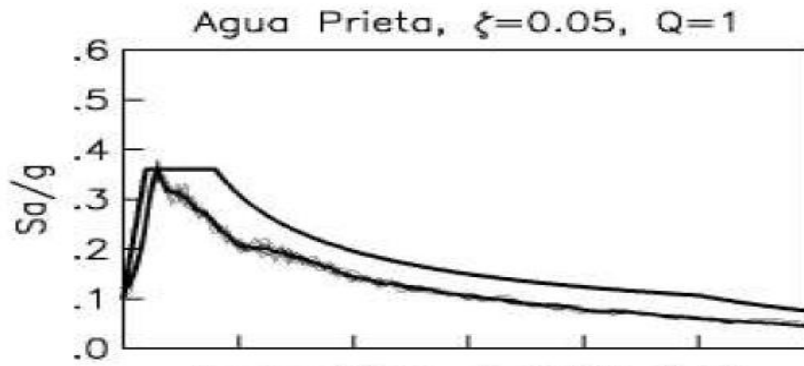
Para el análisis sísmico se utilizará el Espectro de Diseño que proporcione el Estudio CFE-PM27005-SRJC-IN-0010 "ESPECTRO DE DISEÑO SISMICO", que corresponde a la zona donde se localizará la Central de Ciclo Combinado en Agua Prieta Sonora. Se aplicará en sus tres direcciones, considerando la masa de la estructura y las fuerzas gravitacionales como son las cargas muertas por rejilla y las cargas vivas máximas e instantáneas definidas anteriormente. El análisis se hará de acuerdo al MDOC CFE DS 2008.

**Parámetros para el espectro reducido de diseño "Estructuras tipo 1 (Rack)"**

0.1	g	
0.36	g	<i>Aceleración de la meseta</i>
0.1	s	<i>Límite inferior de la meseta</i>
0.4	s	<i>Límite superior de la meseta</i>
2.5	s	<i>Periodo de inicio de la rama descendente en que los desplazamientos tienden al desp. del terreno</i>
1		<i>Relación de amortiguamiento</i>
2		<i>Factor de comportamiento sísmico</i>
Q		<i>Factor reductor por ductilidad</i>
2		<i>Factor de sobrerresistencia</i>
0.667		<i>Factor que controla la caída de la tercera rama</i>
1		<i>Parametro que controla la caída espectral para <math>T_e \geq T_e</math></i>
0.7		<i>Factor correctivo por irregularidad (Capitulo 3.3.2.4)</i>
0.8		<i>Factor por redundancia (Capitulo 3.3.1.4) para dirección transversal del rack</i>
1		<i>Factor por redundancia (Capitulo 3.3.1.4) para dirección transversal del rack</i>

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---



Los efectos en la respuesta tales como desplazamientos y elementos mecánicos, se combinarán empleando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los efectos en las tres direcciones ortogonales:

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2 + S_z^2} \quad (3.27)$$

El espectro presentado es un espectro transparente por reflejar la totalidad del peligro sísmico. Habrá que tomar en cuenta el tipo de estructura, la importancia estructural y para el estado límite de colapso, las reducciones por ductilidad y sobre resistencia para obtención del espectro de diseño en las direcciones X (longitudinal), Y (vertical) y Z (transversal), a continuación, se especifican los parámetros para la construcción del espectro de diseño para las dos direcciones de análisis X, Y y Z utilizados en el diseño del Rack de Tuberías.



**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

**Espectro reducido de diseño con 5% de amortiguamiento para dirección transversal (Z)**

Te (s)	a	P	Q'	R	$\rho$	Te (s)	a'
0.00	0.100		0.70	2.00	0.8	0.00	0.089
0.05	0.230		0.79	2.00	0.8	0.05	0.183
0.10	0.360		0.88	2.00	0.8	0.10	0.257
0.40	0.360	1.000	1.40	2.00	0.8	0.40	0.161
0.50	0.310	1.000	1.40	2.00	0.8	0.50	0.138
0.60	0.275	1.000	1.40	2.00	0.8	0.60	0.123
0.70	0.248	1.000	1.40	2.00	0.8	0.70	0.111
0.80	0.227	1.000	1.40	2.00	0.8	0.80	0.101
0.90	0.210	1.000	1.40	2.00	0.8	0.90	0.094
1.00	0.195	1.000	1.40	2.00	0.8	1.00	0.087
1.50	0.149	1.000	1.40	2.00	0.8	1.50	0.067
2.00	0.123	1.000	1.40	2.00	0.8	2.00	0.055
2.50	0.106	1.000	1.40	2.00	0.8	2.50	0.047
3.00	0.045	1.000	1.40	2.00	0.8	3.00	0.020
3.50	0.022	1.000	1.40	2.00	0.8	3.50	0.010
4.00	0.012	1.000	1.40	2.00	0.8	4.00	0.005
4.50	0.007	1.000	1.40	2.00	0.8	4.50	0.003
5.00	0.004	1.000	1.40	2.00	0.8	5.00	0.002
5.50	0.003	1.000	1.40	2.00	0.8	5.50	0.001
6.00	0.002	1.000	1.40	2.00	0.8	6.00	0.001
6.50	0.001	1.000	1.40	2.00	0.8	6.50	0.001
7.00	0.001	1.000	1.40	2.00	0.8	7.00	0.000

$$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta T_e}{k T_b}}$$

si  $T_e < T_b$

$$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta p}{k}}$$

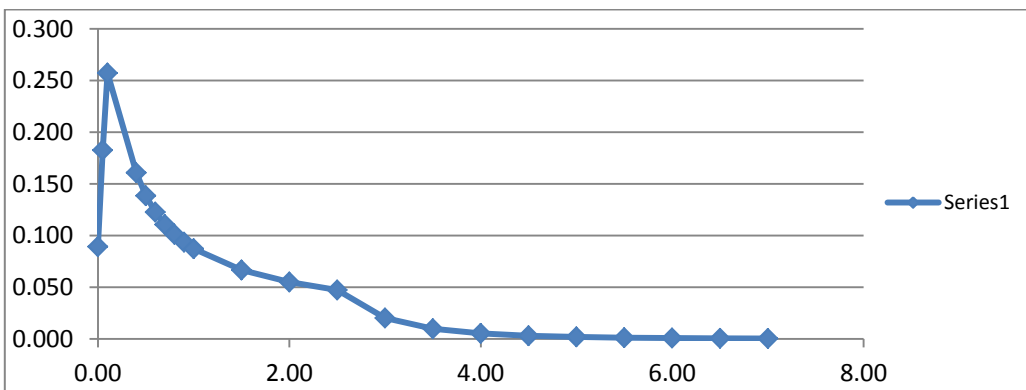
si  $T_e > T_b$

$$p = k + (1 - k) \left( \frac{T_b}{T_e} \right)^2$$

para  $T_e > T_b$

$$R = R_0 + 0.5 \left( 1 - \sqrt{\frac{T_e}{T_a}} \right)$$

si  $T_e \leq T_a$

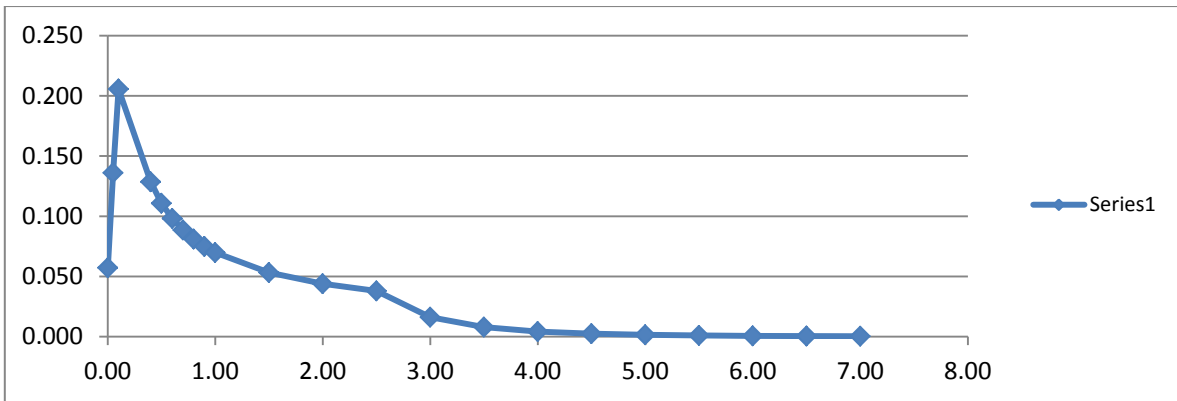


ESPECTRO REDUCIDO DE DISEÑO PARA 5% DE AMORTIGUAMIENTO  
ESTRUCTURAS TIPO 1 (RACK) **Q=2, R=2**

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

**Espectro reducido de diseño con 5% de amortiguamiento para dirección transversal (X)**

Te (s)	a	p	Q'	R	ρ	Te (s)	a'		
0.00	0.100		0.70	2.50	1.0	0.00	0.057		
0.05	0.230		0.79	2.15	1.0	0.05	0.136		
0.10	0.360		0.88	2.00	1.0	0.10	0.206	$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta T_e}{k T_b}}$	si $T_e < T_b$
0.40	0.360	1.000	1.40	2.00	1.0	0.40	0.129		
0.50	0.310	1.000	1.40	2.00	1.0	0.50	0.111		
0.60	0.275	1.000	1.40	2.00	1.0	0.60	0.098		
0.70	0.248	1.000	1.40	2.00	1.0	0.70	0.089		
0.80	0.227	1.000	1.40	2.00	1.0	0.80	0.081	$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta p}{k}}$	si $T_e > T_b$
0.90	0.210	1.000	1.40	2.00	1.0	0.90	0.075		
1.00	0.195	1.000	1.40	2.00	1.0	1.00	0.070		
1.50	0.149	1.000	1.40	2.00	1.0	1.50	0.053		
2.00	0.123	1.000	1.40	2.00	1.0	2.00	0.044		
2.50	0.106	1.000	1.40	2.00	1.0	2.50	0.038	$p = k + (1 - k) \left( \frac{T_b}{T_e} \right)^2$	para $T_e > T_b$
3.00	0.045	1.000	1.40	2.00	1.0	3.00	0.016		
3.50	0.022	1.000	1.40	2.00	1.0	3.50	0.008		
4.00	0.012	1.000	1.40	2.00	1.0	4.00	0.004		
4.50	0.007	1.000	1.40	2.00	1.0	4.50	0.002		
5.00	0.004	1.000	1.40	2.00	1.0	5.00	0.001	$R = R_0 + 0.5 \left( 1 - \sqrt{\frac{T_e}{T_a}} \right)$	si $T_e \leq T_a$
5.50	0.003	1.000	1.40	2.00	1.0	5.50	0.001		
6.00	0.002	1.000	1.40	2.00	1.0	6.00	0.001		
6.50	0.001	1.000	1.40	2.00	1.0	6.50	0.000		
7.00	0.001	1.000	1.40	2.00	1.0	7.00	0.000		



ESPECTRO REDUCIDO DE DISEÑO PARA 5% DE AMORTIGUAMIENTO  
ESTRUCTURAS TIPO 1 (RACK)

**Q=2, R=2**

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

El componente vertical se tomará como  $1.4(0.05/T_v)^{2/3}$  de la componente horizontal mayor para  $T_v \geq 0.05s$  y 1.4 para  $T_v < 0.05s$ , donde  $T_v$  es el periodo fundamental estimado de la estructura en la dirección vertical. La acción de la componente vertical podrá despreciarse para estructuras desplantadas en suelos blandos y localizados a más de 80 km de una falla activa.

Para nuestro caso:

$T_v = 0.27821$  seg. (ver obtención del periodo en el capítulo 4)

Por lo tanto: Factor = 0.45

**Espectro reducido de diseño con 5% de amortiguamiento para dirección vertical (Y)**

Te (s)	a	p	Q'	R	$\rho$	Te (s)	a'	a'
0.00	0.100		0.70	2.50	0.8	0.00	0.071	0.0318
0.05	0.230		0.79	2.15	0.8	0.05	0.170	0.0758
0.10	0.360		0.88	2.00	0.8	0.10	0.257	0.1146
0.40	0.360	1.000	1.40	2.00	0.8	0.40	0.161	0.0717
0.50	0.310	1.000	1.40	2.00	0.8	0.50	0.138	0.0618
0.60	0.275	1.000	1.40	2.00	0.8	0.60	0.123	0.0547
0.70	0.248	1.000	1.40	2.00	0.8	0.70	0.111	0.0493
0.80	0.227	1.000	1.40	2.00	0.8	0.80	0.101	0.0451
0.90	0.210	1.000	1.40	2.00	0.8	0.90	0.094	0.0417
1.00	0.195	1.000	1.40	2.00	0.8	1.00	0.087	0.0389
1.50	0.149	1.000	1.40	2.00	0.8	1.50	0.067	0.0297
2.00	0.123	1.000	1.40	2.00	0.8	2.00	0.055	0.0245
2.50	0.106	1.000	1.40	2.00	0.8	2.50	0.047	0.0211
3.00	0.045	1.000	1.40	2.00	0.8	3.00	0.020	0.0090
3.50	0.022	1.000	1.40	2.00	0.8	3.50	0.010	0.0044
4.00	0.012	1.000	1.40	2.00	0.8	4.00	0.005	0.0024
4.50	0.007	1.000	1.40	2.00	0.8	4.50	0.003	0.0014
5.00	0.004	1.000	1.40	2.00	0.8	5.00	0.002	0.0008
5.50	0.003	1.000	1.40	2.00	0.8	5.50	0.001	0.0005
6.00	0.002	1.000	1.40	2.00	0.8	6.00	0.001	0.0004
6.50	0.001	1.000	1.40	2.00	0.8	6.50	0.001	0.0002
7.00	0.001	1.000	1.40	2.00	0.8	7.00	0.000	0.0002

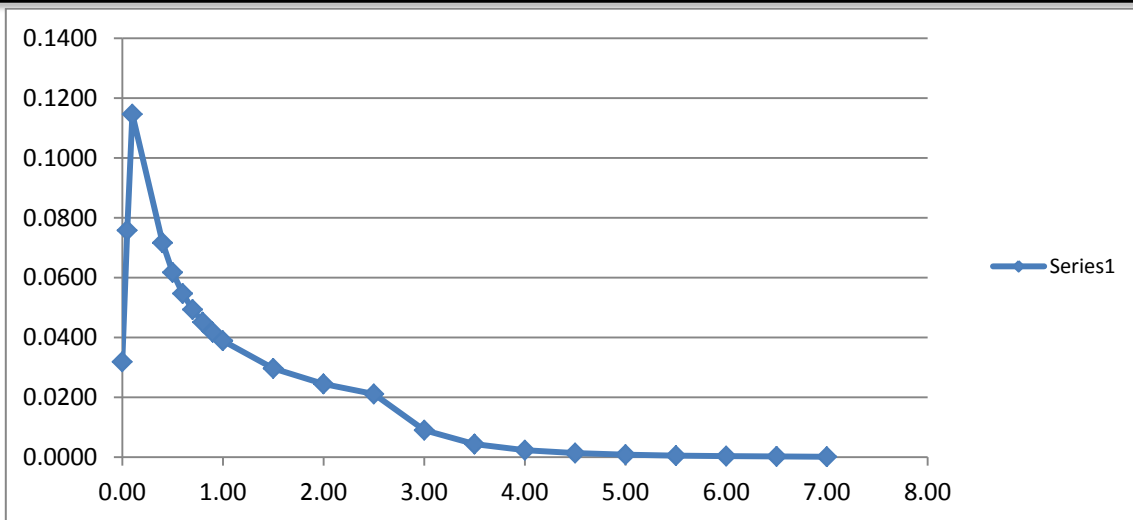
$$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta T_e}{k T_b}} \quad \text{si } T_e < T_b$$

$$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta p}{k}} \quad \text{si } T_e > T_b$$

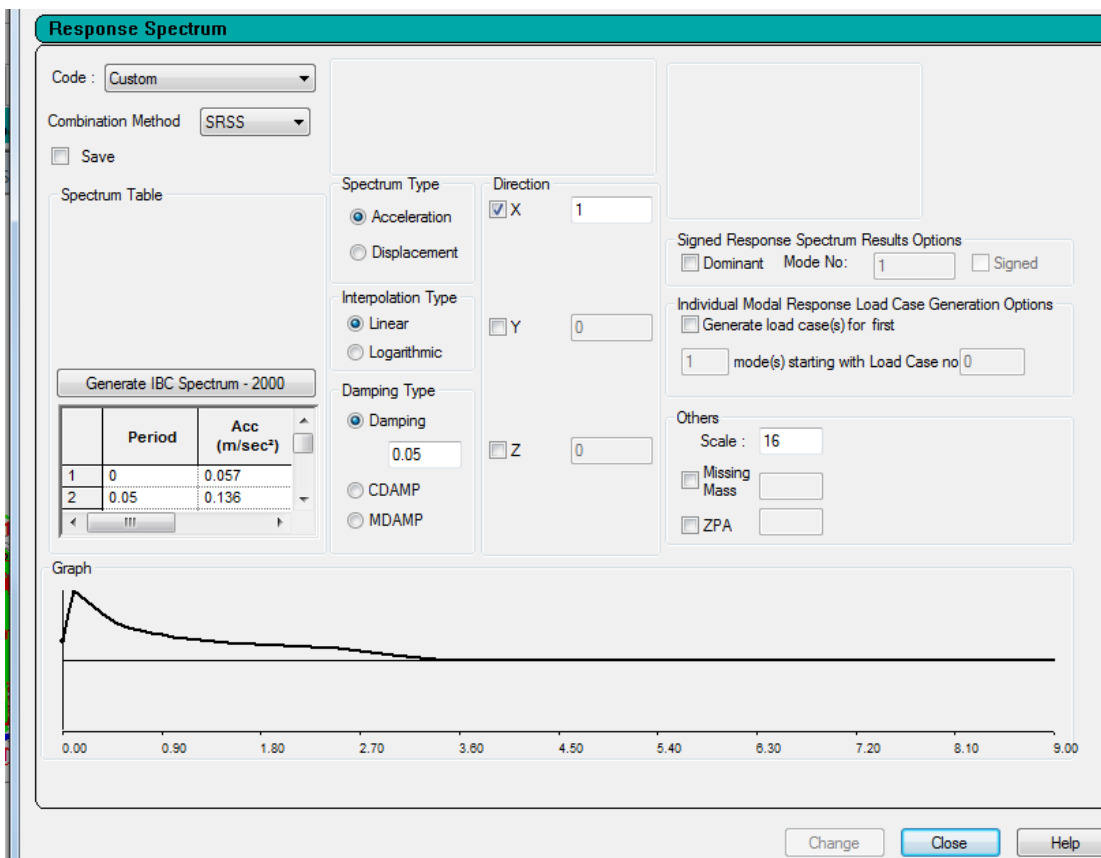
$$p = k + (1 - k) \left( \frac{T_b}{T_e} \right)^2 \quad \text{para } T_e > T_b$$

$$R = R_0 + 0.5 \left( 1 - \sqrt{\frac{T_e}{T_a}} \right) \quad \text{si } T_e \leq T_a$$

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES



Los espectros son incorporados al modelo en sus respectivas direcciones las Imágenes 3.16 y 3.17 muestran el resultado de este proceso.



*Imagen 3.16 Aplicación al modelo analítico del espectro sísmico en dirección X (S<sub>x</sub>)*

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

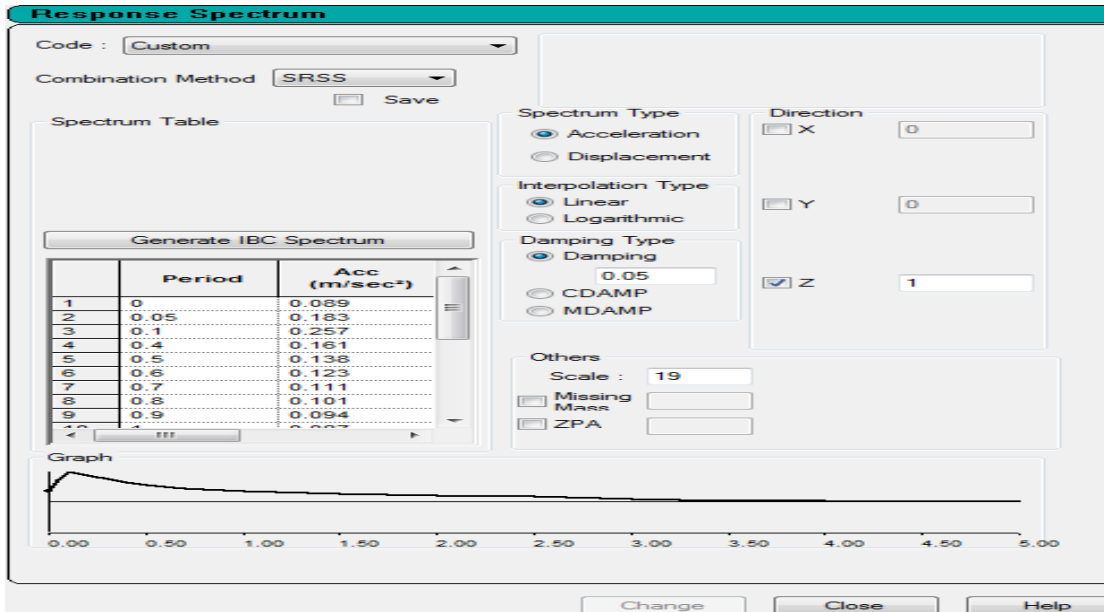


Imagen 3.17 Aplicación al modelo analítico del espectro sísmico en dirección Z ( $S_z$ )

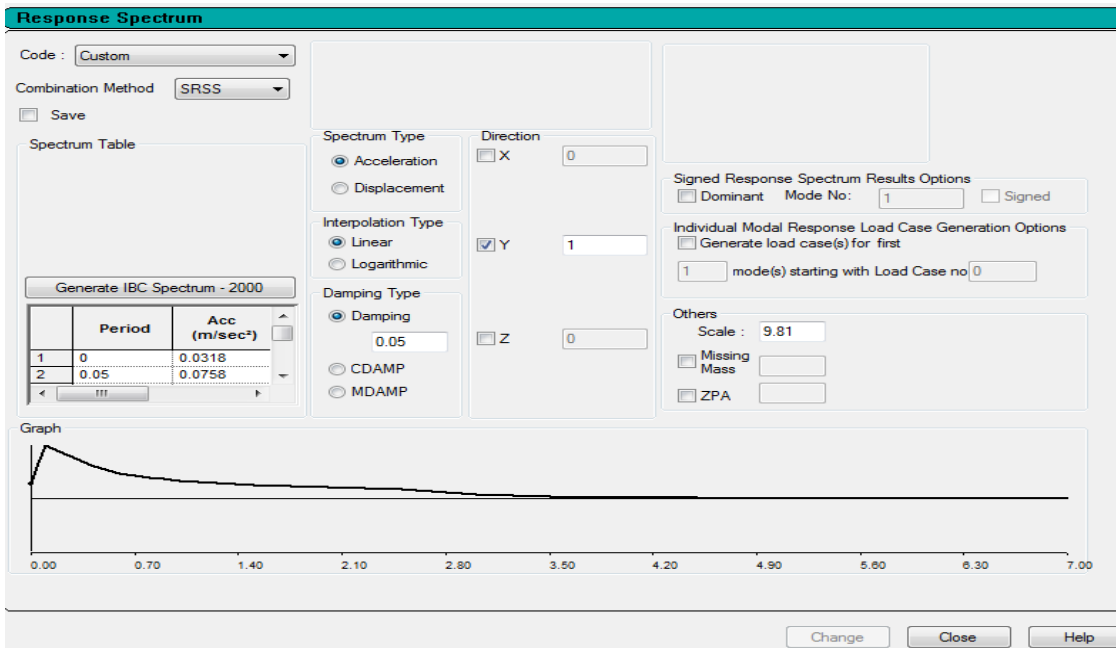


Imagen 3.18 Aplicación al modelo analítico del espectro sísmico en dirección Y ( $S_y$ )

De igual forma que para las fuerzas estáticas existen fuerzas sísmicas transmitidas por tuberías a la estructura del Rack los casos de carga se indican en el anexo correspondiente de la presente tesis.

**3.4. Obtención de fuerzas por viento.**

Para la obtención de fuerzas por viento se procede de acuerdo al diagrama de flujo mostrado en la Imagen 3.18 y contenido en el *MDOC CFE DV 2008*.

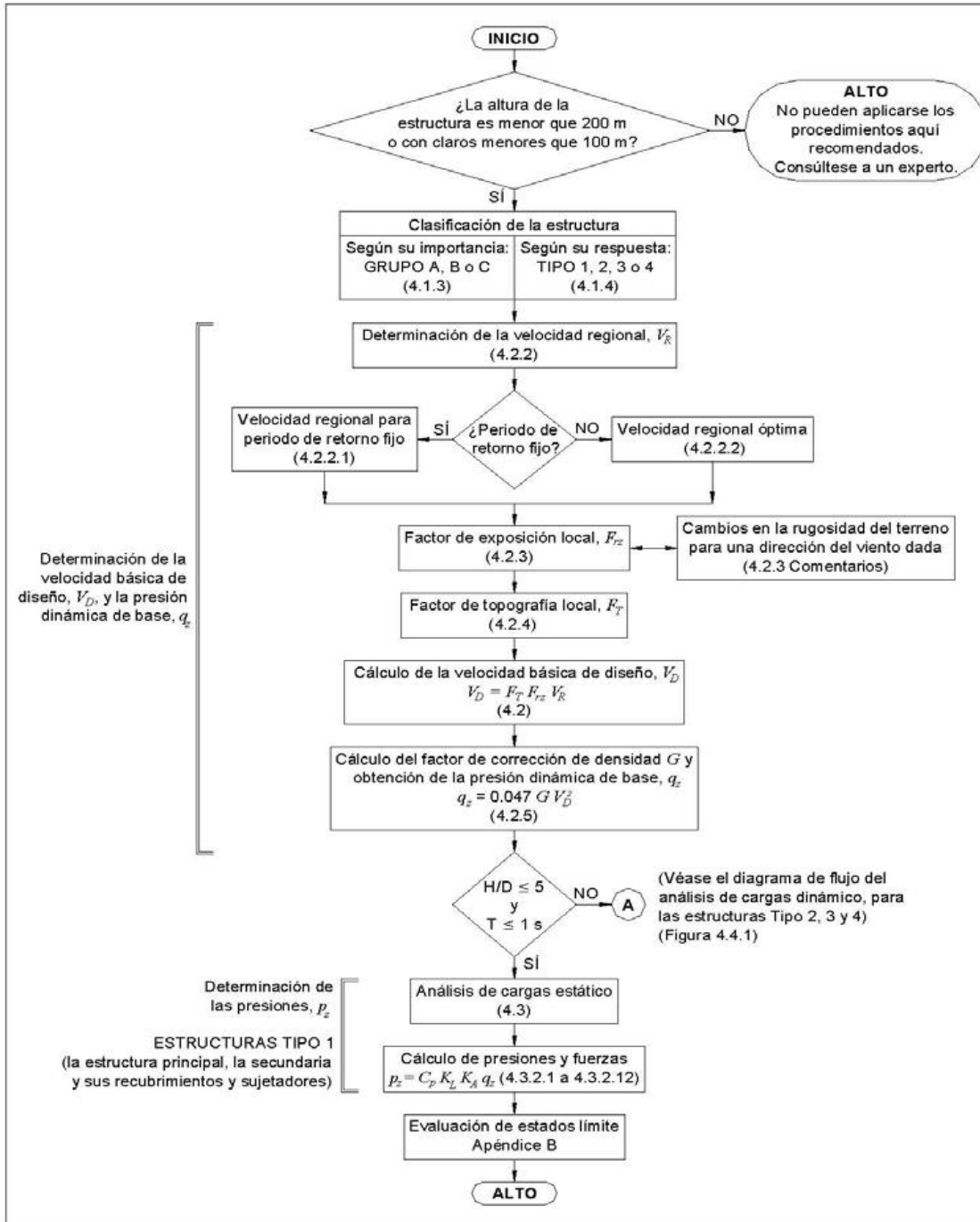


Imagen 3.18 Diagrama de flujo para la obtención de fuerzas por viento.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

Los parámetros que se utilizan para el análisis por viento se definen a continuación:

Altitud = **1200** m.s.n.m.

Estructura según su importancia Grupo: **A** Importancia (pág. 1.4.4 )

Estructura según su respuesta al Viento Tipo: **2** Respuesta (pág. 1.4.7 )

Estructura según su tamaño Clase: **A** Tamaño (Tabla I.2 ) ( pág. 1.4.14)

Categoría del terreno según su rugosidad Categoría: Rugosidad (Tabla I.1 ) ( pág. 1.4.13)

Temperatura media anual **T = 16.9 ° C** (Ver criterios y bases de diseño civil)

Velocidad Regional del Viento, para un periodo de retorno,  $T_r = 200$  años, para estructura del grupo A

VR = 155 km/h

Velocidad Diseño:	$VD = F_T F_a VR$	(Pág. 1.4.12)
Factor de Topografía:	$F_T = 1.00$	( Tabla I.5 )
Factor de Exposición:	$F_a = 1.00$	$F_a = F_c F_r z$
	$F_a = 1.07$	
Factor de Tamaño:	$F_c = 1.00$	(Pág. 1.4.19)
	$F_{rz} = c$	si $z \leq 10$
Factor de Rug. y Altura:	$F_{rz} = c \left( \frac{z}{10} \right)^\alpha$	si $10 < z < \delta$
	$F_{rz} = c \left( \frac{\delta}{10} \right)^\alpha$	si $z \geq \delta$

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

---

---

$Z > 10.00$  m  
 $c = 1.0$   
 $\alpha = 0.128$   
 $\delta = 315.0$  Tabla 4,2,3 (Pág. 4,2,1,11)

Frz = 1.000 Para Z < 10 m.  
Frz = 1.066 Para Z = 16.5 m

$V_D = 155.00$  km/h Para Z < 10 m.

$V_D = 165.26$  km/h Para Z = 16,50 m.

( pag 4,2,1,15)

$G = 0.392 \Omega / ( 273 +T ) = 0.89$  (Factor de correcccion por altura y temperatura)

$659.00$  mmHg Presión Barométrica

$qz = 102.76$  kg/m<sup>2</sup> Para Z < 10 m.

$qz = 116.82$  kg/m<sup>2</sup> Para Z = 16,50 m.

• **Tipo de análisis**

Se aplica el método de análisis estático por viento, donde la fuerza por viento se calcula como la suma de las fuerzas que actúan sobre cada uno de los miembros tomando en cuenta lo especificado en el capítulo 4.3.2.10 del *MDOC CFE DV 2008*. En este caso se considera como una estructura con columnas y vigas abiertas para formar un marco plano de celosía; cada una de estas partes podrá analizarse por separado, a continuación, lo establecido en el capítulo 4.3.2.10 del manual mencionado:



## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

4.3.2.10 Fuerzas en miembros individuales. *La fuerza que el viento ejerce sobre elementos individuales expuestos directamente al flujo del viento, tales como perfiles estructurales, cuya relación de esbeltez ( $L_e/b$ ) sea mayor o igual que 8, se calcula con las ecuaciones en la dirección del flujo del viento:*

$$F_a = K_i K_{re} C_a b L_e q_z \quad (4.3.14)$$

En la dirección de los ejes del elemento:

$$F_x = K_i K_{re} C_{Fx} b_y q_z \quad (4.3.15.a)$$

$$F_y = K_i K_{re} C_{Fy} b_x q_z \quad (4.3.15.b)$$

En donde:

$L_e$  es la longitud del elemento, en m,

$b$  el ancho del elemento, normal al flujo del viento, en m,

$b_x$  el ancho del elemento, en la dirección x, en m,

$b_y$  el ancho del elemento, en la dirección y, en m,

$F_a$  la fuerza de arrastre sobre el elemento en la dirección del viento.

$F_x, F_y$  las fuerzas de arrastre, sobre el elemento en la dirección de los ejes x y y, respectivamente (véanse las Figuras A.1, A.2 y la Tabla A.3 del Apéndice A),

$K_i$  el factor que toma en cuenta el ángulo de inclinación del eje del miembro con respecto a la dirección del viento, adimensional:

$K_i = 1.0$  cuando el viento actúa perpendicularmente al miembro,

$K_i = \text{sen}^2\theta_m$  para miembros con formas cilíndricas,

$K_i = \text{sen}\theta_m$  para miembros prismáticos con aristas agudas, es decir, aquéllos con una relación  $b/r$  mayor que 16,

$\theta_m$  el ángulo entre la dirección del viento y el eje longitudinal del miembro, en grados,

$r$  el radio de las esquinas de la sección transversal de un elemento prismático, en m,

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

$K_{re}$  el factor de corrección por relación de esbeltez para miembros individuales (Tabla A.4 del Apéndice A), adimensional,

$C_a$  el coeficiente de arrastre para un miembro en la dirección del flujo del viento, adimensional (véanse las Tablas A.1 y A.2 del Apéndice A),

$C_{Fx}$ ,  $C_{Fy}$  los coeficientes de arrastre para un miembro en la dirección de los ejes x y y, respectivamente, adimensionales (véanse las Figuras A.1, A.2 y la Tabla A.3 del Apéndice A), y  $q_z$  la presión dinámica de base del viento, de acuerdo con lo especificado en el inciso 4.2.5 y para una altura z igual a la altura en la que se encuentra el punto medio de la longitud del elemento.

Obtención de Fuerza de Arrastre  $F_a$

$$F_a = K_i K_{re} C_a b q_z$$

Dónde:

$K_i = 1$  viento perpendicular al miembro

$K_{re} = 0.8$  Con  $L_e/b > 14$

$C_{ax} = 1.60$  coef. Arrastre sobre almas vigas W

$C_{ax} = 1.9$  coef. Arrastre sobre patín vigas W

$A_z =$  área del elemento

$q_z = 116.82$  kg/m<sup>2</sup>

**VIENTO LONGITUDINAL (X)**

Fuerza de viento en sentido longitudinal del rack

elemento	A frontal (m <sup>2</sup> )	longitud (m)	A solida (m <sup>2</sup> )	Ca	Fa (kg/m)	Fa (KN/m)
W18X86	0.467	30.00	14.01	1.6	69.83	0.69
W12X50	0.313	32.00	10.02	1.6	46.80	0.46

$$\phi = \frac{A_{solidatotal}}{A_{encerrada}} = \frac{0.2}{24.026}$$

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

Fuerza de viento en marcos subsecuentes del rack

separación / ancho= 0.8

elemento	A frontal (m <sup>2</sup> )	φ	Ke		Fa (kg/m)	Fa (KN/m)
W18X86	0.467	0.20	0.8		55.86	0.55
W12X50	0.313	0.20	0.8		37.44	0.37

**VIENTO TRANSVERSAL (Z)**

Fuerza de viento en sentido transversal del rack

elemento	A frontal (m <sup>2</sup> )	longitud (m)	A solida (m <sup>2</sup> )	Ca	Fa (kg/m)	Fa (KN/m)
W18X86	0.281	215.50	60.56	1.9	49.89	0.49
W12X50	0.313	312.20	97.72	1.6	55.58	0.55
W12X50	0.313	57.00	17.84	1.6	55.58	0.55

176.1151

$$\phi = \frac{A_{solidatotal}}{A_{encerrada}} = 0.13$$

Fuerza de viento en marcos subsecuentes del rack

separación / ancho= 0.9

elemento	A frontal (m <sup>2</sup> )	φ	Ke		Fa (kg/m)	Fa (KN/m)
W18x89	0.281	0.13	0.9		44.91	0.44
W12x50	0.313	0.13	0.9		50.02	0.49
W12x50	0.313	0.13	0.9		50.02	0.49

### 3.5. Combinación de fuerzas

De acuerdo al ACI-318-08 y AISC LRFD 3ª Ed. las combinaciones de carga que se usan para el diseño estructural son las especificadas por el ASCE 7-02 para elementos estructurales de Concreto y Acero.

También debe considerarse lo indicado en el *MDOC CFE DS 2008* donde se establece que:

*“Los efectos en la respuesta, tales como desplazamientos y elementos mecánicos, se combinarán empleando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los efectos en las tres direcciones ortogonales:*

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2 + S_z^2}$$

En seguida se definen los casos de carga primaria como sigue:

#### **CONDICIONES BASICAS ( Estas no actúan de manera independiente)**

1.-	_____ D	Carga muerta
2.-	_____ L	Carga viva
3.-	_____ CH	Carga de charolas electricas
4.-	_____ T	Carga Termica
5.-	_____ Q2	Carga por tuberias en Operación
6.-	_____ Q3	Carga hidraulica en tuberias
7.-	_____ Ex	Sismo dirección “X”
8.-	_____ Ez	Sismo dirección “Z”
9.-	_____ Ey	Sismo dirección “Y”
10.-	_____ Wx	Viento dirección “X” , Paralelo a las Generatrices
11.-	_____ Wz	Viento dirección “Z” , Normal a las Generatrices

**COMBINACIONES PARA CARGA DE SERVICIOS**

LOAD COMB 20 (D + CH + Q2) 1.0  
LOAD COMB 21 (D + CH + Q3) 1.0  
LOAD COMB 22 (D + CH + Q2 + L + T) 1.0  
LOAD COMB SRSS 23 (D + CH + Q2 + Lo +SISMO) 1.0  
LOAD COMB SRSS 24 (D + CH + Q2 + Lo -SISMO) 1.0  
LOAD COMB 25 (D + CH + Q2 + WX) 1.0  
LOAD COMB 26 (D + CH + Q2 - WX) 1.0  
LOAD COMB 27 (D + CH + Q2 + WZ) 1.0  
LOAD COMB 28 (D + CH + Q2 - WZ) 1.0

**COMBINACIONES PARA DISEÑO DE CONCRETO**

LOAD COMB 30 (D + CH + Q2) 1.4  
LOAD COMB 31 (D + CH + Q3) 1.4  
LOAD COMB 32 1.2 D + 1.2 CH + 1.2 Q2 + 1.6 L + 1.6 T  
LOAD COMB SRSS 33 1.2(D + CH + Q2) + Lo + 1.4 SISMO  
LOAD COMB SRSS 34 1.2(D + CH + Q2) + Lo - 1.4 SISMO  
LOAD COMB 35 1.2 (D + CH + Q2) + L + 1.3 WX  
LOAD COMB 36 1.2 (D + CH + Q2)+ L - 1.3 WX  
LOAD COMB 37 1.2 (D + CH + Q2) + L + 1.3 WZ  
LOAD COMB 38 1.2 (D + CH + Q2)+ L - 1.3 WZ

**COMBINACIONES PARA DISEÑO DE ACERO**

LOAD COMB 40 (D + CH + Q2) 1.4  
LOAD COMB 41 (D + CH + Q3) 1.4  
LOAD COMB 42 1.2 D + 1.2 CH + 1.2 Q2 + 1.6 L + 1.6 T  
LOAD COMB SRSS 43 1.2(D + CH + Q2) + Lo + 1.5 SISMO  
LOAD COMB SRSS 44 1.2(D + CH + Q2) + Lo - 1.5 SISMO  
LOAD COMB 45 1.2 (D + CH + Q2) + L + 1.3 WX  
LOAD COMB 46 1.2 (D + CH + Q2)+ L - 1.3 WX  
LOAD COMB 47 1.2 (D + CH + Q2) + L + 1.3 WZ  
LOAD COMB 48 1.2 (D + CH + Q2)+ L - 1.3 WZ

#### **4.0 Análisis estructural (resultados) mediante software comercial.**

Antes de proceder con la revisión de desplazamientos y el diseño de los miembros del Rack de Tuberías es indispensable hacer una revisión por cortante basal de la estructura, de acuerdo a lo indicado en el capítulo 3.3.6.3 *Revisión por cortante basal* del MDOC CFE DS 2008, a continuación, se incorpora un fragmento del capítulo mencionado.

##### **3.3.6.3 Revisión por cortante basal**

*Si con el método de análisis dinámico que se haya aplicado se encuentra que, en la dirección que se considera, la relación  $V/W$  es menor que  $0.8a(\beta)/Q'R_p$  ó  $0.8a(\beta)Acd/Q'R_p$  para estructuras con comportamiento histerético degradante ubicadas en suelos blandos, según sea el caso, se incrementarán todas las fuerzas de diseño y los desplazamientos laterales correspondientes en una proporción tal que  $V/W$  iguale a este valor.*

*Esta condición implica que la fuerza cortante basal de diseño no puede ser menor que 80% de la que suministraría un análisis estático tomando en cuenta el periodo fundamental de la estructura. Sin embargo, en ningún caso el cortante será menor que  $a_0W_{tot}$ , donde  $a_0$  es la aceleración máxima del terreno normalizada con la aceleración de la gravedad, (ecuación 1.13 de la sección 3.1) y  $W_{tot}$  es el peso total de la construcción.”*

Del modelo se obtuvo un peso propio total  $W_{tot} = 759.738$  ton que se utiliza para la revisión por cortante basal, junto con los resultados obtenidos de periodo estructural y cortante dinámico de la corrida del modelo estructural.

Node	L/C	Force-X Mton	Force-Y Mton	Force-Z Mton	Moment-X MTon-m	Moment-Y MTon-m	Moment-Z MTon-m
1095	1	-0.060	16.831	-0.335	0.000	0.000	0.000
	2	0.007	2.148	0.019	0.000	0.000	0.000
	3	0.057	4.146	-0.017	0.000	0.000	0.000
	4	0.044	0.107	1.040	0.000	0.008	0.000
	5	0.349	19.860	0.164	0.000	0.000	0.000
1096	1	0.316	12.329	-0.345	0.000	-0.001	0.000
	2	0.007	0.655	0.008	0.000	0.000	0.000
	3	0.060	2.646	0.006	0.000	-0.001	0.000
	4	0.087	4.430	0.338	0.000	-0.001	0.000
	5	0.221	9.332	0.011	0.000	0.000	0.000
1097	1	-0.040	17.187	0.403	0.000	0.000	0.000
	2	0.019	1.912	0.019	0.000	0.000	0.000
	3	0.093	3.496	-0.017	0.000	0.000	0.000
	4	-0.175	-1.322	1.039	0.000	0.008	0.000
	5	0.298	17.986	0.099	0.000	0.000	0.000

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

Node	L/C	Force-X Mton	Force-Y Mton	Force-Z Mton	Moment-X MTon-m	Moment-Y MTon-m	Moment-Z MTon-m
1098	1	0.338	12.120	0.373	0.000	-0.001	0.000
	2	0.021	0.135	0.008	0.000	0.000	0.000
	3	0.093	0.866	0.007	0.000	-0.001	0.000
	4	-0.180	-0.386	0.338	0.000	-0.001	0.000
	5	0.186	9.056	0.012	0.000	0.000	0.000
1099	1	0.076	16.233	-0.385	0.000	0.000	0.000
	2	-0.275	3.076	-0.030	0.000	0.000	0.000
	3	-0.003	3.973	0.032	0.000	0.000	0.000
	4	-0.170	2.478	-0.539	0.000	0.013	0.000
	5	-0.788	12.566	-0.580	0.000	0.000	0.000
1100	1	0.521	17.553	0.351	0.000	0.000	0.000
	2	0.300	3.714	-0.021	0.000	0.000	0.000
	3	-0.032	3.163	0.043	0.000	0.000	0.000
	4	0.023	1.258	-0.536	0.000	0.013	0.000
	5	-0.193	12.699	0.506	0.000	0.000	0.000
1101	1	-0.699	15.669	-0.173	0.000	0.000	0.000
	2	0.884	3.733	-0.007	0.000	0.000	0.000
	3	-0.191	3.433	0.143	0.000	0.000	0.000
	4	1.427	-2.262	1.321	0.000	0.013	0.000
	5	-2.151	11.497	0.043	0.000	0.001	0.000
1102	1	-0.075	17.331	0.550	0.000	0.000	0.000
	2	0.794	4.664	0.011	0.000	0.000	0.000
	3	-0.056	2.420	0.154	0.000	0.000	0.000
	4	-0.595	5.301	1.319	0.000	0.013	0.000
	5	0.118	12.742	1.200	0.000	0.001	0.000
1103	1	0.115	16.985	-0.524	0.000	-0.008	0.000
	2	0.475	11.390	0.016	0.000	0.308	0.000
	3	-0.011	3.247	-0.091	0.000	0.055	0.000
	4	0.219	1.114	1.164	0.000	-0.021	0.000
	5	-0.363	9.462	-0.899	0.000	0.141	0.000
1104	1	0.033	18.831	0.593	0.000	0.000	0.000
	2	0.077	9.179	0.380	0.000	0.001	0.000
	3	0.045	3.028	0.149	0.000	0.000	0.000
	4	-0.031	6.316	0.773	0.000	0.015	0.000
	5	0.028	18.446	0.590	0.000	0.000	0.000
1105	1	-0.131	14.940	-0.378	0.000	-0.003	0.000
	2	-0.419	9.454	-0.042	0.000	-0.061	0.000
	3	0.064	3.436	-0.127	0.000	-0.012	0.000
	4	0.547	1.463	0.328	0.000	0.017	0.000
	5	0.105	7.976	-0.668	0.000	-0.029	0.000
Node	L/C	Force-X	Force-Y	Force-Z	Moment-X	Moment-Y	Moment-Z MTon-

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

		Mton	Mton	Mton	MTon-m	MTon-m	m
1106	1	-0.043	16.911	0.614	0.000	0.000	0.000
	2	-0.150	9.045	0.209	0.000	-0.001	0.000
	3	-0.016	4.155	0.098	0.000	0.000	0.000
	4	-0.349	2.009	0.643	0.000	0.015	0.000
	5	-0.065	15.287	0.801	0.000	0.000	0.000
1107	1	0.009	15.703	-0.425	0.000	-0.002	0.000
	2	-0.226	3.880	-0.005	0.000	-0.003	0.000
	3	0.051	4.603	-0.032	0.000	0.000	0.000
	4	0.393	11.287	-4.122	0.000	0.020	0.000
	5	0.097	12.722	-0.028	0.000	-0.003	0.000
1108	1	-0.060	15.637	0.319	0.000	0.002	0.000
	2	-0.201	3.647	0.007	0.000	0.001	0.000
	3	-0.051	2.420	-0.012	0.000	0.000	0.000
	4	-0.500	-10.867	-4.099	0.000	0.023	0.000
	5	-0.173	13.182	0.103	0.000	0.008	0.000
1109	1	0.120	19.325	-0.314	0.000	0.000	0.000
	2	0.005	1.648	-0.002	0.000	0.000	0.000
	3	-0.019	5.818	0.015	0.000	-0.001	0.000
	4	-0.099	12.105	-5.944	0.000	0.013	0.000
	5	0.014	16.641	-0.512	0.000	0.001	0.000
1110	1	0.113	18.271	0.419	0.000	0.000	0.000
	2	-0.009	1.398	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	0.006	3.755	0.028	0.000	-0.001	0.000
	4	0.066	-13.227	-5.946	0.000	0.013	0.000
	5	-0.008	17.640	0.355	0.000	0.001	0.000
1111	1	-0.113	19.217	-0.765	0.000	0.000	0.000
	2	-0.010	2.102	-0.035	0.000	0.000	0.000
	3	-0.010	5.064	-0.172	0.000	-0.001	0.000
	4	-0.059	0.428	3.515	0.000	0.014	0.000
	5	-0.011	15.047	-1.165	0.000	0.001	0.000
1112	1	-0.113	17.595	0.217	0.000	0.000	0.000
	2	-0.020	1.344	0.016	0.000	0.000	0.000
	3	0.013	3.839	0.010	0.000	0.000	0.000
	4	0.035	-4.387	4.430	0.000	0.013	0.000
	5	-0.022	16.537	0.604	0.000	0.000	0.000
1113	1	-0.036	17.082	-0.754	0.000	0.000	0.000
	2	-0.042	2.186	-0.052	0.000	0.000	0.000
	3	-0.034	3.874	-0.177	0.000	0.000	0.000
	4	0.231	-3.150	0.721	0.000	0.015	0.000
	5	-0.071	13.582	-0.801	0.000	0.002	0.000
Node	L/C	Force-X	Force-Y	Force-Z	Moment-X	Moment-Y	Moment-Z MTon-



**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

		Mton	Mton	Mton	MTon-m	MTon-m	m
1114	1	-0.011	15.464	0.037	0.000	0.000	0.000
	2	-0.036	1.359	-0.011	0.000	0.000	0.000
	3	0.010	3.257	-0.005	0.000	0.000	0.000
	4	-0.103	-0.114	1.366	0.000	0.013	0.000
	5	-0.057	10.079	0.369	0.000	0.001	0.000
1115	1	-0.111	14.156	-0.355	0.000	0.000	0.000
	2	-0.286	0.977	-0.001	0.000	0.000	0.000
	3	-0.141	2.035	-0.004	0.000	0.000	0.000
	4	0.618	3.720	-0.336	0.000	0.014	0.000
	5	0.738	9.377	-0.416	0.000	0.002	0.000
1116	1	0.087	14.098	0.355	0.000	0.000	0.000
	2	-0.258	0.692	0.001	0.000	0.000	0.000
	3	0.276	3.160	0.004	0.000	0.000	0.000
	4	-1.394	-1.682	-0.329	0.000	0.014	0.000
	5	1.529	9.662	0.416	0.000	0.002	0.000
1117	1	-0.085	14.019	-0.354	0.000	0.000	0.000
	2	-0.328	1.519	0.004	0.000	0.000	0.000
	3	-0.172	1.712	0.000	0.000	0.000	0.000
	4	-0.157	-2.350	0.008	0.000	0.013	0.000
	5	-0.022	9.534	-0.346	0.000	0.001	0.000
1118	1	-0.027	14.055	0.364	0.000	0.000	0.000
	2	-0.330	1.344	0.008	0.000	0.000	0.000
	3	-0.025	2.746	0.006	0.000	0.000	0.000
	4	-1.077	2.022	0.005	0.000	0.014	0.000
	5	0.618	11.380	0.503	0.000	0.002	0.000
1119	1	-0.128	11.039	-0.293	0.000	0.000	0.000
	2	-0.049	0.285	-0.006	0.000	0.000	0.000
	3	-0.028	0.197	-0.003	0.000	0.000	0.000
	4	0.200	0.232	-0.362	0.000	0.013	0.000
	5	-0.160	2.074	-0.065	0.000	0.000	0.000
1120	1	-0.076	11.485	0.284	0.000	0.000	0.000
	2	-0.033	0.278	-0.006	0.000	0.000	0.000
	3	-0.009	1.562	-0.003	0.000	0.000	0.000
	4	-0.074	2.641	-0.362	0.000	0.014	0.000
	5	-0.089	7.583	-0.092	0.000	0.001	0.000
1121	1	-0.020	10.259	0.743	0.000	-0.002	0.000
	2	0.000	0.225	0.050	0.000	-0.001	0.000
	3	0.001	0.823	0.175	0.000	0.000	0.000
	4	0.000	7.556	1.215	0.000	0.007	0.000
	5	-0.003	7.386	0.725	0.000	-0.001	0.000
Node	L/C	Force-X Mton	Force-Y Mton	Force-Z Mton	Moment-X MTon-m	Moment-Y MTon-m	Moment-Z m

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

1181	1	0.257	14.173	-0.488	0.000	-0.002	0.000
	2	0.248	10.169	-0.420	0.000	0.296	0.000
	3	0.019	2.324	-0.245	0.000	0.055	0.000
	4	0.685	-1.955	0.552	0.000	-0.036	0.000
	5	-0.127	5.331	-0.859	0.000	0.145	0.000
1182	1	-0.169	12.057	-0.256	0.000	-0.001	0.000
	2	-0.160	8.334	-0.149	0.000	-0.060	0.000
	3	0.011	2.324	-0.133	0.000	-0.012	0.000
	4	0.363	-0.639	-0.105	0.000	0.010	0.000
	5	-0.045	3.894	-0.420	0.000	-0.030	0.000
1298	1	0.011	9.392	0.523	0.000	-0.002	0.000
	2	-0.004	0.204	0.032	0.000	-0.001	0.000
	3	0.001	0.701	0.169	0.000	0.000	0.000
	4	-0.034	2.912	0.867	0.000	0.008	0.000
	5	0.001	2.746	0.257	0.000	-0.003	0.000

Sumando cada una de las combinaciones:

COMBINACIÓN	FACTOR	CARGA
1.- CARGA MUERTA	1.0	455.944 ton
2.- CARGA VIVA	0.5	50.347 ton
3.- CARGA DE CH ELECTR.	1.0	88.224 ton
4.- CARGA TERMICA	1.0	25.037 ton
5.- CARGA POR TUBERIAS	1.0	341.307 ton

TOTAL = 759.738 ton.

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

• **Revisión por cortante basal**

De la tabla de participación de masa mostrada en la Imagen 4.1 se determina el modo fundamental de la estructura y el cortante basal dinámico en dirección X.

MODE	MASS PARTICIPATION FACTORS IN PERCENT						BASE SHEAR IN KN		
	X	Y	Z	SUMM-X	SUMM-Y	SUMM-Z	X	Y	Z
1	0.11	0.01	56.79	0.106	0.011	56.795	0.90	0.00	0.00
2	0.02	0.00	8.41	0.129	0.014	65.210	0.20	0.00	0.00
3	1.57	0.03	0.27	1.698	0.046	65.481	14.82	0.00	0.00
4	78.39	0.00	0.49	80.083	0.050	65.966	759.07	0.00	0.00
5	7.79	0.00	11.31	87.873	0.052	77.274	76.62	0.00	0.00
6	0.00	0.03	4.41	87.874	0.080	81.682	0.00	0.00	0.00
7	0.35	0.00	0.22	88.224	0.080	81.906	3.80	0.00	0.00
8	0.56	0.00	2.05	88.786	0.080	83.952	6.50	0.00	0.00
9	0.01	0.00	0.04	88.792	0.085	83.988	0.07	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.66	88.795	0.088	84.644	0.04	0.00	0.00
190	0.01	0.00	0.00	93.497	99.106	95.233	0.23	0.00	0.00
191	0.00	0.00	0.00	93.500	99.111	95.233	0.08	0.00	0.00
192	0.03	0.02	0.00	93.530	99.134	95.234	0.83	0.00	0.00
193	0.01	0.00	0.00	93.537	99.134	95.234	0.21	0.00	0.00
194	0.00	0.00	0.00	93.538	99.134	95.234	0.01	0.00	0.00
195	0.00	0.00	0.00	93.538	99.134	95.234	0.00	0.00	0.00
196	0.00	0.00	0.00	93.538	99.134	95.236	0.01	0.00	0.00
197	0.02	0.01	0.00	93.557	99.148	95.241	0.53	0.00	0.00
198	0.00	0.02	0.02	93.560	99.165	95.260	0.08	0.00	0.00
199	0.00	0.00	0.00	93.561	99.169	95.262	0.02	0.00	0.00
200	0.02	0.01	0.00	93.577	99.182	95.263	0.43	0.00	0.00
							-----		
TOTAL SRSS SHEAR							763.35	0.00	0.00
TOTAL 10PCT SHEAR							851.30	0.00	0.00
TOTAL ABS SHEAR							958.31	0.00	0.00

*Imagen 4.1 Tabla de participación de masa y cortante dinámico en dirección X resultado de la corrida del modelo estructural*

De lo anterior se establece que en el cuarto modo se tiene un porcentaje de participación de masa del 78.39% por lo que este es el modo fundamental de la estructura en la dirección X, mientras que el cortante basal dinámico es de 763.35 KN como se indica en rojo en la Imagen 4.1.

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

De igual forma procedemos a obtener estos valores para la dirección Z

Obtención de modo fundamental y cortante basal dinámico en dirección Z.

MASS PARTICIPATION FACTORS IN PERCENT							BASE SHEAR IN KN		
MODE	X	Y	Z	SUMM-X	SUMM-Y	SUMM-Z	X	Y	Z
1	0.11	0.01	56.79	0.106	0.011	56.795	0.00	0.00	718.97
2	0.02	0.00	8.41	0.129	0.014	65.210	0.00	0.00	109.87
3	1.57	0.03	0.27	1.698	0.046	65.481	0.00	0.00	3.78
4	78.39	0.00	0.49	80.083	0.050	65.966	0.00	0.00	6.96
5	7.79	0.00	11.31	87.873	0.052	77.274	0.00	0.00	164.90
6	0.00	0.03	4.41	87.874	0.080	81.682	0.00	0.00	66.23
7	0.35	0.00	0.22	88.224	0.080	81.906	0.00	0.00	3.63
8	0.56	0.00	2.05	88.786	0.080	83.952	0.00	0.00	35.20
9	0.01	0.00	0.04	88.792	0.085	83.988	0.00	0.00	0.65
10	0.00	0.00	0.66	88.795	0.088	84.644	0.00	0.00	12.01
190	0.01	0.00	0.00	93.497	99.106	95.233	0.00	0.00	0.01
191	0.00	0.00	0.00	93.500	99.111	95.233	0.00	0.00	0.00
192	0.03	0.02	0.00	93.530	99.134	95.234	0.00	0.00	0.03
193	0.01	0.00	0.00	93.537	99.134	95.234	0.00	0.00	0.00
194	0.00	0.00	0.00	93.538	99.134	95.234	0.00	0.00	0.00
195	0.00	0.00	0.00	93.538	99.134	95.234	0.00	0.00	0.00
196	0.00	0.00	0.00	93.538	99.134	95.236	0.00	0.00	0.10
197	0.02	0.01	0.00	93.557	99.148	95.241	0.00	0.00	0.19
198	0.00	0.02	0.02	93.560	99.165	95.260	0.00	0.00	0.80
199	0.00	0.00	0.00	93.561	99.169	95.262	0.00	0.00	0.08
200	0.02	0.01	0.00	93.577	99.182	95.263	0.00	0.00	0.02
TOTAL SRSS SHEAR							0.00	0.00	752.86
TOTAL 10PCT SHEAR							0.00	0.00	872.49
TOTAL ABS SHEAR							0.00	0.00	1438.02

*Imagen 4.2 Tabla de participación de masa y cortante dinámico en dirección Z resultado de la corrida del modelo estructural*

Para la dirección Z se tiene que en el modo 1 la participación de masa es la mayor con 56.79% y un cortante basal dinámico de 752.86 KN como se indica en la Imagen 4.2.

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

Obtención de modo fundamental y cortante basal dinámico en dirección Y.

MODE	MASS PARTICIPATION FACTORS IN PERCENT						BASE SHEAR IN KN		
	X	Y	Z	SUMM-X	SUMM-Y	SUMM-Z	X	Y	Z
1	0.11	0.01	56.79	0.106	0.011	56.795	0.00	0.04	0.00
2	0.02	0.00	8.41	0.129	0.014	65.210	0.00	0.01	0.00
3	1.57	0.03	0.27	1.698	0.046	65.481	0.00	0.12	0.00
4	78.39	0.00	0.49	80.083	0.050	65.966	0.00	0.02	0.00
5	7.79	0.00	11.31	87.873	0.052	77.274	0.00	0.01	0.00
6	0.00	0.03	4.41	87.874	0.080	81.682	0.00	0.11	0.00
7	0.35	0.00	0.22	88.224	0.080	81.906	0.00	0.00	0.00
8	0.56	0.00	2.05	88.786	0.080	83.952	0.00	0.00	0.00
9	0.01	0.00	0.04	88.792	0.085	83.988	0.00	0.02	0.00
10	0.00	0.00	0.66	88.795	0.088	84.644	0.00	0.01	0.00
11	0.03	0.01	0.24	88.822	0.093	84.882	0.00	0.03	0.00
12	0.00	0.00	0.00	88.822	0.093	84.882	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	88.822	0.093	84.882	0.00	0.00	0.00
14	0.57	0.00	0.00	89.397	0.093	84.882	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.03	1.31	89.397	0.118	86.190	0.00	0.14	0.00
16	0.01	0.09	2.07	89.405	0.207	88.258	0.00	0.54	0.00
17	0.01	0.00	0.02	89.412	0.208	88.279	0.00	0.00	0.00
18	0.58	0.00	0.04	89.990	0.211	88.320	0.00	0.02	0.00
19	0.69	0.00	0.03	90.678	0.212	88.354	0.00	0.01	0.00
20	0.03	0.01	0.00	90.711	0.221	88.355	0.00	0.06	0.00
21	0.01	0.00	0.02	90.719	0.221	88.373	0.00	0.00	0.00
22	0.24	0.00	0.01	90.959	0.223	88.381	0.00	0.01	0.00
23	0.27	0.00	0.00	91.225	0.223	88.381	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.08	0.47	91.228	0.304	88.850	0.00	0.57	0.00
25	0.01	0.00	0.00	91.239	0.305	88.853	0.00	0.01	0.00
26	0.06	0.07	0.00	91.294	0.372	88.853	0.00	0.50	0.00
27	0.04	0.03	0.01	91.332	0.398	88.858	0.00	0.19	0.00
28	0.07	0.00	0.00	91.404	0.398	88.860	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.19	0.39	91.408	0.586	89.246	0.00	1.49	0.00
30	0.00	0.14	0.00	91.408	0.731	89.249	0.00	1.16	0.00
31	0.01	0.05	0.00	91.415	0.777	89.250	0.00	0.37	0.00
32	0.00	0.18	0.00	91.417	0.957	89.251	0.00	1.46	0.00
33	0.00	0.05	0.00	91.418	1.005	89.251	0.00	0.39	0.00
34	0.00	0.06	0.03	91.418	1.064	89.281	0.00	0.48	0.00
35	0.02	16.03	0.02	91.441	17.094	89.299	0.00	131.77	0.00
36	0.00	0.02	0.00	91.443	17.116	89.299	0.00	0.17	0.00
37	0.00	0.03	0.00	91.443	17.148	89.299	0.00	0.27	0.00
38	0.00	6.63	0.05	91.446	23.776	89.352	0.00	55.04	0.00
39	0.00	0.00	0.16	91.446	23.776	89.509	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	91.446	23.776	89.509	0.00	0.00	0.00
41	0.00	0.24	0.06	91.447	24.019	89.573	0.00	2.03	0.00
42	0.00	0.67	0.27	91.450	24.686	89.844	0.00	5.60	0.00
43	0.00	0.04	0.02	91.453	24.725	89.863	0.00	0.33	0.00
44	0.00	0.00	0.00	91.456	24.726	89.864	0.00	0.01	0.00
45	0.00	0.01	0.02	91.456	24.739	89.884	0.00	0.11	0.00
46	0.00	0.00	0.00	91.456	24.739	89.884	0.00	0.01	0.00
47	0.00	0.00	0.00	91.456	24.739	89.884	0.00	0.00	0.00
48	0.03	0.56	0.00	91.483	25.295	89.887	0.00	4.75	0.00
49	0.00	0.21	0.01	91.483	25.505	89.900	0.00	1.81	0.00
50	0.00	0.01	0.24	91.484	25.519	90.136	0.00	0.12	0.00
51	0.04	19.57	0.00	91.519	45.088	90.137	0.00	170.50	0.00
190	0.01	0.00	0.00	93.497	99.106	95.233	0.00	0.00	0.00

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

MODE	X	Y	Z	SUMM-X	SUMM-Y	SUMM-Z	X	Y	Z	
191	0.00	0.00	0.00	93.500	99.111	95.233	0.00	0.05	0.00	
192	0.03	0.02	0.00	93.530	99.134	95.234	0.00	0.26	0.00	
193	0.01	0.00	0.00	93.537	99.134	95.234	0.00	0.00	0.00	
194	0.00	0.00	0.00	93.538	99.134	95.234	0.00	0.00	0.00	
195	0.00	0.00	0.00	93.538	99.134	95.234	0.00	0.00	0.00	
196	0.00	0.00	0.00	93.538	99.134	95.236	0.00	0.00	0.00	
197	0.02	0.01	0.00	93.557	99.148	95.241	0.00	0.15	0.00	
198	0.00	0.02	0.02	93.560	99.165	95.260	0.00	0.19	0.00	
199	0.00	0.00	0.00	93.561	99.169	95.262	0.00	0.04	0.00	
200	0.02	0.01	0.00	93.577	99.182	95.263	0.00	0.15	0.00	
							-----			
TOTAL SRSS							SHEAR	0.00	281.34	0.00
TOTAL 10PCT							SHEAR	0.00	461.20	0.00
TOTAL ABS							SHEAR	0.00	892.82	0.00

*Imagen 4.3 Tabla de participación de masa y cortante dinámico en dirección Y resultado de la corrida del modelo estructural*

Para la dirección Y se tiene que en el modo 51 la participación de masa es la mayor con 19.57% y un cortante basal dinámico de 281.34 KN como se indica en la Imagen 4.3.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

---

Conocidos los modos fundamentales de la estructura podemos determinar el periodo fundamental de la estructura en las dos direcciones X y Z, en la tabla de la Imagen 4.4 generada en la corrida del modelo estructural tenemos que:

)	MODE	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)
	1	0.828	1.20774
	2	0.873	1.14592
	3	0.993	1.00755
	4	1.031	0.97037
	5	1.055	0.94785
	6	1.100	0.90884
	7	1.253	0.79838
	8	1.350	0.74088
	9	1.459	0.68561
	10	1.476	0.67768
	11	1.554	0.64362
	12	1.645	0.60778
	13	1.646	0.60769
	14	1.660	0.60245
	15	1.695	0.59009
	16	1.979	0.50540
	17	2.064	0.48445
	18	2.103	0.47545
	19	2.126	0.47029
	20	2.286	0.43754
	21	2.375	0.42097
	22	2.392	0.41799
	23	2.487	0.40206
	24	2.545	0.39300
	25	2.633	0.37974
	26	2.675	0.37383
	27	2.746	0.36421
	28	2.869	0.34855
	29	2.973	0.33635
	30	3.049	0.32800
	31	3.070	0.32574
	32	3.121	0.32038
	33	3.148	0.31767
	34	3.149	0.31756
	35	3.175	0.31497
	36	3.190	0.31344
	37	3.210	0.31148
	38	3.237	0.30894
	39	3.252	0.30754
	40	3.272	0.30566
	41	3.297	0.30333
	42	3.304	0.30270
	43	3.327	0.30059
	44	3.364	0.29725
	45	3.385	0.29541
	46	3.394	0.29462

---

---

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

MODE	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)
47	3.422	0.29221
48	3.440	0.29073
49	3.458	0.28917
50	3.548	0.28188
51	3.574	0.27981

*Imagen 4.4 Frecuencias, periodos y participación de masa para los modos fundamentales*

De acuerdo al MDOC CFE DS 2008 en su capítulo 3.3.6.3

*Revisión por cortante basal se debe cumplir que:*

$$0.8V_E \leq V_D$$

$$a_0 W_{tot} \leq V_D$$

Si no se cumple a la primera condición se deben incrementar las fuerzas sísmicas de forma que el cortante dinámico sea mayor, esto se logra multiplicando la aceleración de la gravedad por un factor que a continuación se obtiene.

$$\text{Factor} = \frac{80 \% V_d}{V_e}$$

Este factor se multiplica por la gravedad:

Factor x 9.81 Este valor se usa en el modelo para encontrar el constante dinámico que cumpla.




## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Donde:

Coeficiente sísmico por dirección de acuerdo a su modo principal de vibración, ver sus espectros respectivos por dirección:

RACK	MODOS		PERIODOS Te (seg)		Coeficiente Sísmico		PESO (TON)
	X	Z	EN X	EN Z	EN X	EN Z	
PRINCIPAL NORTE-SUR	4	1	0.970	1.208	0.072	0.077	759.738

 Datos obtenidos de cada una de las corridas

### REVISION DEL CORTANTE ESTATICO CONTRA EL DINAMICO

$V_e$  = Cortante estático = (Peso de la estructura + la carga viva + peso de tuberías en operación) por el coeficiente sísmico

$V_d$  = Cortante dinámico obtenido de la corrida del staad.

RACK	CORTANTE ESTATICO		80 %CORTANTE ESTATICO		CORTANTE DINAMICO	
	$V_{ex}$	$V_{ez}$	$0.8V_{ex}$	$0.8V_{ez}$	$V_{dx}$	$V_{dz}$
PRINCIPAL NORTE-SUR	54.701	58.500	43.761	46.800	<b>77.814</b>	<b>76.744</b>

Se comprueba que  $0.8 V_e < V_d$

$a_0 \times W = 0.1 \times 759.738 = 75.974 \text{ ton} < V_d$  en ambas direcciones

## **5.0 Diseño estructural.**

### **5.1. Revisión por desplazamientos.**

- Revisión de desplazamientos horizontales

De acuerdo a los resultados del modelo estructural las combinaciones de sismo son las que rigen la revisión por desplazamientos horizontales, la revisión se lleva a cabo conforme a lo indicado en el capítulo 3.3.7.1 *Desplazamientos horizontales por limitación de daños a elementos no estructurales (límite de servicio)* del MDOC CFE DS 2008 que indica:

*“Las diferencias entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos debidos a las fuerzas cortantes horizontales, calculadas con alguno de los métodos de análisis sísmico para las ordenadas espectrales reducidas ( $a(\beta)/Q'R\rho$ ) que se describen en esta sección y multiplicadas por el factor  $Q'R\rho/F_{ser}$ , no excederán a 0.002 veces las diferencias de elevaciones correspondientes.”*

Lo anterior se resume con la siguiente desigualdad.

$$\delta \left( \frac{Q'R\rho}{F_{ser}} \right) \leq 0.002H$$

Dónde:

$\delta$  Desplazamiento lateral de pisos consecutivos debidos a las fuerzas cortantes horizontales en dirección X ó Z según corresponda.

$Q', R$  y  $\rho$  Se calcularán para el periodo fundamental de la estructura.

$F_{ser}$  También se calculará para el periodo fundamental de la estructura siguiendo las especificaciones que se proporcionan en las secciones de recomendaciones 3.1.6.7 y de comentarios 3.1.7.2. del MDOC CFE DS 2008.

H altura del entrepiso, en general 0.002H se considera el desplazamiento horizontal permisible.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

El desplazamiento horizontal máximo obtenido del modelo analítico para el Rack de Tuberías en dirección X ocurre en el nodo 1329 con la combinación de carga 24  $\delta x = 2.731$  cm indicado en la Imagen 5.1.

Node	L/C	X-Trans cm	Y-Trans cm	Z-Trans cm	Absolute cm	X-Rotan rad	Y-Rotan rad	Z-Rotan rad
1329	24	-2.733	-2.242	-5.859	6.842	-0.003	-0.001	-0.002
1320	23	2.591	-1.785	9.142	9.668	0.000	0.002	0.001
1319	23	2.590	-0.984	5.367	6.040	0.000	0.003	-0.001
860	23	2.589	-1.149	4.105	4.988	0.001	0.001	0.003
1307	23	2.589	-1.061	6.548	7.121	0.002	0.001	0.003
1331	23	2.589	-1.437	6.767	7.387	0.001	0.003	-0.001
1323	23	2.589	-1.390	5.511	6.245	-0.000	0.001	0.003
1333	23	2.588	-1.578	6.336	7.024	0.001	0.001	0.000

*Imagen 5.1 Obtención del desplazamiento horizontal máximo en dirección X*

Desplazamiento crítico en dirección X rige carga de sismo, donde  $Q' = 1.4$ ,  $R=2$  y  $\rho=1.0$

Desplazamiento real =  $\Delta \times (Q'R \rho) / 5.5 = 1.39$  cm

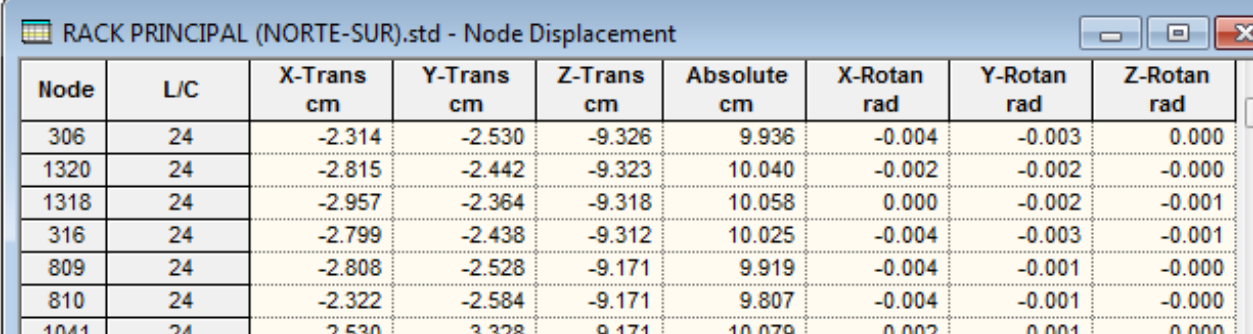
Desplazamiento máx =  $\Delta$  máx. = 1.39 cm

Desplazamiento permisible =  $0.012 H = 0.012 \times 1500 = 18$  cm

$\Delta$  perm. = 18.00 > 1.39 cm No hay problema por desplazamiento en X

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

El desplazamiento horizontal máximo en dirección Z ocurre en el nodo 306 con la combinación de carga 24  $\delta_z=9.326$  cm tal como se indica en la Imagen 5.2



Node	L/C	X-Trans cm	Y-Trans cm	Z-Trans cm	Absolute cm	X-Rotan rad	Y-Rotan rad	Z-Rotan rad
306	24	-2.314	-2.530	-9.326	9.936	-0.004	-0.003	0.000
1320	24	-2.815	-2.442	-9.323	10.040	-0.002	-0.002	-0.000
1318	24	-2.957	-2.364	-9.318	10.058	0.000	-0.002	-0.001
316	24	-2.799	-2.438	-9.312	10.025	-0.004	-0.003	-0.001
809	24	-2.808	-2.528	-9.171	9.919	-0.004	-0.001	-0.000
810	24	-2.322	-2.584	-9.171	9.807	-0.004	-0.001	-0.000
1041	24	-2.530	-2.328	-9.171	10.079	-0.002	-0.001	-0.000

*Imagen 5.2 Obtención del desplazamiento horizontal máximo en dirección Z*

Desplazamiento crítico en dirección X rige carga de sismo, donde  $Q' = 1.4$ ,  $R=2$  y  $\rho=1.0$

Desplazamiento real =  $\Delta \times (Q'R \rho) / 5.5 = 4.75$  cm

Desplazamiento máx =  $\Delta$  máx. = 4.75 cm

Desplazamiento permisible =  $0.012 H = 0.012 \times 1500 = 18$  cm

$\Delta$  perm. = 18.00 > 4.75 cm No hay problema por desplazamiento en Z

Por lo que la estructura cumple con los desplazamientos horizontales permisibles.

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## 5.2. Diseño de la Estructura.

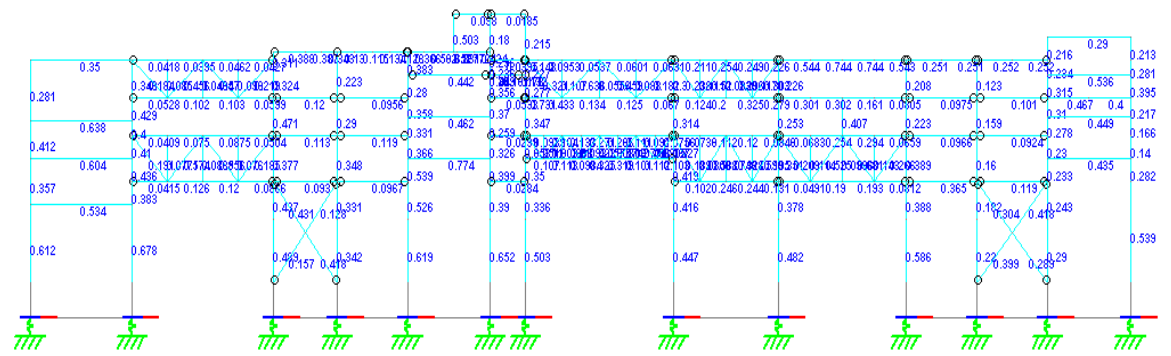
La revisión del diseño de los diferentes miembros de acero que conforman la estructura del Rack de Tuberías se hace mediante la revisión de la relación de esfuerzos que realiza el programa STAAD Pro en el modelo 3D.

None  
 Show Diagram (Based on Actual Ratio)  
 Show Diagram (Based on Normalized Ratio)  
 Basic Diagram  
 Detailed Diagram

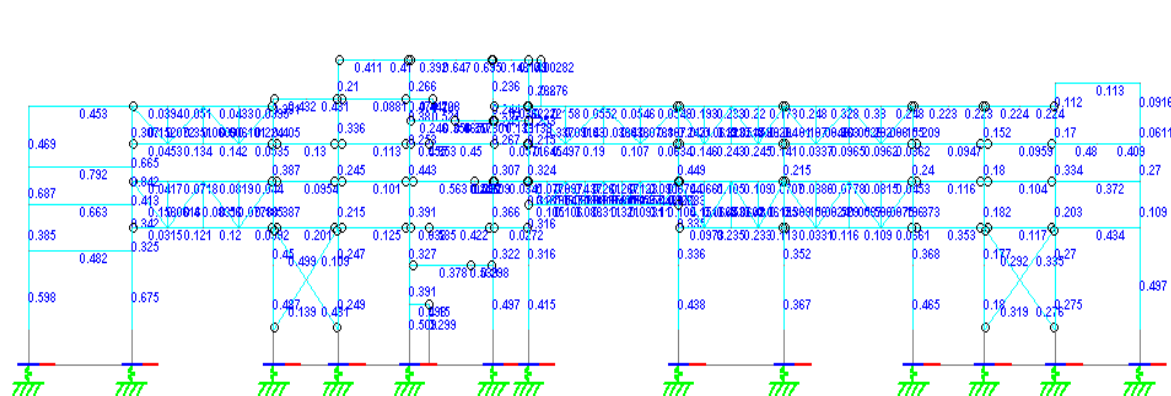
Actual Ratio		
	From	To
1	Not Designed	
2	0	1
3	1	1.5
4	> 1.5	

A continuación, se muestran los elementos con su relación de esfuerzos.

Eje J1



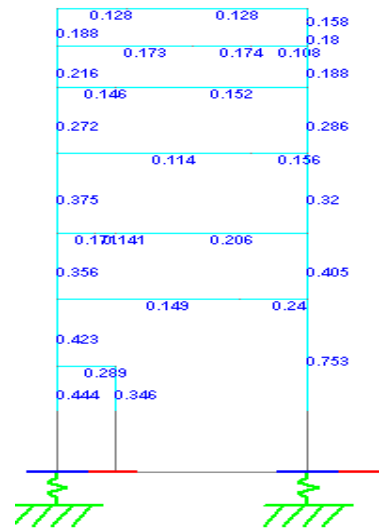
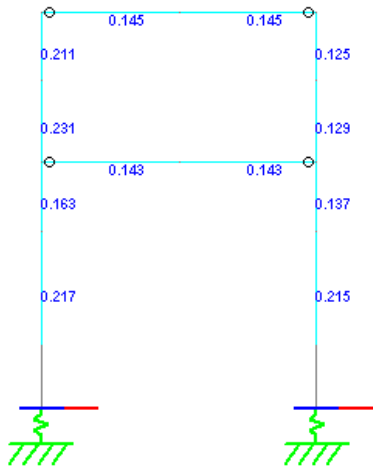
Eje L1



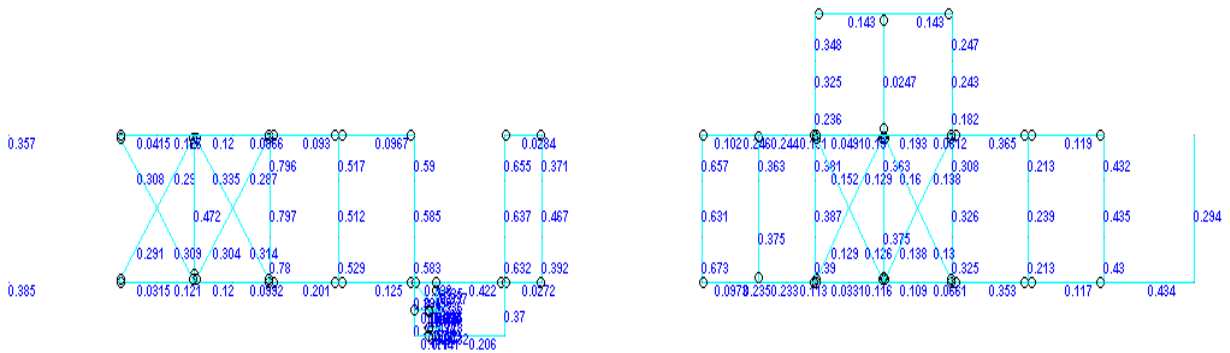
# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## EJE L2

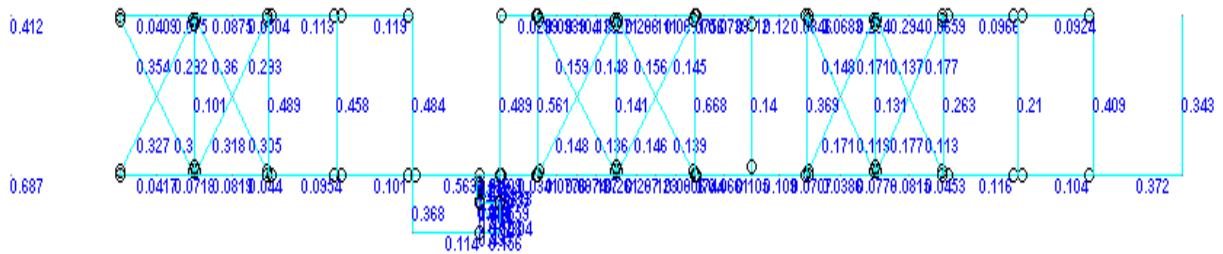
### EJE G2



### NIV +1208.20



### NIV +1211.20



### NIV +1213.70



# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## 5.3. Diseño de conexiones principales.

### Conexiones tipo a momento en estructura principal

#### Conexión a momento CW12X40 TW 10X26

Units system: Metric

File name: C:\MXPC9040\III SENER\IIIRACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\R1\conexiones\CONEXIONES EN RAM\conexiones CONEXION A MOMENTO C1 12X40 T1 10X26.cnx\

## Steel connections

### Detailed report







Connection name : EEP\_BCF\_1PL\_4B1  
Connection ID : 1  
Design code : AISC 360-05 LRFD

Family : Extended end plate (EEP)  
Type : Beam - Column flange (BCF)

### LOADS





Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m]	V3 [Ton]	M33	M22	Axial
Right beam	1 - DL	Design	3.23	--	5.50	--	1.68

### GEOMETRIC CONSIDERATIONS















Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Extended end plate</u>					
Vertical edge distance Sec. J3.5	[cm]	4.00	2.86	15.24	
Horizontal edge distance Sec. J3.5	[cm]	5.50	2.86	15.24	
Horizontal center-to-center spacing (gage) DG4 Sec. 2.4	[cm]	9.00	7.62	14.66	
Distance from centerline of bolt to nearer surface o... DG4 Sec. 2.1	[cm]	3.00	2.86	--	
Bolt diameter DG4 Sec. 1.1	[cm]	1.59	--	3.81	
<u>Support</u>					
Column flange thickness (w/o stiffeners) DG4 Eq. 3.20	[cm]	1.31	0.94	--	






## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Horizontal edge distance Sec. J3.5	[cm]	5.67	2.86	15.24	
<b>Extended end plate behavior</b>					
Thick plate behavior for the end plate					
Thick plate behavior for the column flange					
<u>Transverse stiffeners</u>					
Width Sec. J10.8	[cm]	9.50	--	--	
Thickness Sec. J10.8	[cm]	1.00	0.63	--	
Weld size DG 13 Eq. 4.3-6	[1/16in]	5	3	--	

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Extended end plate</u>					
Shear yielding DG4 Eq. 3.12	[Ton]	43.19	11.41	1 - DL0.26	
Shear rupture DG4 Eq. 3.13	[Ton]	46.94	11.41	1 - DL0.24	
Flexural yielding DG4 Eq. 3.10, Sec. 2.2.3	[Ton*m]	12.31	5.50	1 - DL0.45	
No prying bolt moment strength DG4 Eq. 3.7	[Ton*m]	8.48	5.50	1 - DL0.65	
Bolts shear Eq. J3-1	[Ton]	20.05	3.23	1 - DL0.16	
Connector bolt bearing Eq. J3-6	[Ton]	73.08	3.23	1 - DL0.04	
<u>Beam</u>					
Beam web weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	27.85	11.23	1 - DL0.40	
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	26.24	3.23	1 - DL0.12	
Flange weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	57.59	22.81	1 - DL0.40	
<u>Support</u>					
Flexural yielding DG4 Eq. 3.20, Sec. 2.2.3	[Ton*m]	12.33	5.50	1 - DL0.45	
Support bolt bearing Eq. J3-6	[Ton]	60.51	3.23	1 - DL0.05	
Panel web shear Eq. J10-9	[Ton]	30.95	22.81	1 - DL0.74	
Local web yielding Sec. J10	[Ton]	57.52	22.81	1 - DL0.40	
<u>Transverse stiffeners</u>					
Yielding strength due to axial load Eq. D2-1	[Ton]	38.72	4.02	1 - DL0.10	

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Compression strength Eq. J4-6	[Ton]	36.80	8.10	1 - DL0.22	
Flange weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	57.47	8.10	1 - DL0.14	
Beam web weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	59.72	8.10	1 - DL0.14	
<b>Critical strength ratio</b>		<b>0.74</b>			

### Conexión a momento CW18X86 TW12X50

Units system: Metric

File name: C:\MXPC9040\III SENER\III\RACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\racks\CONEXIONES RACK PRINCIPAL\CONEXION A MOMENTO C18X86 T12X50.cnx\

## Steel connections

### Detailed report



**Connection name** : EEP\_BCF\_1PL\_4B1  
**Connection ID** : 1  
**Design code** : AISC 360-05 LRFD

Family : Extended end plate (EEP)  
 Type : Beam - Column flange (BCF)

### LOADS

Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m]	V3 [Ton]	M33	M22	Axial
Right beam	1 - DL	Design	4.23	--	20.30	--	2.04

### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Extended end plate</u>					
Vertical edge distance Sec. J3.5	[cm]	5.00	3.17	15.24	
Horizontal edge distance Sec. J3.5	[cm]	7.00	3.17	15.24	








## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Horizontal center-to-center spacing (gage) DG4 Sec. 2.4	[cm]	14.00	10.48	20.52	
Distance from centerline of bolt to nearer surface o... DG4 Sec. 2.1	[cm]	4.51	3.81	--	
Bolt diameter DG4 Sec. 1.1	[cm]	2.54	--	3.81	
<b>Support</b>					
Column flange thickness (w/o stiffeners) DG4 Eq. 3.20	[cm]	1.96	1.56	--	
Horizontal edge distance Sec. J3.5	[cm]	7.10	3.17	15.24	
<b>Extended end plate behavior</b>					
Thick plate behavior for the end plate					
Thick plate behavior for the column flange					
<b>Transverse stiffeners</b>					
Width Sec. J10.8	[cm]	12.50	--	--	
Thickness Sec. J10.8	[cm]	1.27	0.83	--	
Weld size DG 13 Eq. 4.3-6	[1/16in]	5	4	--	

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<b>Extended end plate</b>					
Shear yielding DG4 Eq. 3.12	[Ton]	84.96	35.07	1 - DL0.41	
Shear rupture DG4 Eq. 3.13	[Ton]	90.78	35.07	1 - DL0.39	
Flexural yielding DG4 Eq. 3.10, Sec. 2.2.3	[Ton*m]	26.19	20.30	1 - DL0.77	
No prying bolt moment strength DG4 Eq. 3.7	[Ton*m]	25.43	20.30	1 - DL0.80	
Bolts shear Eq. J3-1	[Ton]	51.27	4.23	1 - DL0.08	
Connector bolt bearing Eq. J3-6	[Ton]	142.26	4.23	1 - DL0.03	
<b>Beam</b>					
Beam web weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	31.32	17.98	1 - DL0.57	
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	44.23	4.23	1 - DL0.10	
Flange weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	80.84	70.14	1 - DL0.87	
<b>Support</b>					
Flexural yielding DG4 Eq. 3.20, Sec. 2.2.3	[Ton*m]	30.05	20.30	1 - DL0.68	

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Support bolt bearing Eq. J3-6	[Ton]	145.85	4.23	1 - DL0.03	
Panel web shear Eq. J10-9	[Ton]	77.88	70.14	1 - DL0.90	
Local web yielding Sec. J10	[Ton]	131.37	70.14	1 - DL0.53	
<b>Transverse stiffeners</b>					
Yielding strength due to axial load Eq. D2-1	[Ton]	57.63	10.70	1 - DL0.19	
Compression strength Eq. J4-6	[Ton]	53.42	0.00	1 - DL0.00	
Flange weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	68.36	10.70	1 - DL0.16	
Beam web weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	89.89	10.70	1 - DL0.12	
<b>Critical strength ratio</b>		<b>0.90</b>			

### Conexión a momento CW18X86 TW14X68

Units system: Metric

File name: C:\MXPC9040\III SENER\III\RACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\racks\CONEXIONES RACK PRINCIPAL\CONEXION A MOMENTO C18X86 T14X68.cnx\

## Steel connections

### Detailed report

**Connection name** : EEP\_BCF\_1PL\_4B1  
**Connection ID** : 1  
**Design code** : AISC 360-05 LRFD











Family : Extended end plate (EEP)  
 Type : Beam - Column flange (BCF)

### LOADS







Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m]	V3 [Ton]	M33	M22	Axial
Right beam	1 - DL	Design	20.41	--	25.46	--	3.71

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Extended end plate</u>					
Vertical edge distance Sec. J3.5	[cm]	5.00	3.17	15.24	
Horizontal edge distance Sec. J3.5	[cm]	7.00	3.17	15.24	
Horizontal center-to-center spacing (gage) DG4 Sec. 2.4	[cm]	14.00	10.48	25.40	
Distance from centerline of bolt to nearer surface o... DG4 Sec. 2.1	[cm]	4.72	3.81	--	
Bolt diameter DG4 Sec. 1.1	[cm]	2.54	--	3.81	
<u>Support</u>					
Column flange thickness (w/o stiffeners) DG4 Eq. 3.20	[cm]	1.96	1.58	--	
Horizontal edge distance Sec. J3.5	[cm]	7.10	3.17	15.24	
<b>Extended end plate behavior</b>					
Thick plate behavior for the end plate					
Thick plate behavior for the column flange					
<u>Transverse stiffeners</u>					
Width Sec. J10.8	[cm]	13.00	--	--	
Thickness Sec. J10.8	[cm]	1.27	0.87	--	
Weld size DG 13 Eq. 4.3-6	[1/16in]	4	4	--	

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Extended end plate</u>					
Shear yielding DG4 Eq. 3.12	[Ton]	97.20	38.67	1 - DL0.40	
Shear rupture DG4 Eq. 3.13	[Ton]	103.87	38.67	1 - DL0.37	
Flexural yielding DG4 Eq. 3.10, Sec. 2.2.3	[Ton*m]	38.60	25.46	1 - DL0.66	
No prying bolt moment strength DG4 Eq. 3.7	[Ton*m]	29.21	25.46	1 - DL0.87	
Bolts shear Eq. J3-1	[Ton]	51.27	20.41	1 - DL0.40	
Connector bolt bearing Eq. J3-6	[Ton]	162.77	20.41	1 - DL0.13	
<u>Beam</u>					

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Beam web weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	43.12	23.14	1 - DL0.54	<input type="checkbox"/>
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	56.92	20.41	1 - DL0.36	<input type="checkbox"/>
Flange weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	119.49	77.34	1 - DL0.65	<input type="checkbox"/>
<b>Support</b>					
Flexural yielding DG4 Eq. 3.20, Sec. 2.2.3	[Ton*m]	33.75	25.46	1 - DL0.75	<input type="checkbox"/>
Support bolt bearing Eq. J3-6	[Ton]	145.85	20.41	1 - DL0.14	<input type="checkbox"/>
Panel web shear Eq. J10-9	[Ton]	77.88	77.34	1 - DL0.99	<input type="checkbox"/>
Local web yielding Sec. J10	[Ton]	136.86	77.34	1 - DL0.57	<input type="checkbox"/>
<b>Transverse stiffeners</b>					
Yielding strength due to axial load Eq. D2-1	[Ton]	60.52	17.46	1 - DL0.29	<input type="checkbox"/>
Compression strength Eq. J4-6	[Ton]	56.10	4.70	1 - DL0.08	<input type="checkbox"/>
Flange weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	57.67	17.46	1 - DL0.30	<input type="checkbox"/>
Beam web weld capacity Eq. J2-4	[Ton]	71.91	17.46	1 - DL0.24	<input type="checkbox"/>
<b>Critical strength ratio</b>	<b>0.99</b>				

CONEXIONES A MOMENTO EN MARCOS PRINCIPALES																		
COLUMNA	TRABE	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	OBSERVACIONES
IR 305x59.80	IR 254x38.5	19	400	203	180	70	40	45			8	22	19	5	13	5		EJES DEL C AL K
IR 305x79	IR 254x49.2	22	400	254	140	90	40	70	25	5	8	25	22	5	16	5	213	EJES DEL 1 AL 6 Y EJE N
IR 356x110.4	IR 305x74.4	29	500	256	200	100	50	70			8	27	25	5	19	6		EJES DEL 5 AL 22
IR 457x144.30	IR 305x44.5	29	550	280	210	100	70	70			8	25	22	5	16	6		EJES DEL 23 AL 28
IR 457x144.30	IR 305x74.4	29	550	280	210	100	70	70			8	25	22	5	16	6		EJES DEL P1 AL S1 Y EJES DEL 23 AL 28
IR 457x128.10	IR 457x144.30	29	700	280	330	115	70	70			8	32	28	5	16	6		EJES J1 Y L1
IR 457x105.3	IR 305x74.4	25	500	205	195	100	52.5	70			8	21	19	5	16	6		EJES DEL M1 AL O
IR 457x128.10	IR 305x74.4	25	500	205	195	100	52.5	70			8	32	28	5	16	5	364	EJES DEL 32 AL 43
IR 457x144.30	IR 305x59.8	25	500	280	160	100	70	70			8	21	19	5	13	5		EJES DEL 32 AL 43
IR 457x128.10	IR 356x101.3	32	600	281	320	120	70	70	16	6	8	38	32	6	16	6		EJES DEL B1 AL J1
IR 457x144.30	IR 356x79.0	32	600	270	210	120	75	70			8	38	32	6	16	6		RACK DE ENFRIAMINETO
IR 457x144.30	IR 457x144.30	32	700	280	320	120	70	70			8	38	32	6	16	6		RACK DE ENFRIAMINETO
IR 610x285	IR 457x144.30	32	900	280	480	140	70	70			8	38	32	6	16	8		RACK DE ENFRIAMINETO
IR 457x128.10	IR 305x96.7	25	550	310	210	120	70	70	16	8	8	30	28	5	16	6		RACK DE ENFRIAMINETO N.-S.
IR 457x128.10	IR 305x52.2	25	550	280	210	100	70	70			8	21	19	6	13	5		RACK DE ENFRIAMINETO N.-S.

**CONEXION A MOMENTO**  
SIN/ESC.

**CORTE A-A**  
SIN/ESC.

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

---

**Conexiones tipo a cortante en estructura principal**

**Conexión a cortante CW18X86 TW12X35**

Units system: Metric

File name: C:\MXPC9040\III SENER\IIIRACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\R1\conexiones\CONEXIONES EN RAM\CONEXIONES RACK PRINCIPAL\CONEXION A CORTANTE C18X86 T12X35.cnx\

**Steel connections**

**Detailed report**







**Connection name** : DA\_BCW\_L 3x3x1/4\_2B3/4  
**Connection ID** : 1V  
**Design code** : AISC 360-05 LRFD

Family : Angle(s) (CA)  
 Type : Beam - Column web (BCW)

**LOADS**

Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m]	V3 [Ton]	M33	M22	Axial
Beam	1V - DL	Design	13.96	--	--	--	2.22

**GEOMETRIC CONSIDERATIONS**

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Angle</u>					
Length 10-8	[cm]	23.00	13.79	27.58	 p.
Thickness 10-9	[cm]	0.63	--	1.59	 p.
<u>Angle (Beam side)</u>					
Weld size Sec. J2.2b	[1/16in]	2	2	3	
<u>Angle (Support side)</u>					
Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	4.50	2.22	--	
Horizontal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	3.81	2.22	--	
Vertical center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	7.00	4.23	15.24	

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

### Beam

Beam web thickness [cm] 0.76 0.54 --  p.

### Support

Horizontal edge distance [cm] 3.81 2.22 --   
 Tables J3.4, J3.5

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Angle (Beam side)</u>					
Weld capacity 9-5	[Ton]	40.35	14.14	1V - DL	0.35 <input type="checkbox"/> p.
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	44.36	13.96	1V - DL0.31	<input type="checkbox"/>
<u>Angle (Support side)</u>					
Bolts shear Tables (7-1..14)	[Ton]	30.08	13.96	1V - DL0.46	<input type="checkbox"/>
Bolt bearing under shear load Eq. J3-6	[Ton]	44.40	13.96	1V - DL0.31	<input type="checkbox"/>
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	44.36	13.96	1V - DL0.31	<input type="checkbox"/>
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	40.28	13.96	1V - DL0.35	<input type="checkbox"/>
Block shear Eq. J4-5	[Ton]	37.86	13.96	1V - DL0.37	<input type="checkbox"/>
Resulting tension capacity due prying action 9-10	[Ton]	5.76	2.22	1V - DL	0.39 <input type="checkbox"/> p.
<u>Beam</u>					
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	36.74	13.96	1V - DL0.38	<input type="checkbox"/>
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	44.40	13.96	1V - DL0.31	<input type="checkbox"/>
Tear out under axial load Eq. J4-5	[Ton]	71.24	2.22	1V - DL0.03	<input type="checkbox"/>
<u>Support</u>					
Bolt bearing under shear load Eq. J3-6	[Ton]	85.24	13.96	1V - DL0.16	<input type="checkbox"/>
<b>Critical strength ratio</b>		<b>0.46</b>			



# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## Conexión a cortante CW18X86 TW12X50

Units system: Metric

File name: C:\MXPC9040\III SENER\III\RACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\R1\conexiones\CONEXIONES EN RAM\CONEXIONES RACK PRINCIPAL\CONEXION A CORTANTE C18X86 T12X50.cnx\

## Steel connections

### Detailed report








**Connection name** : DA\_BCW\_L 3x3x1/4\_2B3/4  
**Connection ID** : 1V  
**Design code** : AISC 360-05 LRFD

Family : Angle(s) (CA)  
 Type : Beam - Column web (BCW)

### LOADS

Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m]	V3 [Ton]	M33	M22	Axial
Beam	1V - DL	Design	13.18	--	--	--	2.55

### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Angle</u>					
Length 10-8	[cm]	23.00	12.60	25.20	 p.
Thickness 10-9	[cm]	0.95	--	1.59	 p.
<u>Angle (Beam side)</u>					
Weld size Sec. J2.2b	[1/16in]	3	3	5	
<u>Angle (Support side)</u>					
Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	4.50	2.22	--	
Horizontal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	3.81	2.22	--	
Vertical center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	7.00	4.23	22.86	
<u>Beam</u>					
Beam web thickness 9-5	[cm]	0.94	0.81	--	 p.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

### Support

Horizontal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	3.81	2.22	--	<input type="checkbox"/>
--	------	------	------	----	--------------------------

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Angle (Beam side)</u>					
Weld capacity 9-5	[Ton]	56.82	13.42	1V - DL	0.24 <input type="checkbox"/> p.
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	66.54	13.18	1V - DL0.20	<input type="checkbox"/>
<u>Angle (Support side)</u>					
Bolts shear Tables (7-1..14)	[Ton]	30.08	13.18	1V - DL0.44	<input type="checkbox"/>
Bolt bearing under shear load Eq. J3-6	[Ton]	66.59	13.18	1V - DL0.20	<input type="checkbox"/>
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	66.54	13.18	1V - DL0.20	<input type="checkbox"/>
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	60.42	13.18	1V - DL0.22	<input type="checkbox"/>
Block shear Eq. J4-5	[Ton]	56.79	13.18	1V - DL0.23	<input type="checkbox"/>
Resulting tension capacity due prying action 9-10	[Ton]	26.74	2.55	1V - DL	0.10 <input type="checkbox"/> p.
<u>Beam</u>					
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	44.23	13.18	1V - DL0.30	<input type="checkbox"/>
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	53.44	13.18	1V - DL0.25	<input type="checkbox"/>
Tear out under axial load Eq. J4-5	[Ton]	82.42	2.55	1V - DL0.03	<input type="checkbox"/>
<u>Support</u>					
Bolt bearing under shear load Eq. J3-6	[Ton]	85.24	13.18	1V - DL0.15	<input type="checkbox"/>
<b>Critical strength ratio</b>	<b>0.44</b>				

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

CONEXIONES A CORTANTE EN MARCOS PRINCIPALES												
COLUMNA	TRABE	a	b	c	d	e	f	g	h	j	k	OBSERVACIONES
IR 305x59.8	IR 254x38.5	13	200	50	50	3	18	16	6	50	50	EJES 1 Y 2 (NIV. 1204.700)
IR 305x79	IR 254x49.2	13	190	35	60	3	24	22	6	50	50	EJES L Y M
IR 356x110.40	IR 305x52.20	13	230	45	70	3	18	16	6	50	50	EJES Ñ, O, DEL 5 AL 22 (NIV. 1205.700)
IR 457x144.30	IR 305x44.5	13	230	45	70	3	24	22	6	50	50	EJES Ñ Y O DEL 5 AL 22 (AR-1)
IR 457x144.30	IR 305x74.4	13	230	45	70	3	21	19	6	50	50	EJES 35, 36, 42, Y 43, EJES Ñ Y O DEL 22 AL 30
IR 457x144.30	IR 305x59.8	13	240	40	75	3	27	25	6	50	50	EJES 35, 36, 42 Y 43 TREN 1 Y TREN 2)
IR 457x128.10	IR 305x74.4	13	230	45	70	3	24	22	6	50	50	EJES RACK PRINCIPAL ESTE-OESTE
IR 457x144.30	IR 457x144.30	13	250	50	75	4	27	25	6	50	50	RACK AEROENFRIADOR
IR 457x112.9	IR 305x74.4	13	230	45	70	3	24	22	6	50	50	RACK PRINCIPAL ESTE-OESTE DE 0 S1
* IR 457x144.30	IR 356x79.0	13	250	45	75	6	27	25	6	50	75	AEROENFRIADOR
IR 305x59.80	IR 305x52.20	13	230	45	70	3	18	16	6	50	50	EJES 1 Y 2 (NIV. 1206.200)
IR 356x110.40	IR 356x63.80	13	250	50	75	3	21	19	6	50	50	EJES Ñ Y O DE 5 AL 22 (NIV.1207.700)
IR 457x112.90	IR 356x110.40	13	250	50	75	3	21	19	6	50	50	EJES 31 Y 32 ENTRE O Y P1
IR 457x128.10	IR 457x96.70	13	370	65	80	4	27	25	6	50	75	RACK PRINCIPAL ESTE-OESTE N1 A O (30 Y 32)
IR 305x86.10	IR 356x101.30	13	280	60	80	3	27	25	6	50	75	RACK ELECTRICO, EJES 29, 31 Y 32
IR 457x128.10	IR 305x52.20	13	230	45	70	3	24	22	6	50	50	RACK PRINCIPAL N-S EJES J1 Y L1
IR 457x128.10	IR 305x74.40	13	230	40	75	3	27	25	6	50	75	RACK PRINCIPAL N-S
IR 254x44.80	IR 254x44.8	13	200	50	50	3	18	16	6	50	50	RACK PRINCIPAL N-S
IR 457x144.30	IR 305x79.0	13	240	40	75	3	27	25	6	50	50	RACK TREN 1 Y 2

**CONEXION A CORTANTE**  
SIN/ESC.

**CORTE B-B**  
SIN/ESC.

**\* CONEXION A CORTANTE**  
SIN/ESC.

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## Conexiones criticas

### Detalle 23

Units system: Metric

File name: C:\MXPC9040\III SENER\III\RACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\R1\conexiones\CONEXIONES EN RAM\CONEXIONES RACK PRINCIPAL\CONWXION DE DIAGONALES HORIZONTALES 8X18 Y 12X30.cnx\

## Steel connections

### Detailed report







Connection name : SP\_BG\_1/4PL\_2B3/4  
Connection ID : 2V  
Design code : AISC 360-05 LRFD

Family : Single plate (SP)  
Type : Beam - Girder (BG)

### LOADS

Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m]	V3 [Ton]	M33	M22	Axial
Beam	2V - DL	Design	--	--	--	--	6.83

### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Shear plate</u>					
Length 10-49	[cm]	14.00	8.74	16.08	 p.
Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	4.00	3.17	--	
Horizontal edge distance 10-102	[cm]	5.00	3.81	--	 p.
Vertical center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	6.00	5.08	14.02	
<u>Beam</u>					
Thickness 10-102	[cm]	0.58	--	1.11	 p.
Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	6.08	3.17	--	

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Horizontal edge distance 10-102 <u>Support</u>	[cm]	6.64	3.81	--		p.
Weld size Sec. J2.2b	[1/16in]	6	6	7		

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio	
<u>Shear plate</u>						
Bolts shear Tables (7-1..14)	[Ton]	14.44	6.83	2V - DL0.47		
Bolt bearing under shear load HSS Manual Eq. 4-4	[Ton]	31.59	0.00	2V - DL0.00		
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	27.00	0.00	2V - DL0.00		
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	22.27	0.00	2V - DL0.00		
Block shear Eq. J4-5	[Ton]	29.57	0.00	2V - DL0.00		
Bolt bearing under axial load HSS Manual Eq. 4-4	[Ton]	35.52	6.83	2V - DL0.19		
Yielding strength due to axial load Eq. J4-1	[Ton]	40.50	6.83	2V - DL0.17		
Rupture due to axial load Eq. J4-2	[Ton]	37.11	6.83	2V - DL0.18		
Tear out under axial load Eq. J4-5	[Ton]	29.14	6.83	2V - DL0.23		
<u>Plate (support side)</u>						
Weld capacity 9-5	[Ton]	62.65	6.83	2V - DL	0.11	p.
<u>Beam</u>						
Bolt bearing under shear load HSS Manual Eq. 4-4	[Ton]	16.34	0.00	2V - DL0.00		
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	15.68	0.00	2V - DL0.00		
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	14.18	0.00	2V - DL0.00		
Flexural yielding	[Ton]	10.10	0.00	2V - DL	0.00	
Local web buckling 9-7	[Ton]	10.10	0.00	2V - DL	0.00	p.
Block shear Eq. J4-5	[Ton]	17.91	0.00	2V - DL0.00		
Flexural rupture 9-6	[Ton]	13.56	0.00	2V - DL	0.00	p.
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	16.34	6.83	2V - DL0.42		
Yielding strength due to axial load Eq. J4-1	[Ton]	23.52	6.83	2V - DL0.29		

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Rupture due to axial load [Ton] 23.64 6.83 2V - DL0.29

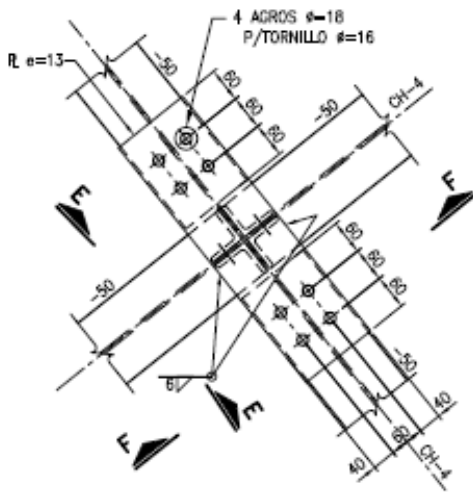
Eq. J4-2

Tear out under axial load [Ton] 15.58 6.83 2V - DL0.44

Eq. J4-5

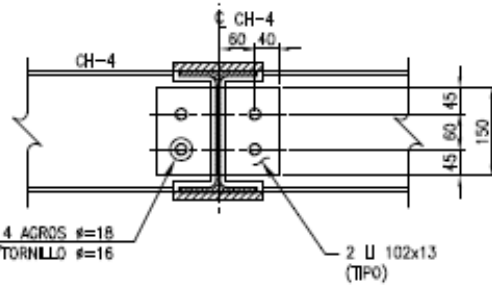
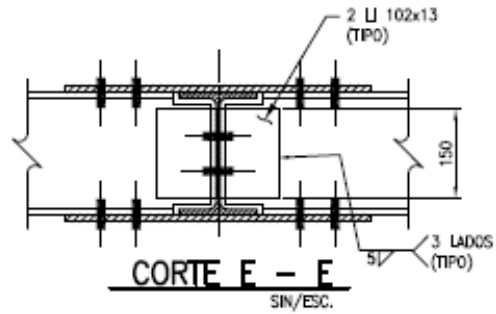
Support

**Critical strength ratio 0.47**



**DETALLE 23**

PF-0806 SIN/ESC.



**CORTE F - F**

SIN/ESC.

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## Detalle 24

Units system: Metric

File name: C:\MXPC9040\III SENER\IIIRACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\R1\conexiones\CONEXIONES EN RAM\CONEXIONES RACK PRINCIPAL\CONWXION DE DIAGONALES HORIZONTALES 8X18 Y 12X30.cnx\

## Steel connections

### Detailed report

**Connection name** : SP\_BG\_1/4PL\_2B3/4  
**Connection ID** : 2V  
**Design code** : AISC 360-05 LRFD

Family : Single plate (SP)  
 Type : Beam - Girder (BG)

### LOADS

Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m]	V3 [Ton]	M33	M22	Axial
Beam	2V - DL	Design	--	--	--	--	6.83

### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Shear plate</u>					
Length 10-49	[cm]	14.00	8.74	16.08	 p.
Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	4.00	3.17	--	
Horizontal edge distance 10-102	[cm]	5.00	3.81	--	 p.
Vertical center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	6.00	5.08	14.02	
<u>Beam</u>					
Thickness 10-102	[cm]	0.58	--	1.11	 p.
Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	6.08	3.17	--	
Horizontal edge distance 10-102	[cm]	6.64	3.81	--	 p.

### Support

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Weld size Sec. J2.2b	[1/16in]	6	6	7	
-------------------------	----------	---	---	---	--

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Shear plate</u>					
Bolts shear Tables (7-1..14)	[Ton]	14.44	6.83	2V - DL0.47	
Bolt bearing under shear load HSS Manual Eq. 4-4	[Ton]	31.59	0.00	2V - DL0.00	
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	27.00	0.00	2V - DL0.00	
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	22.27	0.00	2V - DL0.00	
Block shear Eq. J4-5	[Ton]	29.57	0.00	2V - DL0.00	
Bolt bearing under axial load HSS Manual Eq. 4-4	[Ton]	35.52	6.83	2V - DL0.19	
Yielding strength due to axial load Eq. J4-1	[Ton]	40.50	6.83	2V - DL0.17	
Rupture due to axial load Eq. J4-2	[Ton]	37.11	6.83	2V - DL0.18	
Tear out under axial load Eq. J4-5	[Ton]	29.14	6.83	2V - DL0.23	
<u>Plate (support side)</u>					
Weld capacity 9-5	[Ton]	62.65	6.83	2V - DL	0.11  p.
<u>Beam</u>					
Bolt bearing under shear load HSS Manual Eq. 4-4	[Ton]	16.34	0.00	2V - DL0.00	
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	15.68	0.00	2V - DL0.00	
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	14.18	0.00	2V - DL0.00	
Flexural yielding	[Ton]	10.10	0.00	2V - DL	0.00
Local web buckling 9-7	[Ton]	10.10	0.00	2V - DL	0.00  p.
Block shear Eq. J4-5	[Ton]	17.91	0.00	2V - DL0.00	
Flexural rupture 9-6	[Ton]	13.56	0.00	2V - DL	0.00  p.
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	16.34	6.83	2V - DL0.42	
Yielding strength due to axial load Eq. J4-1	[Ton]	23.52	6.83	2V - DL0.29	
Rupture due to axial load Eq. J4-2	[Ton]	23.64	6.83	2V - DL0.29	



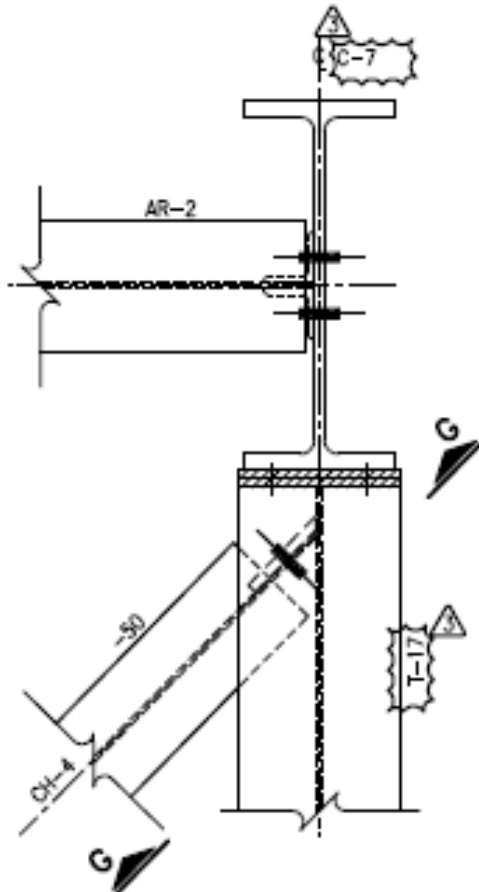
# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Tear out under axial load  
Eq. J4-5  
Support

[Ton]                      15.58                      6.83    2V - DL0.44

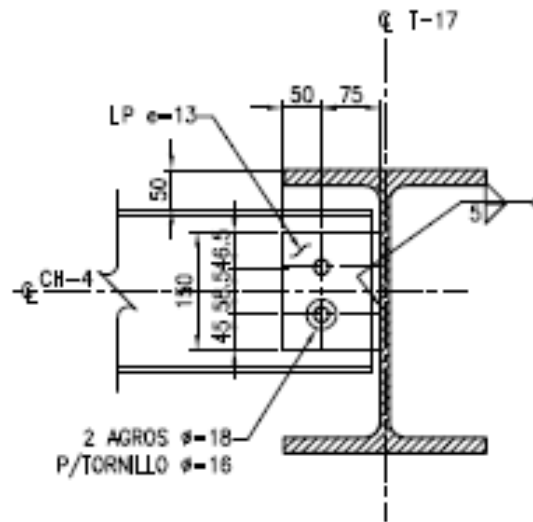


Critical strength ratio                      0.47



**DETALLE 24**

PF-0806    SIN/ESC.



**CORTE G - G**

SIN/ESC.

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## Detalle 43

Units system: Metric

File name: C:\MXPC9040\III SENER\IIIRACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\R1\conexiones\CONEXIONES EN RAM\CONEXIONES RACK PRINCIPAL\CONEXION DE DIAGONALES X 10X30.cnx\

## Steel connections

### Detailed report

Connection name : (VXB)  
Connection ID : 1  
Design code : AISC 360-05 LRFD

Family : Gusset (GP)  
Type : Vertical X braces (VXB)





### LOADS

Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m]	V3 [Ton]	M33	M22	Axial
Braces1	1 - eq	Design	--	--	--	--	31.20
Braces2	1 - eq	Design	--	--	--	--	31.20
Braces3	1 - eq	Design	--	--	--	--	-31.20
Braces4	1 - eq	Design	--	--	--	--	-31.20

### Interface between Gusset - Upper right brace

#### Connection: Splice plate

#### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Splice plate</u>					
Transverse edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	2.86	--	
Longitudinal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	2.86	--	
Longitudinal center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	7.50	5.93	30.48	
Transverse center-to-center spacing (gage) Sec. J3.5	[cm]	7.50	5.93	30.48	

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

### Gusset

#### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Splice plate</u>					
Bolts shear Tables (7-1..14)	[Ton]	58.88	31.20	1 - eq0.53	<input type="checkbox"/>
Yielding strength due to axial load Eq. J4-1	[Ton]	50.63	31.20	1 - eq0.62	<input type="checkbox"/>
Rupture due to axial load Eq. J4-2	[Ton]	48.24	31.20	1 - eq0.65	<input type="checkbox"/>
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	118.38	31.20	1 - eq0.26	<input type="checkbox"/>
Outside block shear Eq. J4-5	[Ton]	86.83	31.20	1 - eq0.36	<input type="checkbox"/>
Inside block shear Eq. J4-5	[Ton]	77.12	31.20	1 - eq0.40	<input type="checkbox"/>
<u>Brace</u>					
Block shear rupture at brace flange Eq. J4-5	[Ton]	46.27	31.20	1 - eq0.67	<input type="checkbox"/>
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	71.03	31.20	1 - eq0.44	<input type="checkbox"/>
<u>Gusset</u>					
Block shear on gusset Eq. J4-5	[Ton]	77.12	31.20	1 - eq0.40	<input type="checkbox"/>
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	118.38	31.20	1 - eq0.26	<input type="checkbox"/>
<b>Critical strength ratio</b>	<b>0.67</b>				

#### Checks for gusset and brace

#### REQUIRED RESISTANCE OF BRACED CONNECTIONS

Requirement	Unit	Value
-------------	------	-------

#### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
--------------------------	------	-------	------------	------------	------


### Reinforcement plate


#### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
----------------------------	------	----------	--------	---------	-------


## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

### Brace

Yielding strength due to axial load Eq. J4-1	[Ton]	129.92	31.20	1 - eq0.24	
---	-------	--------	-------	------------	---

Rupture due to axial load Eq. J4-2	[Ton]	135.11	31.20	1 - eq0.23	
---------------------------------------	-------	--------	-------	------------	---

### Gusset





Tension yielding on the Whitmore section Eq. J4-1	[Ton]	71.81	31.20	1 - eq0.43	
--	-------	-------	-------	------------	---

**Critical strength ratio** **0.43**







### Interface between Gusset - Upper left brace

#### Connection: Splice plate





#### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Splice plate</u>					
Transverse edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	2.86	--	
Longitudinal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	2.86	--	
Longitudinal center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	7.50	5.93	30.48	
Transverse center-to-center spacing (gage) Sec. J3.5	[cm]	7.50	5.93	30.48	
<u>Gusset</u>					

#### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Splice plate</u>					
Bolts shear Tables (7-1..14)	[Ton]	58.88	31.20	1 - eq0.53	
Yielding strength due to axial load Eq. J4-1	[Ton]	50.63	31.20	1 - eq0.62	
Rupture due to axial load Eq. J4-2	[Ton]	48.24	31.20	1 - eq0.65	
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	118.38	31.20	1 - eq0.26	
Outside block shear Eq. J4-5	[Ton]	86.83	31.20	1 - eq0.36	
Inside block shear Eq. J4-5	[Ton]	77.12	31.20	1 - eq0.40	
<u>Brace</u>					

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Bock shear rupture at brace flange Eq. J4-5	[Ton]	46.27	31.20	1 - eq0.67	
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	71.03	31.20	1 - eq0.44	
<u>Gusset</u>					
Block shear on gusset Eq. J4-5	[Ton]	77.12	31.20	1 - eq0.40	
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	118.38	31.20	1 - eq0.26	
<b>Critical strength ratio</b>		<b>0.67</b>			

### Checks for gusset and brace

#### REQUIRED RESISTANCE OF BRACED CONNECTIONS

Requirement	Unit	Value
-------------	------	-------

#### GEOMETRIC CONSIDERATIONS



Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
--------------------------	------	-------	------------	------------	------

#### Reinforcement plate


#### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
----------------------------	------	----------	--------	---------	-------

#### Brace

Yielding strength due to axial load Eq. J4-1	[Ton]	129.92	31.20	1 - eq0.24	
Rupture due to axial load Eq. J4-2	[Ton]	135.11	31.20	1 - eq0.23	

#### Gusset

Tension yielding on the Whitmore section Eq. J4-1	[Ton]	71.81	31.20	1 - eq0.43	
--	-------	-------	-------	------------	---

<b>Critical strength ratio</b>		<b>0.43</b>			
--------------------------------	--	-------------	--	--	--


### Interface between Gusset - Lower left brace

#### Connection: Splice plate




#### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
--------------------------	------	-------	------------	------------	------





#### Splice plate

Transverse edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	2.86	--	
--	------	------	------	----	---

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Longitudinal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	2.86	--	
Longitudinal center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	7.50	5.93	30.48	
Transverse center-to-center spacing (gage) Sec. J3.5 <u>Gusset</u>	[cm]	7.50	5.93	30.48	

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Splice plate</u>					
Bolts shear Tables (7-1..14)	[Ton]	58.88	31.20	1 - eq0.53	
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	118.38	31.20	1 - eq0.26	
<u>Brace</u>					
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	71.03	31.20	1 - eq0.44	
<u>Gusset</u>					
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	118.38	31.20	1 - eq0.26	
<b>Critical strength ratio</b>	<b>0.53</b>				

### Checks for gusset and brace

#### REQUIRED RESISTANCE OF BRACED CONNECTIONS


Requirement	Unit	Value
-------------	------	-------

#### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
--------------------------	------	-------	------------	------------	------

Reinforcement plate

### DESIGN CHECK





Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Gusset</u>					
Buckling on the Whitmore section Eq. E3-1	[Ton]	54.19	31.20	1 - eq0.58	
<b>Critical strength ratio</b>	<b>0.58</b>				

### Interface between Gusset - Lower right brace





## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

### Connection: Splice plate

#### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Splice plate</u>					
Transverse edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	2.86	--	
Longitudinal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	2.86	--	
Longitudinal center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	7.50	5.93	30.48	
Transverse center-to-center spacing (gage) Sec. J3.5	[cm]	7.50	5.93	30.48	
<u>Gusset</u>					

#### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Splice plate</u>					
Bolts shear Tables (7-1..14)	[Ton]	58.88	31.20	1 - eq0.53	
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	118.38	31.20	1 - eq0.26	
<u>Brace</u>					
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	40.25	31.20	1 - eq0.78	
<u>Gusset</u>					
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	118.38	31.20	1 - eq0.26	
<b>Critical strength ratio</b>	<b>0.78</b>				

### Checks for gusset and brace

#### REQUIRED RESISTANCE OF BRACED CONNECTIONS

Requirement	Unit	Value
-------------	------	-------

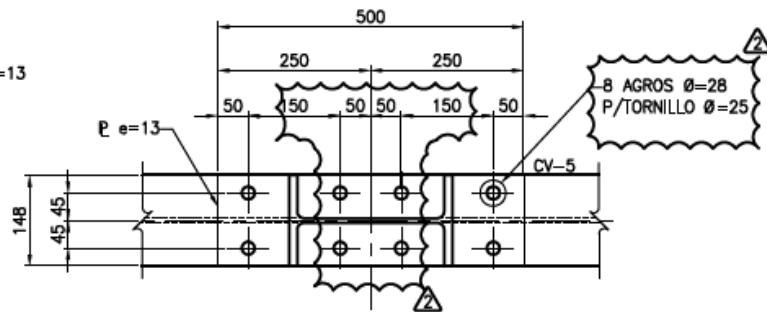
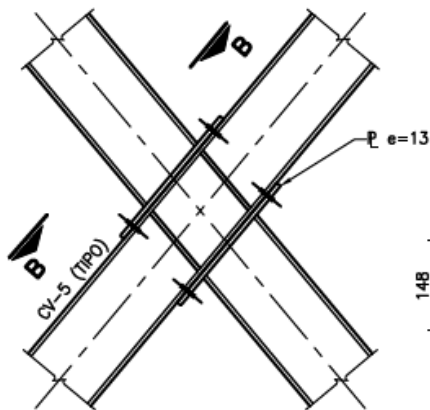
#### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Reinforcement plate</u>					

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Gusset</u>					
Buckling on the Whitmore section Eq. E3-1	[Ton]	54.19	31.20	1 - eq0.58	□
<b>Critical strength ratio</b>	<b>0.58</b>				
<b>Global critical strength ratio</b>	<b>0.78</b>				



**DETALLE 43**  
PF-0807 SIN/ESC.

**CORTE B-B**  
SIN/ESC.



# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## Conexión a momento columna en alma y viga

Units system: Metric

File name: C:\MXPC9040\III SENER\III\RACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\R1\conexiones\CONEXIONES EN RAM\CONEXIONES RACK PRINCIPAL\CONEXION A MOMENTO CORTANTE C18X86 T14X68.cnx\

## Steel connections

### Detailed report








**Connection name** : CA\_BCW\_LU 3X2-1\_2X1\_4\_r=2\_r=2  
**Connection ID** : 1V  
**Design code** : AISC 360-05 LRFD

Family : Angle(s) (CA)  
 Type : Beam - Column web (BCW)

### LOADS

Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m]	V3 [Ton]	M33	M22	Axial
Beam	1V - DL	Design	7.04	--	--	--	1.30

### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Angle</u>					
Length 10-8	[cm]	25.00	14.45	28.91	 p.
Thickness 10-9	[cm]	0.95	--	1.59	 p.
<u>Angle (Beam side)</u>					
Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	2.54	--	
Horizontal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	3.12	2.54	--	
Vertical center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	7.50	5.08	22.86	
<u>Angle (Support side)</u>					
Weld size Sec. J2.2b	[1/16in]	5	3	5	
<u>Beam</u>					
Horizontal edge distance Tables J3.4,	[cm]	3.23	2.54	--	

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

J3.5

Support

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Angle (Beam side)</u>					
Bolts shear Tables (7-1..14)	[Ton]	43.31	7.16	1V - DL0.17	<input type="checkbox"/>
Bolt bearing under shear load Eq. J3-6	[Ton]	79.91	7.04	1V - DL0.09	<input type="checkbox"/>
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	72.32	7.04	1V - DL0.10	<input type="checkbox"/>
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	64.08	7.04	1V - DL0.11	<input type="checkbox"/>
Block shear Eq. J4-5	[Ton]	55.10	7.04	1V - DL0.13	<input type="checkbox"/>
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	43.80	1.30	1V - DL0.03	<input type="checkbox"/>
Tear out under axial load Eq. J4-5	[Ton]	75.03	1.30	1V - DL0.02	<input type="checkbox"/>
<u>Angle (Support side)</u>					
Weld capacity 10-11	[Ton]	41.86	7.04	1V - DL	0.17 <input type="checkbox"/> p.
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	72.32	7.04	1V - DL0.10	<input type="checkbox"/>
<u>Beam</u>					
Bolt bearing under shear load Eq. J3-6	[Ton]	44.22	7.04	1V - DL0.16	<input type="checkbox"/>
Shear yielding Eq. J4-3	[Ton]	56.92	7.04	1V - DL0.12	<input type="checkbox"/>
Shear rupture Eq. J4-4	[Ton]	55.89	7.04	1V - DL0.13	<input type="checkbox"/>
Bolt bearing under axial load Eq. J3-6	[Ton]	25.51	1.30	1V - DL0.05	<input type="checkbox"/>
Tear out under axial load Eq. J4-5	[Ton]	41.78	1.30	1V - DL0.03	<input type="checkbox"/>
<u>Support</u>					
<b>Critical strength ratio</b>		<b>0.17</b>			

**Units system:** Metric

**File name:** C:\MXPC9040\III SENER\III\RACK DE TUBERIAS CIMENTACION PLANTA 1 DE 2\R1\conexiones\CONEXIONES EN RAM\CONEXIONES RACK PRINCIPAL\CONEXION A MOMENTO CORTANTE C18X86 T14X68.cnx\

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## Steel connections

### Detailed report









**Connection name** : FP\_BCW\_1PL\_7B3/4  
**Connection ID** : 1M  
**Design code** : AISC 360-05 LRFD

Family : Flange-plated (FP)  
 Type : Beam - Column web (BCW)





### LOADS

Members [Ton]	Load [Ton]	Type [Ton*m]	V2 [Ton*m][Ton]	V3	M33	M22	Axial
Beam	1M - DL	Design	--	--	26.32	--	1.30
















### GEOMETRIC CONSIDERATIONS

Dimensions References	Unit	Value	Min. value	Max. value	Sta.
<u>Plate (beam side)</u>					
Vertical center-to-center spacing (pitch) Sec. J3.5	[cm]	7.62	7.62	30.48	
Horizontal center-to-center spacing (gage) Sec. J3.5	[cm]	14.00	7.62	30.48	
<u>Top flange plate data</u>					
Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	4.45	3.81	--	
Horizontal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	3.81	--	
<u>Bottom flange plate data</u>					
Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	3.81	--	
Horizontal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	3.81	--	
<u>Plate (support side)</u>					
Top plate weld size - column flange Sec. J2.2b	[1/16in]	8	3	6	
Bottom plate weld size - column flange Sec. J2.2b	[1/16in]	8	3	6	
<u>Beam</u>					

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Vertical edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.00	3.81	--		
Horizontal edge distance Tables J3.4, J3.5	[cm]	5.70	3.81	--		
Flange thickness 9-5	[cm]	1.96	1.08	--		p.
Web thickness 9-5	[cm]	1.22	1.08	--		p.

### DESIGN CHECK

Verification References	Unit	Capacity	Demand	Ctrl EQ	Ratio
<u>Moment - Flange-Plated</u>					
Compression strength (Top plate) Eq. J4-6	[Ton]	201.83	69.01	1M - DL0.34	
Bottom plate tension yielding Eq. J4-1	[Ton]	202.08	70.31	1M - DL0.35	
Bolts shear (Top plate) Tables (7-1..14)	[Ton]	129.85	77.37	1M - DL0.60	
Bolt bearing (Top plate) Eq. J3-6	[Ton]	272.91	69.01	1M - DL0.25	
Bolts shear (Bottom plate) Tables (7-1..14)	[Ton]	129.85	78.67	1M - DL0.61	
Bottom plate tension rupture Eq. J4-2	[Ton]	228.20	70.31	1M - DL0.31	
Bottom plate block shear Eq. J4-5	[Ton]	209.95	70.31	1M - DL0.33	
Bolt bearing (Bottom plate) Eq. J3-6	[Ton]	281.95	70.31	1M - DL0.25	
<u>Plate (support side)</u>					
Top plate to column weld Eq. J2-4	[Ton]	90.68	77.37	1M - DL0.85	
Bottom plate to column weld Eq. J2-4	[Ton]	90.68	78.67	1M - DL0.87	
Top plate shear capacity at column flange weld [3]	[Ton]	76.85	69.01	1M - DL0.90	
Bottom plate shear capacity at column flange weld [3]	[Ton]	76.85	70.31	1M - DL0.91	
<u>Beam</u>					
Flexural strength of the beam Sec. F13.1	[Ton*m]	42.93	26.32	1M - DL0.61	
Bolt bearing on flange Eq. J3-6	[Ton]	232.27	78.67	1M - DL0.34	
Beam block shear Eq. J4-5	[Ton]	158.41	78.67	1M - DL0.50	
<u>Support</u>					
<b>Critical strength ratio</b>	<b>0.91</b>				

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

---

**6.0 Diseño de la Cimentación.**

Se diseñarán las cimentaciones mediante zapatas aisladas con contratrabes.

Se consideran las siguientes capacidades de terreno de acuerdo a Estudio de Mecánica de suelos.

El NAF no se encontró hasta la máxima profundidad de perforación de 45.40 metros.

La capacidad de carga del terreno es muy alta, estando el diseño gobernado por los asentamientos elásticos inmediatos que se producen por la arcilla dura.

La capacidad de carga superficial para la zona sur de la planta es de 130 t/m<sup>2</sup> para zapatas de 1 metro por 1 metro y de 300 t/m<sup>2</sup> para la zona Norte de la planta.

**CAPACIDAD DE CARGA DE SERVICIO EN ZAPATAS DE LA ZONA NORTE DE LA PLANTA**

ASENTAMIENTO EN ZAPATAS CUADRADAS DF=2.00 M			
ANCHO M	LARGO M	ASENTAMIENTO CM	CONTACTO T/M2
0.50	0.50	2.50	55.00
1.00	1.00	2.50	28.00
1.50	1.50	2.50	18.60
2.00	2.00	2.50	8.50
2.50	2.50	2.50	6.80
3.00	3.00	2.50	5.70
3.50	3.50	2.50	5.00
4.00	4.00	2.50	3.55
4.50	4.50	2.50	3.20

ASENTAMIENTO EN ZAPATAS CUADRADAS DF=2.00M			
ANCHO M	LARGO M	ASENTAMIENTO CM	PRESIÓN CONTACTO T/M2
0.50	0.50	5.00	110.00
1.00	1.00	5.00	56.00
1.50	1.50	5.00	37.20
2.00	2.00	5.00	17.00
2.50	2.50	5.00	13.60
3.00	3.00	5.00	11.40
3.50	3.50	5.00	10.00
4.00	4.00	5.00	7.10
4.50	4.50	5.00	6.40

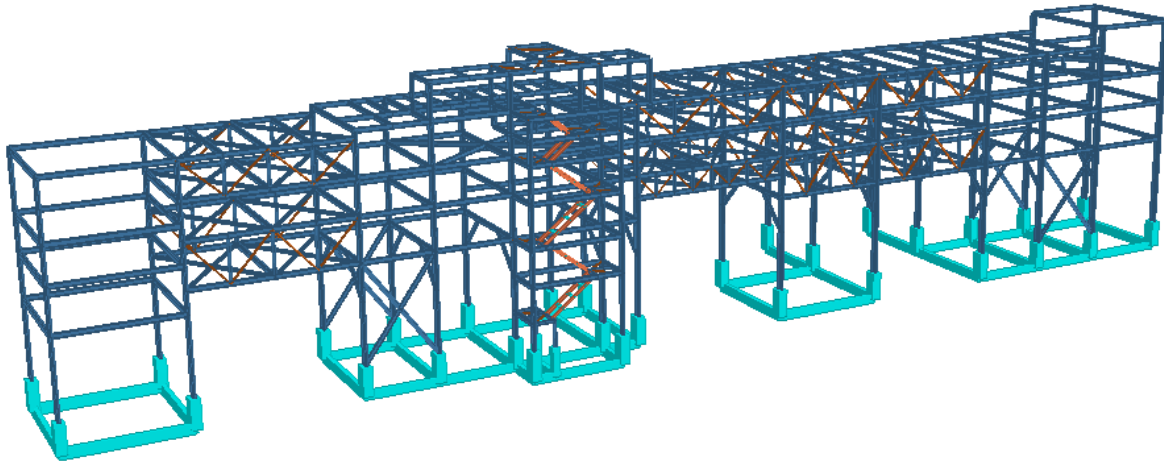
**CAPACIDAD DE CARGA DE SERVICIO EN ZAPATAS DE LA ZONA SUR DE LA PLANTA**

ASENTAMIENTO EN ZAPATAS CUADRADAS DF=2.00 M			
ANCHO M	LARGO M	ASENTAMIENTO CM	PRESION CONTACTO T/M2
0.50	0.50	2.50	70.00
1.00	1.00	2.50	36.00
1.50	1.50	2.50	23.00
2.00	2.00	2.50	16.00
2.50	2.50	2.50	13.00
3.00	3.00	2.50	9.90
3.50	3.50	2.50	4.20
4.00	4.00	2.50	4.00
4.50	4.50	2.50	3.50

ASENTAMIENTO EN ZAPATAS CUADRADAS DF=2.00 M			
ANCHO M	LARGO M	ASENTAMIENTO CM	PRESION CONTACTO T/M2
0.50	0.50	5.00	140.00
1.00	1.00	5.00	72.00
1.50	1.50	5.00	46.00
2.00	2.00	5.00	32.00
2.50	2.50	5.00	26.00
3.00	3.00	5.00	19.80
3.50	3.50	5.00	8.40
4.00	4.00	5.00	8.00
4.50	4.50	5.00	7.00

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

**RACK PRINCIPAL NORTE-SUR**



*Imagen 5.7 Cimentación a base de dados y traves de liga*

Considerando que las contratrabes se llevan los momentos se tiene lo siguiente:

<b>Node</b>	<b>L/C</b>	<b>Force-X Mton</b>	<b>Force-Y Mton</b>	<b>Force-Z Mton</b>	<b>Moment-X MTon-m</b>	<b>Moment-Y MTon-m</b>	<b>Moment-Z MTon-m</b>
1095	21	0.443	47.472	-0.242	0.000	-0.000	0.000
1097	21	0.525	44.345	0.428	0.000	-0.000	0.000
1104	21	0.059	41.179	1.424	0.000	0.000	0.000

<b>Node</b>	<b>L/C</b>	<b>Force-X Mton</b>	<b>Force-Y Mton</b>	<b>Force-Z Mton</b>	<b>Moment-X MTon-m</b>	<b>Moment-Y MTon-m</b>	<b>Moment-Z MTon-m</b>
1095	21	0.443	47.472	-0.242	0.000	-0.000	0.000
1097	21	0.525	44.345	0.428	0.000	-0.000	0.000
1104	21	0.059	41.179	1.424	0.000	0.000	0.000

<b>Node</b>	<b>L/C</b>	<b>Force-X Mton</b>	<b>Force-Y Mton</b>	<b>Force-Z Mton</b>	<b>Moment-X MTon-m</b>	<b>Moment-Y MTon-m</b>	<b>Moment-Z MTon-m</b>
1095	31	0.620	66.460	-0.339	0.000	-0.000	0.000
1097	31	0.735	62.083	0.599	0.000	-0.000	0.000
1104	31	0.083	57.650	1.993	0.000	0.000	0.000
1110	31	0.131	55.837	0.993	0.000	0.000	0.000

<b>Node</b>	<b>L/C</b>	<b>Force-X Mton</b>	<b>Force-Y Mton</b>	<b>Force-Z Mton</b>	<b>Moment-X MTon-m</b>	<b>Moment-Y MTon-m</b>	<b>Moment-Z MTon-m</b>
1104	33	1.624	71.578	7.251	0.000	0.004	0.000
1095	33	1.897	66.341	5.208	0.000	0.002	0.000
1106	33	0.750	64.647	7.754	0.000	0.006	0.000
1102	33	13.878	62.953	6.590	0.000	0.004	0.000

Para la más crítica

# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## Geometría de la zapata

L1 = 0.80 m  
 L2 = 0.80 m  
 L = 1.60 m

B1 = 0.80 m  
 B2 = 0.80 m  
 B = 1.60 m

C1 = 0.400 m  
 C = 0.80 m

D1 = 0.325 m  
 D = 0.65 m

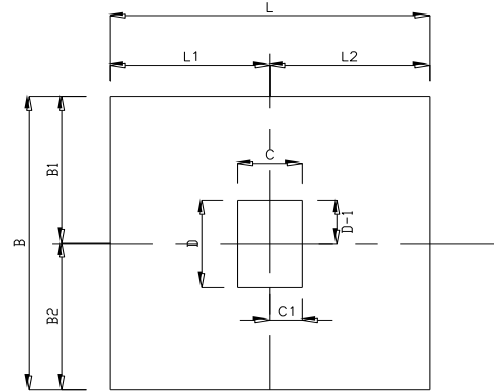
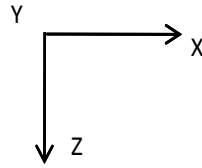
Area = 2.56 m<sup>2</sup>

Area dado = 0.32 m<sup>2</sup>

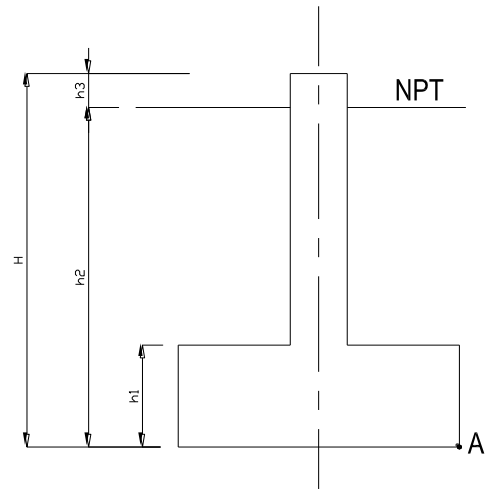
I<sub>xx</sub> = 0.55 m<sup>4</sup>

I<sub>zz</sub> = 0.55 m<sup>4</sup>

h1 = 0.45 m  
 h2 = 2.00 m  
 h3 = 0.20 m  
 H = 2.20 m



PLANTA



ELEVACION

## MATERIALES

concreto  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

acero de refuerzo  $fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Peso volumetrico del concreto  $\gamma_c = 2.4 \text{ ton/m}^3$

Peso volumetrico del relleno  $\gamma_r = 1.8 \text{ ton/m}^3$

Capacidad del terreno  $q_{adm} = 44 \text{ ton/m}^2$

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

Cargas gravitacionales

### CARGAS DE SERVICIO EN LA ZAPATA

P = 47.47 ton.  
Mx = 0.00 t-m  
Mz = 0.00 t-m  
Vx = 0.44 ton.  
Vz = -0.24 ton.

### CARGAS ULTIMAS EN LA ZAPATA

P = 66.46 ton.  
Mx = 0.00 t-m  
Mz = 0.00 t-m  
Vx = 0.62 ton.  
Vz = -0.34 ton.

Cargas accidentales

### CARGAS DE SERVICIO EN LA ZAPATA

P = 57.48 ton.  
Mx = 0.00 t-m  
Mz = 0.00 t-m  
Vx = 1.18 ton.  
Vz = 5.45 ton.

### CARGAS ULTIMAS EN LA ZAPATA

P = 71.58 ton.  
Mx = 0.00 t-m  
Mz = 0.00 t-m  
Vx = 1.62 ton.  
Vz = 7.25 ton.

Peso de la zapata Wz = 2.765 ton.  
Peso del dado Wd = 1.934 ton.  
Peso del relleno Wr = 5.692 ton.  

---

**10.391 ton.**

## REVISION POR VOLTEO

Calculo del momento resistente en direccion X

$$Mr = Wz (B/2) + Wd B/2 + Wr (B/2) + P B/2 = 54.298 \text{ t-m}$$

$$\frac{Mr}{Mact} = 5429824 > 2 \text{ NO HAY VOLTEO}$$

Calculo del momento resistente en direccion Z

$$Mr = Wz (L/2) + Wd L/2 + Wr (L/2) + P L/2 = 54.298 \text{ t-m}$$

$$\frac{Mr}{Mact} = 5429824 > 2 \text{ NO HAY VOLTEO}$$



# DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

## REVISION POR CAPACIDADES DE TERRENO

Calculo de excentricidades

$$e = \frac{Mr - Mact}{R}$$

$$R = 67.873 \text{ ton.}$$

$$ex = 0.80 \text{ m} \quad \text{En direccion X}$$

$$ez = 0.80 \text{ m} \quad \text{En direccion z}$$

$$L/2 - ex = 0 \text{ m} < L/6 = 0.27 \text{ m}$$

$$B/2 - ez = 0 \text{ m} < B/6 = 0.27 \text{ m}$$

LA RESULTANTE CAE EN EL TERCIO MEDIO

LA RESULTANTE CAE EN EL TERCIO MEDIO

Calculo de reacciones en el terreno:

$$q = \frac{P}{A} \quad \text{Para cargas gravitacionales}$$

$$q = \frac{P}{A} + \frac{Mx}{Ixx} (B/2) + \frac{Mz}{Izz} (L/2) \quad \text{Para cargas accidentales}$$

Para cargas de servicio gravitacionales:

$$q = 22.603 \text{ t/m}^2$$

Para cargas ultimas gravitacionales:

$$q = 30.020 \text{ t/m}^2$$

Para cargas de servicio accidentales

$$q1 = 26.513 \text{ t/m}^2$$

$$q2 = 26.513 \text{ t/m}^2$$

$$q3 = 26.513 \text{ t/m}^2$$

$$q4 = 26.513 \text{ t/m}^2$$

Para cargas ultimas accidentales

$$q1 = 32.019 \text{ t/m}^2$$

$$q2 = 32.019 \text{ t/m}^2$$

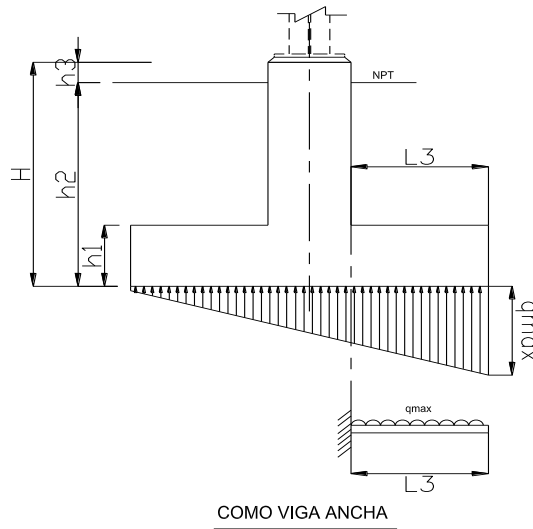
$$q3 = 32.019 \text{ t/m}^2$$

$$q4 = 32.019 \text{ t/m}^2$$

Todas las cargas actuantes sobre del terreno son menores a la capacidad admisible de carga del terreno.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

Revisión de peralte de zapata:



$$\begin{aligned}
 h1 &= 0.45 \text{ m} \\
 bw &= 100 \text{ cm} \\
 d &= 38 \text{ cm} \\
 L3 &= 0.475 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$q_{max} = 32.02 \text{ t/m}^2$$

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$M_{act} = q L^2 / 2 = 3.612 \text{ t-m} = 361215 \text{ kg-cm}$$

$$V_{act} = q * L = 15.209 \text{ ton.} = 15209 \text{ kg}$$

REVISION POR CORTANTE

$$V_c = \phi (0.53 \lambda \sqrt{f'c} bw d) = 23883 \text{ kg} > V_{act} \quad \text{SE ACEPTA EL PERALTE}$$

$$\lambda = 1$$

$$\phi = 0.75$$

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

---

REVISION POR FLEXION

$$\phi M_n = \phi A_s f_y d \left( 1 - 0.59 \frac{A_s f_y}{b d f_c'} \right) \geq M_u,$$

$$M_u - \phi A_s f_y d \left( 1 - 0.59 \frac{A_s f_y}{b d f_c'} \right) \leq 0.$$

$$\phi = 0.85$$

$$\rho_{min} = \frac{0.8 \sqrt{f_c'}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y}.$$

$$\rho_{min} = \frac{0.8 \sqrt{f_c'}}{f_y} = 0.0030$$

$$\frac{14}{f_y} = 0.0033 \quad \text{Este es el porcentaje minimo a flexion}$$

Se propone porcentaje minimo como primera opción:

$$A_{smin} = \rho b w d = 12.67 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$\phi M_n = 1661585.4 \text{ kg-cm} > M_{act} \quad \text{SE ACEPTA EL ARMADO}$$

Se propone Vs # 6 @ 20 Para cara inferior

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

### REVISION POR PENETRACION

Esfuerzo cortante permisible de acuerdo al ACI-318-08 cap. 11.12.2

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \sqrt{f'_c}$$

b= lado largo / lado corto= 80/65 = 1.23  
 $V_c = 2.21 \text{ Mpa} = 22.52 \text{ kg/cm}^2$  ecuación 11-

$$V_c = 0.083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \sqrt{f'_c}$$

Para el dado:

b= 0.65 m L= 0.80 m  
 as= 40 columnas interiores  
 d= 0.43 m  
 b0= 4.62 m Perimetro  
 Ao= 1.99 m<sup>2</sup>  
 $V_c = 2.35 \text{ Mpa} = 24.0 \text{ kg/cm}^2$

$$V_c = 0.33 \sqrt{f'_c}$$

$V_c = 1.63 \text{ Mpa} = 16.7 \text{ kg/cm}^2$  ecuación 11-33

$V_c \text{ min} = 16.65 \text{ kg/cm}^2$

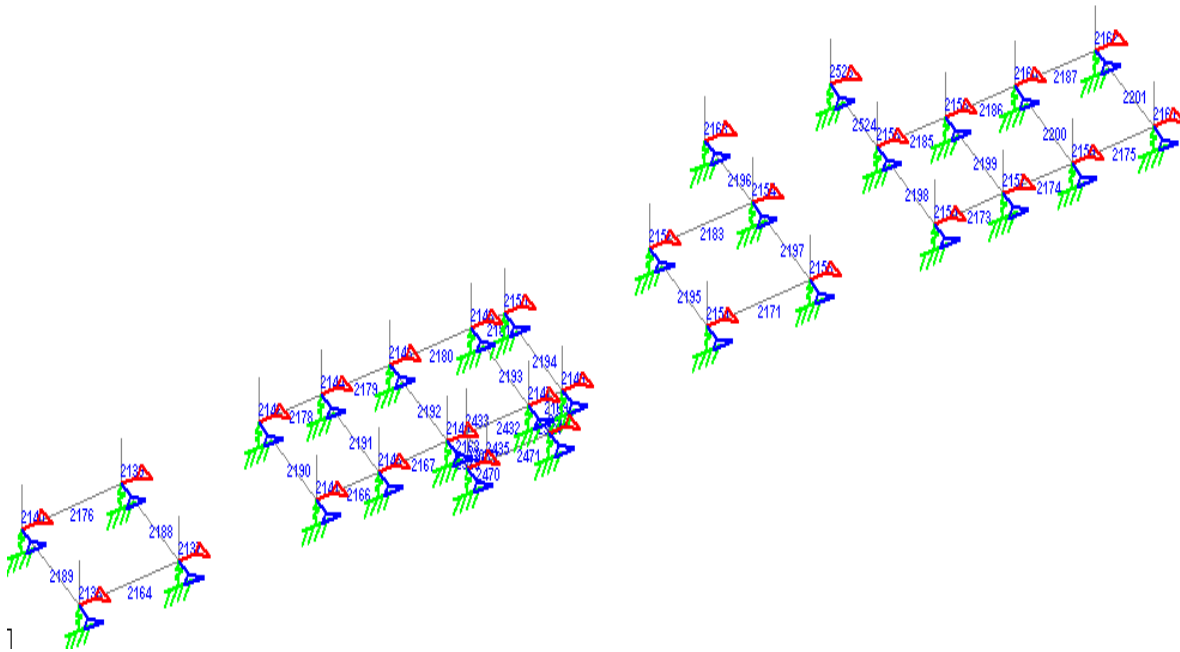
$\phi = 0.75$  Cortante y torsión

$\phi V_c = 12.49 \text{ kg/cm}^2$

$V_u = P_u / A_o = 3.60 \text{ kg/cm}^2 < V_c \text{ min.}$

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

- Diseño traveses de Contratraveses



Las Contratraveses se diseñan considerando que estas absorben todos los momentos de volteo que transmite la superestructura a la cimentación. Las Traveses de liga se dividen en los siguientes grupos:

- Contratraveses transversales “CT-1”

De igual forma que para la superestructura se determina aquella viga que presenta las solicitaciones más desfavorables en este caso el miembro número 2190

Beam	L/C	Node	Axial Force Mton	Shear-Y Mton	Shear-Z Mton	Torsion MTon-m	Moment-Y MTon-m	Moment-Z MTon-m
2190	33	1100	0.000	11.506	0.000	0.639	0.000	40.125
2190	33	1099	0.000	11.570	0.000	0.481	0.000	32.549
2188	33	1097	0.000	9.953	0.000	0.498	0.000	32.525
2192	33	1104	0.000	9.392	0.000	0.288	0.000	30.988
2193	33	1106	0.000	9.246	0.000	1.441	0.000	30.611
2190	23	1100	0.000	8.502	0.000	0.467	0.000	29.093
2191	33	1102	0.000	8.492	0.000	0.376	0.000	28.081
2188	33	1095	0.000	9.636	0.000	0.454	0.000	27.720
2192	33	1103	0.000	6.886	0.000	0.927	0.000	24.777

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

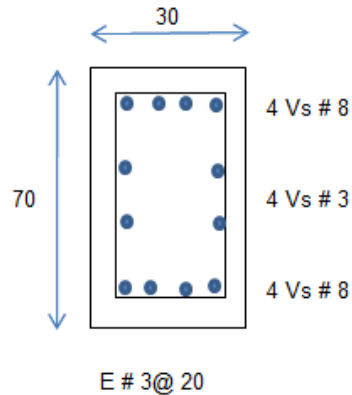
---

---

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

El Croquis 7 muestra el armado para las Contratraves “CT-1”.



*Croquis 7 Armado de Contratrabe “CT-1”*

- Contratraves Longitudinales “CT-2”

Estas contratraves presentan solicitaciones menores que las “CT-1” por lo que su acero de refuerzo es menor como se puede ver a continuación.

Beam	L/C	Node	Axial Force Mton	Shear-Y Mton	Shear-Z Mton	Torsion MTon-m	Moment-Y MTon-m	Moment-Z MTon-m
2179	33	1102	0.000	10.598	0.000	0.406	0.000	35.124
2167	33	1101	0.000	9.889	0.000	0.836	0.000	28.843
2185	33	1116	0.000	8.961	0.000	0.580	0.000	26.514
2179	23	1102	0.000	7.997	0.000	0.296	0.000	26.069
2167	23	1101	0.000	7.379	0.000	0.649	0.000	21.119

Checando la más crítica:

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES**

---

---



## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

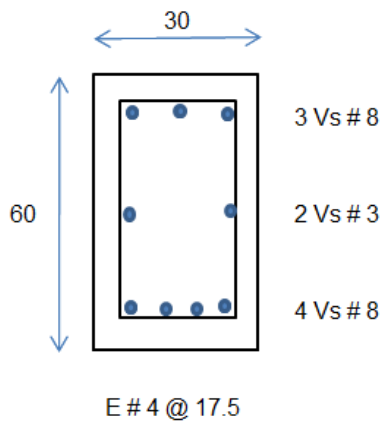
---

El acero de refuerzo longitudinal solicitado en el lecho inferior es de  $11.43 \text{ cm}^2$  y que se alcanza con 3 var #8 =  $15.21 \text{ cm}^2$ .

El acero de refuerzo longitudinal solicitado en el lecho superior es de  $19.69 \text{ cm}^2$  y que se alcanza con 4 var #8 =  $20.28 \text{ cm}^2$ .

Para el refuerzo por cortante se requieren estribos del #3 de dos ramas con una separación de  $s = 27 \text{ cm}$ .

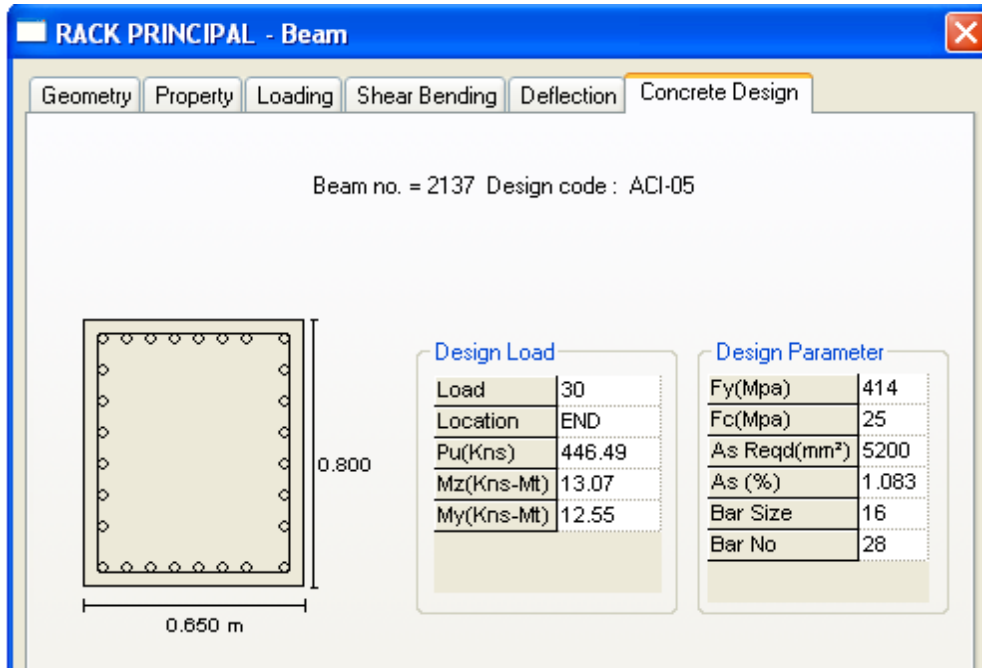
El Croquis 8 muestra el armado para las Contrtrabes "CT-2".



*Croquis 8 Armado de Contrtrabe "CT-2"*

**- Diseño traveses de Dados:**

De igual forma que para las contratrabes se determina aquel elemento que presenta las solicitaciones más desfavorables en este caso el miembro número 2137



Acero de refuerzo en dados:

$$A_s = 14 V_s \# 8 = 70.94 \text{ cm}^2$$

Se colocarán estribos del # 3 @ 15

## 7.0 Procedimiento Constructivo.

La primera etapa para la construcción de un Rack es la cimentación, donde los dados y las contratrabes se construyen con un habilitado del acero de refuerzo en forma continua, se deben dejar ahogadas las anclas necesarias para recibir la estructura metálica ver Imagen 7.1 y el colado de los elementos de concreto se hace de forma monolítico ver Imagen 7.2.



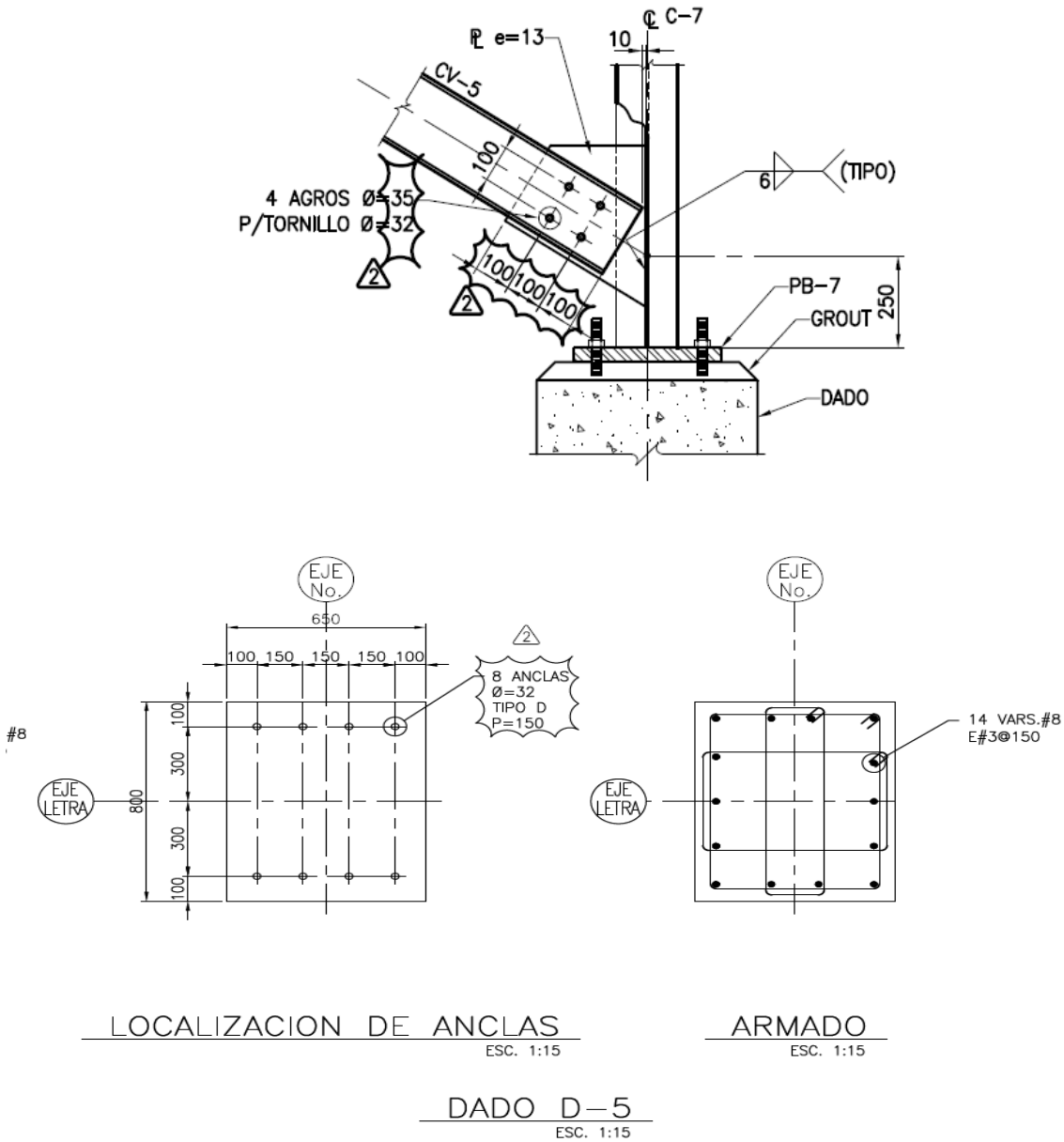
*Imagen 7.1 Habilitado de refuerzo en trabes de liga y dados para la cimentación de un Rack*



*Imagen 7.2 Colado monolítico de la cimentación para un Rack de Tuberías*

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

En la segunda etapa se construye la superestructura, la cual se conforma de marcos transversales y vigas longitudinales de acero estructural prefabricado en taller. El taller es el encargado de cortar y preparar cada uno de los elementos para su instalación, es responsabilidad del taller hacer llegar al cliente los planos de taller para su aprobación antes de trasladar los elementos estructurales al sitio. Una vez que estos elementos se encuentran cortados y listos se integraran a la cimentación mediante un procedimiento de izaje, empotrando las columnas con placa base en los dados con sus anclajes, el Croquis 9 muestra a detalle el resultado de este.

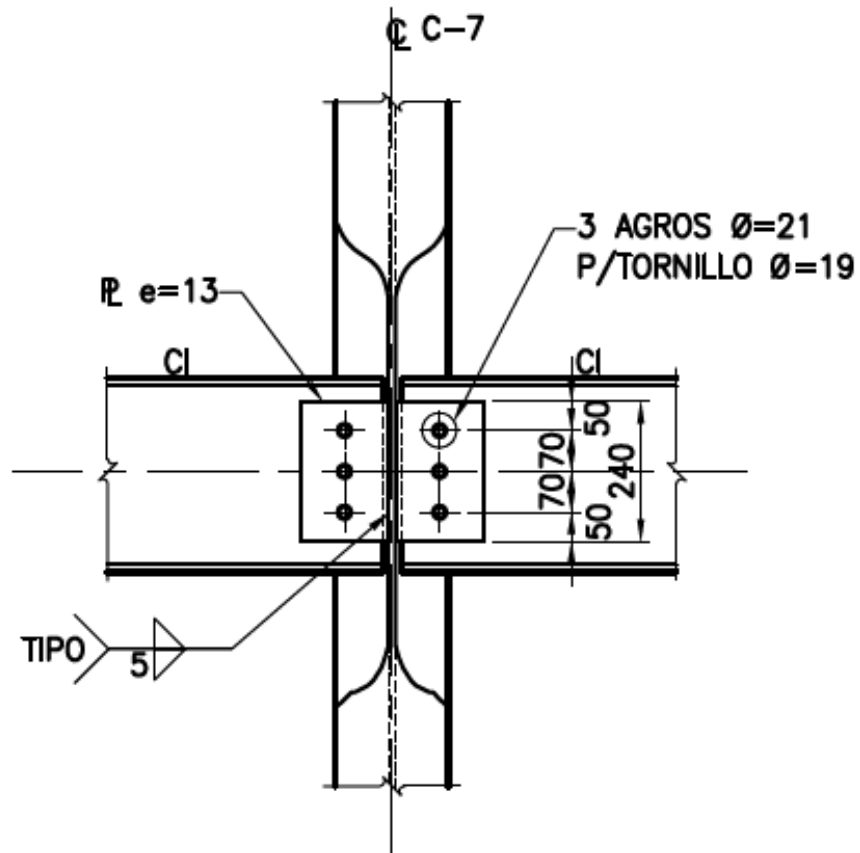


*Croquis 9 Detalle de empotramiento de columna C-1 en dados*

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

Para ligar los marcos transversales se utilizan las vigas longitudinales "Puntales", por lo que, para lograr una continuidad de la estructura se debe contemplar una conexión a cortante mostrada en Croquis 11.



*Croquis 11 Conexión a cortantes puntales longitudinales a columna*

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN RACK DE ACERO ESTRUCTURAL PARA PLANTAS INDUSTRIALES

---

Podemos ver estos procedimientos para el montaje de la superestructura del Rack en las siguientes imágenes.



*Imagen 7.3 Montaje de marcos transversales de Rack de Tuberías*



*Imagen 7.4 Almacenaje de columnas de Rack de Tuberías*

## **8.0 Conclusiones.**

En conclusión, el análisis, diseño y construcción de un Rack de Tuberías con lleva el estudio de aspectos que no son propios de una estructura común. Con esta tesis se está proporcionando una herramienta que auxilia al ingeniero civil en el detallado para su análisis y diseño que influye de forma importante en los costos y tiempos de ejecución de obra.

## Bibliografía

Meli R, Bazán E. *Diseño Sísmico de Edificios*, Limusa, México  
González O. *Aspectos fundamentales del Concreto reforzado*, Limusa, 4ta edición. México.

Comisión Federal de Electricidad. *Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Sismo*, Departamento de Difusión IIE, México D.F.

Comisión Federal de Electricidad. *Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento*, Departamento de Difusión IIE, México D.F.

ASCE/SEI 7-10, Minimum Design Loads for Building and Other Structures

ACI 318-08, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

Diseño de Estructura de Acero Manual AISC –LRFD, 3ª Ed.

Manual IMCA 4ta edición, Manual de construcción en acero, diseño por esfuerzos permisibles del Instituto Mexicano de la construcción en Acero



## **Anexos**

- 1.0 Cargas de tuberías
- 2.0 Cargas de charolas eléctricas
- 3.0 Corrida de modelo matemático (STAD Pro)
- 4.0 Planos estructurales

Todos los anexos se encuentran el disco DVD anexo.