

45



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TORRES DE
ACERO PARA SITIOS DE TELEFONIA
CELULAR"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTAN:
HIRAM GARCIA GARCIA
HECTOR MORENO ALVAREZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



MEXICO, D. F.

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACIÓN

DISCONTINUA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/069/01

Señores
HIRAM GARCÍA GARCÍA
HÉCTOR MORENO ÁLVAREZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. MIGUEL ANGEL RODRIGUEZ VEGA**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA
SITIOS DE TELEFONÍA CELULAR"**

- I. INTRODUCCION
- II. ANTECEDENTES
- III. NORMATIVIDADES
- IV. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL
- V. CIMENTACIONES
- VI. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS
- VII. EVALUACIÓN DE PROYECTOS
- VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitario a 7 de abril de 2001.
EL DIRECTOR

[Signature]
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
CIB GMP/MSF

[Signature]
Rejo Yanis Ricardo Roberto

TRABAJO AUTORIZADO PARA
REVISIÓN DE SEGURIDAD

21-03-02

[Signature]
Miguel A. Rodríguez Vega

Ve. Bol.
[Signature]
24/01/02

Ve. Bol.
23/01/2002
E. Montoya B
Carlos Montoya B

GRACIAS

A MIS PAPÁS (Juan y Rosy)

Por ser las personas más importantes en mi vida de las cuales he aprendido todo lo que soy. Por enseñarme con ejemplos que la vida está hecha de pequeños grandes momentos los cuales te forjan y te permiten disfrutarla y sobre todo por enseñarme que el único límite que tenemos los seres humanos somos nosotros mismos.

Gracias por todo.

A MIS HERMANOS (Jorge y Silvia)

Por todos sus consejos, su amor y sus enseñanzas, por enseñarme que las cosas más importantes de la vida son aquellas que se hacen en familia, con amor y sin ningún interés más que atender el llamado de la sangre.

Gracias por todo.

A MI SOBRINA (Mary Fer)

Por recordarme que las cosas más importantes de la vida son las que parecen ser más intrascendentes.

Gracias pequeña.

A MIS CUÑADOS (Belem y Ricardo)

Por aceptar, querer y cuidar a mi familia.

Gracias.

A LA CHIQUIS

Por todo su tiempo, amor, ternura y comprensión, así como ser el complemento perfecto de mi vida. Te amo.

Gracias mi amor.

A MIS MUERTOS (Jenny, Mamá Cruz, Esperanza, Ana María, Jazmín)

Por estar siempre en mi corazón y permanecer vivos en mis recuerdos.

Jenny: Gracias por ser como fuiste y lo prometido es deuda.

Gracias.

A MI FAMILIA (García Beltrán y García Ibieta)

Por la fortuna de contar con una familia como la nuestra en donde lo que importa es la unidad y no los protagonismos. Los quiero a todo.

Gracias.

GRACIAS

A MI OTRA FAMILIA (Millán Horita, Millán y Horita)

Por abrirme las puertas de su casa y corazón así como confiarme una de sus prendas más queridas. Gracias Glandy, Yuka, Toño y Gloria.

A MIS SOCIOS (Horacio, Edita, Manuel Anguas, El Tío, Ricardo, Malco, José Manuel y Toño)

Gracias por confiar en mi y por haberme acompañado en este sueño que ahora es una realidad.

AL ING. HECTOR MORENO

Por acompañarme más de un año en esta aventura y por haberlo hecho tan bien.
Gracias.

AL ING. MARCO MILLÁN

Por todos sus sabios consejos y por ser un ejemplo como persona y como profesional.
Gracias.

AL ING. MOSHE LAZAROVITCH

Por compartir conmigo todo su conocimiento.
Gracias.

A MIS AMIGOS (Fernando, Giovanni, Marco, Tatiana, Horacio, Edita, Pily, Los Ángeles de Charly y El Club de Toby)

Por estar conmigo en las diferentes etapas de mi vida y aceptarme como soy.
Gracias a todos.

A OTRAS FAMILIAS (Mazari Marino, Quirós Pérez, Karam Perea, González Zapata, Mejía Serranía, Hernández Álvarez, Peña Tristán, Septiem Morales, Rivera)

Por hacerme sentir parte de su familia.
Gracias a todos.

A LA VIDA, A LA UNAM Y A DIOS

Por perfeccionarme como ser humano.

... Gracias a todos.

Atentamente Hiram García

Gracias

Este trabajo es la culminación de una de las etapas más importante de mi vida, por esa razón quiero dedicárselo, y darle las gracias a todas las personas que me ayudaron a realizarlo, pero en especial a:

Mis **Papas** que me apoyaron y me brindaron todo el amor que necesitaba para culminar mis metas. Gracias por la paciencia , apoyo y alegrías que me dieron.

A mi hermana **Vero**, por su apoyo, complicidad y tener tanta fuerza por vivir.

A mi hermana **Iliana** y **Víctor**, por sus alegrías, apoyo y preocupaciones.

A **Ela** por su amor, comprensión, alegrías, y buenos momentos que me ha hecho pasar.

Gracias a mi amigo **Hiram** por el hecho de compartir este trabajo tan importante para nosotros.

Gracias a mis amigos de una universidad, que me brindaron todo su apoyo, comprensión y alegrías, principalmente **Gerardo, Mario, Toño, Rodrigo, Juan** y **Tere**.

Gracias a la **UNAM** por darme una formación universitaria y por enseñarme las maravillas de la ingeniería.

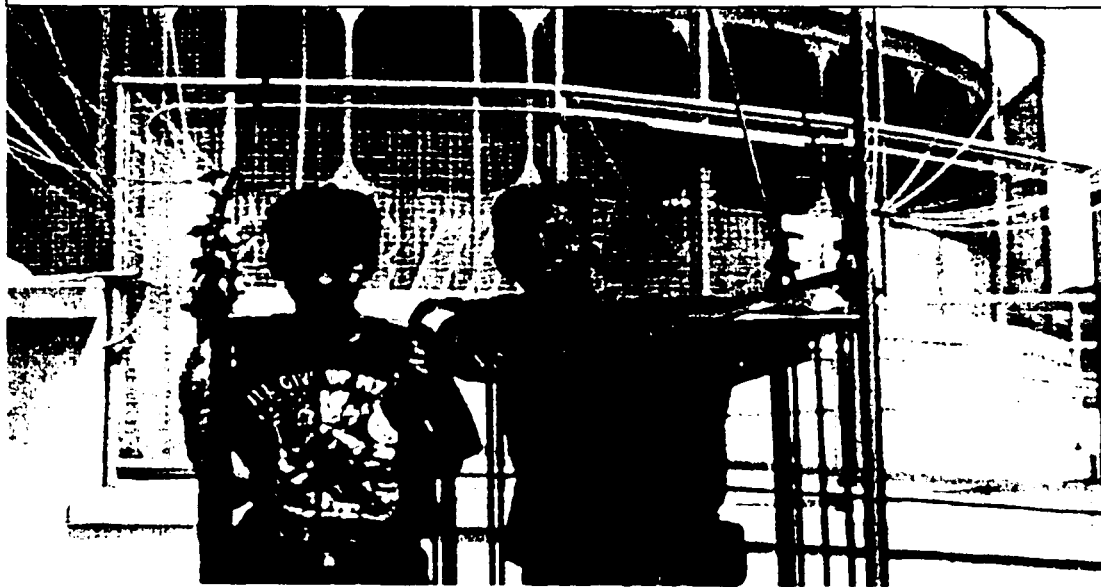
A todos.

Muchas Gracias

Héctor Moreno

La amistad es una de esas cosas que no te das cuenta hasta que estas involucrado.

Pool.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELEFONÍA CELULAR

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

I. ANTECEDENTES

I.1	Introducción a las torres de acero.....	1
I.2	Necesidades de las telecomunicaciones en la actualidad	1
I.3	Materiales y secciones.....	3
I.3.1	General	3
I.3.1.1	Madera.....	3
I.3.1.2	Concreto reforzado.....	5
I.3.1.3	Acero.....	7
I.3.2	Selección del material para el diseño de torres.....	10
I.3.3	Selección de la sección para el diseño de torres.....	10

II. NORMATIVIDADES

II.1	Diseño por viento.....	19
II.1.1	TIA/EIA STANDARD	19
II.1.1.1	Materiales.	19
II.1.1.2	Cargas.	20
II.1.1.2.1	Definiciones.....	20
II.1.1.2.2	Nomenclatura utilizada para el diseño.....	20
II.1.1.2.3	Criterios, fórmulas y tablas para el diseño.....	21
II.1.1.3	Esfuerzos.....	27
II.1.1.3.1	Criterios y fórmulas para el diseño.....	27
II.1.1.3.2	Curvas y figuras.....	30
II.1.1.4	Manufactura y mano de obra.....	34
II.1.1.5	Acabados de fábrica.....	34
II.1.1.6	Plano, tolerancia de ensamblaje y marcado de elementos.....	34
II.1.1.7	Cimentación y anclaje.....	35

II.1.1.7.1 Definiciones.....	35
II.1.1.7.2 Criterios y fórmulas para el diseño.....	35
II.1.1.7.3 Condiciones especiales.....	37
II.1.1.7.4 Planos de cimentación.....	37
II.1.1.8 Requerimientos operacionales.....	38
II.1.1.8.1 Definiciones.....	38
II.1.1.8.2 General.....	38
II.1.1.9 Sistema de tierras.....	38
II.1.1.9.1 Definiciones.....	38
II.1.1.9.2 General.....	38
II.1.1.10 Ascenso y facilidades para trabajar.....	39
II.1.1.10.1 Definiciones.....	39
II.1.1.10.2 General.....	39
II.1.1.11 Mantenimiento e impresión.....	40
II.1.1.12 Análisis de torres y estructuras existentes.....	41
II.1.1.13 Diseño por viento para antenas de microondas y reflectores típicos.....	41
II.1.2 Manual De Diseño De Obras Civiles – Diseño por Viento, C.F.E.....	42
II.1.2.1 Alcances.....	42
II.1.2.2 Requisitos generales para el diseño estructural.....	43
II.1.2.3 Clasificación de la estructura según su importancia.....	44
II.1.2.4 Clasificación de la estructura según su respuesta a la acción del viento.....	46
II.1.2.5 Efectos del viento que deben considerarse.....	47
II.1.2.6 Determinación de la velocidad de diseño V_D	48
II.1.2.6.1 Categoría del terreno y clases de estructuras.....	49
II.1.2.6.2 Factor de exposición F_α	50
II.1.2.6.3 Factor de tamaño F_χ	51
II.1.2.6.4 Factor de rugosidad y altura Fr_z	51

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELEFONÍA CELULAR

II.1.2.6.5 Factor de topografía Ft.....	52
II.1.2.6.6 Presión dinámica de base qz.....	50
II.1.2.7 Análisis dinámico.....	54
II.1.2.7.1 Limitaciones.....	54
II.1.2.7.2 Determinación de la velocidad de diseño VD.....	54
II.1.2.7.3 Presiones y fuerzas sobre estructuras sensibles a efectos dinámicos.....	55
II.1.3 Cálculo de pernos y bridas.....	60
II.1.3.1 Criterios y fórmulas.....	60

III. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

III.1 Análisis y diseño de torre tipo HH de 48 metros de altura y velocidad de

viento de diseño de 100 millas por hora para sitios de telefonía celular.....	64
III.1.1 Mediante normas TIA/EIA STANDARD.....	64
III.1.1.1 Método manual para cálculo de piernas primera iteración.....	64
III.1.1.2 Método manual para cálculo de diagonales.....	83
III.1.1.3 Método manual para cálculo de piernas segunda iteración.....	91
III.1.1.4 Método computarizado para cálculo de piernas y diagonales....	106
III.1.1.5 Cálculo mediante STAAD PRO.....	139
III.1.1.6 Cálculo de placas y bridas.....	140
III.1.2 Mediante manual de C.F.E.....	142
III.1.2.1 Método general para cálculo de fuerza de viento.....	142
III.1.2.2 Método manual para cálculo de piernas.....	151
III.1.2.3 Método manual para cálculo de diagonales.....	155
III.1.2.4 Método computarizado para cálculo piernas, diagonales y bridas	161
III.1.2.5 Cálculo mediante STAAD PRO.....	187
III.1.2.6 Cálculo de placas y bridas.....	188

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELEFONÍA CELULAR

III.1.3 Planos.....	189
III.1.3.1 Planos de Manufactura.....	189
IV. CIMENTACIONES	
IV.1 Cargas de diseño y fórmulas.....	190
IV.1.1 Generalidades.....	190
IV.1.2 Análisis estructural.....	190
IV.1.3 Diseño estructural.....	190
IV.2 Características de estudios de mecánica de suelos.....	192
IV.2.1 Trabajo de campo.....	192
IV.2.2 Pruebas de laboratorio.....	193
IV.2.2.1 Propiedades índice.....	193
IV.2.2.2 Propiedades mecánicas de resistencia.....	194
IV.2.2.3 Resultados de laboratorio.....	194
IV.2.2.4 Descripción estatigráfica.....	194
IV.2.3 Parámetros de diseño.....	196
IV.2.4 Diseño geotécnico.....	196
IV.2.4.1 Capacidad de carga a compresión en cimentaciones superficiales	196
IV.3 Tipo de cimentación propuesta.....	197
IV.3.1 Torre HH mediante normas TIA/EIA STANDARD.....	197
IV.3.2 Torre HH mediante C.F.E.....	201
V. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	
V.1 Procedimiento general para obtener la licencia de construcción.....	205
V.1.1 Alineamiento y número oficial.....	205
V.1.2 Concesión de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T) para la instalación de una red de telefonía celular.....	206

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELEFONÍA CELULAR

V.1.3 Certificado de zonificación de uso de suelo.....	206
V.1.4 Aeronáutica Civil.....	209
V.1.5 Autorización de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI)	209
V.1.6 Cuerpo de la licencia de construcción.....	210
V.2 Procedimiento constructivo para sitios de telefonía celular.....	213
V.2.1 Preparación del sitio, trazo y nivelación.....	213
V.2.2 Excavación.....	213
V.2.3 Trabajos de concreto.....	214
V.2.4 Relleno.	216
V.2.5 Erección de la torre.....	216
V.2.6 Trabajos generales.....	217
VI. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA EN EL DISEÑO DE TORRES DE TELEFONÍA CELULAR	
VI.1 Evaluación técnica.....	218
VI.2 Comparación del área sólida contra las secciones.	219
VI.3 Comparación del peso contra las secciones.....	220
VI.4 Evaluación económica.	220
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	221
BIBLIOGRAFÍA.....	223

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELEFONÍA CELULAR

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo es mostrar los diferentes procedimientos de diseño permitidos en México para torres de acero para telefonía celular, ejemplificando mediante el diseño de una torre de 48 m de altura con una velocidad del viento de 100 mph, mediante los reglamentos de Comisión Federal de Electricidad y el Structural Standards for Steel Antena

En el capítulo I se comenta de la historia de las torres de acero y de las necesidades de las telecomunicaciones en la actualidad, así como se mencionan algunos tipos de materiales que se usan para la construcción de las torres.

En el capítulo II se enumera las normatividades y criterios de diseño para ambos manuales

En el capítulo III se desarrolla el análisis y diseño estructural de ambas torres. En este capítulo encontraremos el procedimiento manual de diseño de ambas estructuras, un programa de cálculo mediante la hoja electrónica de Excel y por último, el cálculo mediante STAAD PRO.

En el capítulo IV se verificará la cimentación que requiere cada una de las torres con base al estudio de mecánica de suelos que se presenta en ese mismo capítulo..

En el capítulo V se describe la parte legal así como los aspectos constructivos tales como desplante de la estructura, montaje e instalaciones que se requieren para la construcción de las torres.

En el capítulo VI se realiza la evaluación técnica y económica. La primera se realiza mediante la cuantificación de la eficiencia de cada torre. La evaluación económica se realiza mediante la comparación del costo de las torres. Además se formularon dos gráficas de comparación.

Por último en el capítulo VII se dan las conclusiones y recomendaciones que se generan de este trabajo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELEFONÍA CELULAR

I. ANTECEDENTES

I. ANTECEDENTES

I.1 Introducción a las torres de acero.

Dentro de la historia del diseño de torres se han visto varios intentos por lograr utilizar los materiales más eficientes para estos fines, por lo cual podemos ver una gran variedad de torres, como por ejemplo las torres de transmisión las cuales son diseñadas para soportar conductores de fase así como los cables de las líneas de conducción, los tipos de torre que se utilizan para las transmisiones pueden ser tanto en forma de postes como en forma de armaduras. Las estructuras en forma de armadura generalmente son constituidas por secciones angulares de acero, mientras que los postes pueden ser de madera, acero o concreto. Asimismo cada tipo de estructuras pueden ser autoportadas o arriostradas.

Las torres autoportadas constan de una cimentación para contrarrestar los momentos de volteo así como las cargas muertas de diseño ya que todos los esfuerzos horizontales producidos por los efectos del viento sobre las piernas de la torre se convierten en cargas axiales, las cuales son tomadas por las diagonales y horizontales, y momentos, en donde el momento resultante es soportado por la cimentación de la torre. Este tipo de torres generalmente son utilizadas en espacios abiertos en donde existe suficiente espacio como para construir la cimentación, y las alturas de este tipo de estructuras generalmente oscilan entre los 30 metros y los 90 metros.

En el caso de las torres arriostradas al igual que en las autoportadas los esfuerzos verticales son tomados por las diagonales y horizontales, pero los momentos resultantes son abatidos por tensores ubicados en diferentes puntos de las piernas de la torre y fijados a estructuras lejanas de la base de la torre. Generalmente estos bloques de concreto en donde son fijados los tensores de las torres tienen una configuración de tres y con un radio a partir del centro de la torre de 120° entre sí, aun que también podemos ver configuraciones de más arriostres, pero entre mayor sea el número de estos, mayor es la carga de compresión que se aplica a la base de la estructura. Para lograr abatir el momento en la base de este tipo de torres, se diseñan como libremente articuladas en este punto y son generalmente utilizadas en azoteas, sus alturas oscilan entre 10 y 35 metros.

I.2 Necesidades de las telecomunicaciones en la actualidad

En estos días es difícil pensar que alguien niegue conscientemente que la información tiene un valor; la información ha ido ganando importancia conforme la gente que toma decisiones está convencida de que ésta se puede asociar a un valor real, frecuentemente ligado a un valor material o económico. Esto es distinto de lo que ocurría en otras épocas, en que predominaban otros bienes y servicios, que tenían mayor valor económico. A las épocas de grandes cambios en la historia de la humanidad, se les han asignado nombres especiales: el Renacimiento, la Ilustración, Revolución Industrial... En nuestros días, última década del siglo XX, es de tal importancia poseer, administrar

y transmitir información, que toda la humanidad se ve y se seguirá viendo afectada, influida y posiblemente dominada por quienes tienen, administran y transmiten este recurso, razón por la cual a esta época se le han impuesto los calificativos de "sociedad de la información" o de "revolución electrónica", éste último debido a la facilidad con que se transmite la información por medio de los sistemas modernos basados en dispositivos electrónicos.

Uno de los aspectos más abstractos e importantes de la información es que su valor puede disminuir a lo largo del tiempo. Es decir, en un momento determinado a alguien le puede interesar contar con cierta información, pero ese interés puede decrecer o incluso desaparecer algún tiempo después. Por otra parte, es necesario que la información sea de interés para el individuo que la adquiere o recibe, quien, además, no debe conocer a priori su contenido; en caso contrario, dicha información le resultará irrelevante. Es evidente que este estado de incertidumbre no necesariamente tiene que ser consciente ni voluntario.

La información se origina en una fuente y se hace llegar a su destinatario por medio de un mensaje a través de un canal de comunicación; el destinatario generalmente se encuentra en un punto geográfico distante, o por lo menos, separado de la fuente. La distancia entre fuente y destinatario puede variar desde pocos centímetros (al hablar frente a frente a un volumen normal) hasta cientos y aun miles de kilómetros (como es el caso de transmisiones telefónicas intercontinentales o de transmisiones desde y hacia naves espaciales).

Esto constituye precisamente el problema central de las telecomunicaciones, ya que al haber una fuente que genera información en un punto y un destinatario en otro punto geográfico distante del primero, se trata de saber cuál es la mejor manera de hacer llegar al destinatario la información generada por la fuente, de manera rápida (por la dependencia temporal de la importancia de la información), segura (para garantizar que la información no caiga en manos de alguien que haga mal uso de ella, o a quien simplemente no estaba destinada), y veraz (para garantizar que en el proceso de transmisión no se alteró el contenido de la información). En nuestros días, influidos fuertemente por aspectos de tipo económico, intervienen además otros factores, tales como el costo de hacer llegar la información de la fuente a su destino. Si el costo no fuera determinante, con seguridad conversáramos telefónicamente con amistades o parientes en otros países sin importar la duración de las llamadas.

El problema central de las telecomunicaciones también fue definido con claridad por Shannon, nuevamente con una sencillez asombrosa, quien estableció que un sistema de comunicaciones consiste en cinco componentes:

- 1) una fuente de información
- 2) un transmisor de información cuya función consiste en depositar la información proveniente de la fuente en un canal de comunicaciones

- 3) un canal de comunicaciones, a través del cual se hace llegar la información de la fuente al destino
- 4) un receptor que realiza las funciones inversas del transmisor, es decir, extrae la información del canal y la entrega al destinatario
- 5) un destinatario.

Las telecomunicaciones se han convertido en un satisfactor de necesidades cotidianas de un importante número de habitantes y corporaciones de este planeta. Sin embargo, pocos se han preguntado cómo opera cada sistema, y qué importancia tiene en un mundo donde la transmisión de información a distancia es un fenómeno común y cada vez más necesario.

Un Sistema de Telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones. Se denomina "red de telecomunicaciones" a la infraestructura encargada del transporte de la información. Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso.

Para fines ilustrativos, se puede establecer una analogía entre las telecomunicaciones y los transportes. En estos últimos, la red está constituida por el conjunto de carreteras de un país y lo que en ellas circulan son vehículos, que a su vez dan servicio a personas o mercancías. En las telecomunicaciones se transporta información a través de redes de información.

En general se puede afirmar que una red de telecomunicaciones consiste en los siguientes componentes: a) un conjunto de nodos en los cuales se procesa la información, y b) un conjunto de enlaces o canales que conectan los nodos entre sí y a través de los cuales se envía la información desde y hacia los nodos. Y es así como entre más nodos desarrollemos en el país se tendrá una mejor red de telecomunicación.

I.3 Materiales y secciones.

I.3.1 General

I.3.1.1 Madera

Propiedades mecánicas

Debido a que la madera es un material compuesto, no sigue la ley de Hook a grandes esfuerzos, pero en su lugar siguen un comportamiento visco-elástico. A esfuerzos muy grandes, pueden ocurrir deformaciones permanentes. La madera es resistente a la tensión paralela al grano, su resistencia es del orden de 100 Mpa para una madera suave típica. Perpendicular al grano su resistencia es alrededor

de 4 Mpa. A la compresión sus valores de resistencia se reducen a la mitad, debido al colapso de las estructuras celulares y del pandeo de las fibras de madera.

Existen tres principales modos de fallas por cortante en la madera los cuales son:

- a) Cortante perpendicular al grano
- b) Cortante paralelo al grano
- c) Cortante enrollante

Este último ocurre cuando el plano de falla es paralelo al grano, pero la dirección deslizante es perpendicular al grano, por lo tanto las fibras se enrollan unas con otras. La madera es más fuerte cuando el cortante es perpendicular al grano y más débil cuando el cortante es enrollante.

Consideraciones especiales para la madera.

La madera es un material natural, celular, anisótropo (sus propiedades físicas son distintas en distintos planos), visco-elástico y por su origen natural contiene una gran cantidad de inclusiones y otros defectos.

Un aspecto de la madera que requiere ser considerado es la afectación de sus propiedades físicas, mecánicas y funcionamiento debida a la humedad. La cantidad de humedad existente en la madera es descrita por el contenido de humedad (CH), que se define como el peso del agua contenido en la madera como un porcentaje del peso de la madera secada en horno. Como la madera es secada, el agua primero se evapora de las cavidades de las celdas, posteriormente mientras el proceso de secado continúa el agua contenida en las paredes de las celdas es expulsada. El contenido de humedad en el cual el agua es totalmente evaporada de las celdas de las cavidades, pero las paredes de las celdas se encuentran saturadas es llamado punto de saturación de fibra (PSF). Este es muy variable entre los diferentes tipos de madera, pero se encuentra en el orden de 24% al 34%. El PSF es una cifra importante a medida que mas propiedades físicas y mecánicas dependen de los cambios en CH debajo del PSF, y el CH de la madera en típicas aplicaciones estructurales está por debajo del PSF. Finalmente la disipación y absorción de humedad de la madera es hacia y del ambiente circundante. Cuando ya no existe transferencia de humedad entre la madera y el ambiente, se dice que la madera ha alcanzado su equilibrio de contenido de humedad (ECH).

Para aplicaciones estructurales, la madera es secada a un contenido de humedad cercano al esperado en servicio, anteriormente a su dimensionamiento y uso.

Las propiedades mecánicas de la madera también se encuentran en función del CH. Sobre el PSF, la mayoría de las propiedades no varían con los cambios en CH, pero muchas de sus propiedades varían en proporciones considerables cuando el CH esta por debajo del PSF.

1.3.1.2 Concreto reforzado

1. Características tipos y propiedades del concreto.

El concreto es un material pétreo, artificial, obtenido de a mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agregados y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos o adicionantes, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

El peso volumétrico del concreto es elevado en comparación con el de otros materiales de construcción y como los elementos estructurales de concreto son generalmente voluminosos, el peso es una característica que debe tomarse en cuenta. Su valor oscila entre 1.9 y 2.5 ton / m³ dependiendo principalmente de los agregados pétreos que se empleen. Alguna de las otras características del concreto se ve influidas por su peso volumétrico. Por esta razón algunos reglamentos de construcción establecen disposiciones que dependen del peso volumétrico. El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, por ejemplo, define dos clases de concreto: clase 1, que tiene un peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 ton / m³, y clase 2, cuyo peso volumétrico esta comprendido entre 1.9 y 2.2 ton / m³.

El concreto simple, sin refuerzo, es resistente a la compresión, pero es débil en tensión, lo que limita su aplicabilidad como material estructural. Para resistir tensiones, se emplea refuerzo de acero, generalmente en forma de barras, colocado en zonas donde se prevé que se desarrollarán tensiones bajo las acciones de servicio. El acero restringe el desarrollo de las grietas originadas por la poca resistencia a la tensión del concreto.

El uso del acero no está limitado a la finalidad anterior. También se emplea en zonas de compresión para aumentar la resistencia del elemento reforzado, para reducir las deformaciones debidas a cargas de larga duración y para proporcionar confinamiento lateral al concreto, lo que indirectamente aumenta su resistencia a la compresión.

La combinación del concreto simple con refuerzo constituye lo que se llama concreto reforzado.

El concreto se clasifica según su resistencia a la compresión, que varia de 2000psi (14Mpa) a 7000psi (48Mpa). El concreto debe curarse para desarrollar su resistencia nominal, debe mantenerse húmedo durante por lo menos los primeros siete días posteriores al colado y en este lapso obtiene aproximadamente el 75% de su resistencia a la compresión nominal. Aun que su resistencia se incrementa con los años, normalmente se utiliza la resistencia a los 28 días para determinar su resistencia nominal.

Los esfuerzos de trabajo permisibles en el concreto son típicamente de 25% de la resistencia nominal a los 28 días, esto es, un concreto clasificado como de 2000psi (14Mpa) tendrá un esfuerzo permisible de 500psi (3.4Mpa).

El concreto presforzado es una modalidad del concreto reforzado, en la que se crea un estado de esfuerzos de compresión en el concreto antes de la aplicación de las acciones. De este modo, los esfuerzos de tensión producidos por las acciones quedan contrarrestados o reducidos. La manera más común de presforzar consiste en tensar el acero de refuerzo y anclarlos en los extremos del elemento.

Para dimensionar estructuras de concreto reforzado es necesario utilizar métodos que permitan combinar el concreto simple y el acero de tal manera que se aprovechen en forma racional y económica las características especiales de cada uno de ellos.

Existen dos procedimientos principales para construir estructuras de concreto. Cuando los elementos estructurales se forman en su posición definitiva, se dice que la estructura ha sido colocada in situ o colocada en el lugar. Si se fabrica en un lugar distinto al de su posición definitiva en la estructura, el procedimiento recibe el nombre de prefabricación.

El primer procedimiento obliga a una secuencia determinada de operaciones, ya que para iniciar cada etapa es necesario esperar a que se haya concluido la anterior. Por ejemplo, no puede procederse a la construcción de un nivel de la torre hasta que en nivel inferior haya adquirido la resistencia adecuada. Además, es necesario construir obras falsas muy elaboradas y transportar el concreto fresco del lugar de fabricación a su posición definitiva, operaciones que influyen decisivamente en el costo.

Con el segundo procedimiento se economiza tanto en la obra falsa como en el transporte del concreto fresco y se pueden realizar simultáneamente varias etapas de construcción. Por otra parte, este procedimiento presenta el inconveniente del costo adicional de montaje y transporte de los elementos prefabricados y, además, el problema de desarrollar conexiones efectivas entre los elementos.

2. Secciones.

El concreto se fabrica en estado plástico, lo que obliga a utilizar moldes que lo sostenga mientras adquiere resistencia suficiente para que la estructura sea autosoportada. Esta característica impone ciertas restricciones pero al mismo tiempo aporta ciertas ventajas. Una de ellas es su "moldeabilidad", propiedad que brinda al proyectista gran variedad en la elección de sus secciones. Sin embargo en el caso de torres para telecomunicaciones es difícil trabajar con estos moldes por la altura que se tiene de las mismas.

1.3.1.3 Acero

1. Tipos de acero

De acuerdo a la "American Society of Testing and Materials (ASTM)" podemos clasificar al acero en su gran mayoría como:

Aceros al carbón (ASTM A36, ASTM A529, ASTM 709)

Adicionalmente al hierro, el principal ingrediente de este tipo de acero es el carbón (Máximo contenido 1.7%) y manganeso (máximo contenido 1.65%), con un pequeño porcentaje de silicón de cobre (menos de 0.6%). Dependiendo de la cantidad del contenido de carbón se pueden definir diferente tipos de aceros al carbón:

Acero de bajo contenido de carbono el contenido de carbón es menor al 0.15%.

Acero de moderado contenido de carbono el contenido de carbón varía del 0.15 al 0.29%.

Acero de mediano contenido de carbono el contenido de carbono varía del 0.30 al 0.59%.

Acero de alto contenido de carbono el contenido de carbono varía del 0.60 al 1.70%.

El acero al carbón estructural mayormente usado es el de moderado contenido de carbono. Es extremadamente dúctil y es adecuado tanto para ser remachado como para ser soldado. El acero ASTM A36 es utilizado con mayor frecuencia para construcciones. El acero ASTM A529 es ocasionalmente usado para estructuras de marcos y armaduras soldadas o con pernos. El ASTM 709 es principalmente usado para puentes.

Aceros de alta resistencia y baja aleación (ASTM A441, ASTM A572)

Este acero posee resistencia incrementada como resultado de la presencia de uno o más agentes aleantes tales como el cromo, cobre, níquel, silicón, vanadio y otros en adición a los elementos básicos del acero que son el hierro, carbón y manganeso. Normalmente la cantidad total de todos los elementos aleantes es menor al 5% del total de la composición. Este acero generalmente tiene mayor capacidad de resistencia a la corrosión que los aceros al carbón. El acero A441 fue descontinuado en 1989, el cual fue sustituido por el acero A572.

Aceros resistentes a la corrosión de alta resistencia y baja aleación (ASTM A242, ASTM A588)

Estos aceros tiene un incremento en la capacidad de resistencia a la corrosión debido a la adición de cobre como un elemento aleante. La corrosión es severamente retardada cuando se forma sobre la superficie del acero una capa de patina (una película metálica oxidada).

Este proceso de oxidación normalmente se alcanza entre uno y tres años y se reconoce por una apariencia distintiva de coloración del acero entre rojizo, café y negro. Para llevar acabo este proceso, el acero debe ser sometido a una serie de ciclos de humedecido y secado. Estos aceros especialmente el ASTM 588, son utilizados principalmente para puentes y torres de transmisiones en lugar del acero galvanizado cuando los miembros tienen un difícil acceso para ser pintados.

Aleaciones de acero templado y sofocado (ASTM A852, ASTM A514, ASTM A709, ASTM A852)

Las cantidades de elementos de aleación utilizados en estos tipos de acero en su gran mayoría son los utilizados en los aceros al carbón y de poca aleación. En adición son tratados en calor por sofocado y templado para incrementar su resistencia. Estos aceros no presentan puntos de fluencia bien definidos.

TABLA I.3.1.1 TIPOS DE ACERO

Designación de ASTM	F _y (ksi) ^a	F _u (ksi) ^a	Usos generales
A36	36	58-80	Estructuras ribeteadas, con pernos o soldadas
A529	42 50	60-85 70-100	Los mismos que el A36. Su mayor limite de fluencia permite ahorrar en peso. A529 reemplazó a A441.
A572 Grado 42	42	60	Similar al A441. El grado 60 y 65 no son recomendables para estructuras soldadas.
Grado 50	50	65	
Grado 60	60	75	
Grado 65	65	80	
A242	42 46 50	63 67 70	Estructuras ribeteadas, con pernos o soldadas. Usado cuando se requiere disminuir el peso y un incremento en la resistencia a la corrosión atmosférica. Requiere especificaciones especiales para soldadura.
A588	42 46 50	63 67 70	Similar a A242, supera en cuatro veces la resistencia a la corrosión atmosférica al A36.
A709 Grado 30	36	58-80	Generalmente es utilizado para puentes
Grado 50	50	65	

Grado 50W	50	70	
Grado 70W	70	90-110	
Grado 100&100W	90	100-130	
Grado 100&100W	100	110-130	
A852	70	90-110	Placas para construcciones soldadas y de pernos en donde se desea obtener resistencia a la corrosión atmosférica.
A514	90-100	100-130 110-130	Principalmente para estructuras soldadas. Reducir el uso de la ductilidad es importante.

^a 1 ksi = 6.895 Mpa

^b 1 in. = 25.4 mm

2. Protección para la corrosión

La corrosión atmosférica ocurre cuando el acero es expuesto a continuamente al contacto con agua y oxígeno. El porcentaje de corrosión puede ser reducido si se utiliza alguna barrera para impedir el contacto de la superficie del acero con el agua y el oxígeno. Pintar la superficie de acero resulta ser una solución práctica y no tan costosa para eliminar la corrosión.

La "Steel Structures Painting Council" provee especificaciones para la preparación de las superficies de acero para pintura protectora de la corrosión. En lugar de pintar, pueden ser utilizados otros materiales protectores así como epóxicos u otros minerales y polímeros compuestos. Otra alternativa es la utilización de acero resistente a la corrosión como el acero ASTM A242 y A588 o en su defecto utilizar acero galvanizado.

3. Secciones de acero estructural

Las secciones disponibles de acero utilizadas para la construcción se encuentran en una gran variedad de formas y tamaños. En general, hay tres procedimientos por lo cual las secciones del acero pueden ser formadas: Rolado en caliente, formado en frío y soldado. Todas las secciones de acero deben ser manufacturadas de acuerdo a los estándares de ASTM. Las secciones comúnmente usadas son wide ange (W), american estándar beam (S), bearing pile (HP), American Standard channel (C), angle (L), y tee (WT) así como barras, placas, tubos y secciones tubulares. Las secciones H son denominadas como secciones misceláneas (M).

1.3.2 Selección del material para el diseño de torres.

Dentro de los alcances de este trabajo se encuentra el diseño de torres del tipo autosoportadas, por lo cual se requiere contar infraestructura y una superestructura, las cuales las podemos definir como la cimentación y en si la estructura que constituirá el cuerpo de la torre.

Para el caso de la cimentación no tenemos ninguna duda en la utilización del concreto reforzado debido a las propiedades que nos ofrece, como son su resistencia a la compresión, su maniobrabilidad y su cualidad de poder darle la forma más adecuada. La resistencia de diseño utilizada para el concreto de la cimentación será de 250 kg cm^2 y será requisito para la construcción de ésta que el concreto sea premezclado en planta.

Para el caso de la superestructura podemos ver debido a las características de los diferentes materiales presentados anteriormente, que la madera no es útil para este tipo de estructuras ya que es un material anisotrópico lo que ocasiona que sus propiedades resistivas difieran dependiendo del punto y forma de aplicación de las cargas, y este tipo de estructuras se ven sometidas a cargas en diversas direcciones y que sobre pasan las resistencias nominales de las maderas. El segundo material mencionado es el concreto reforzado, mediante el cual podemos soportar las cargas ocasionadas a la estructura, pero las secciones y el peso serían un factor que incrementarían los costos.

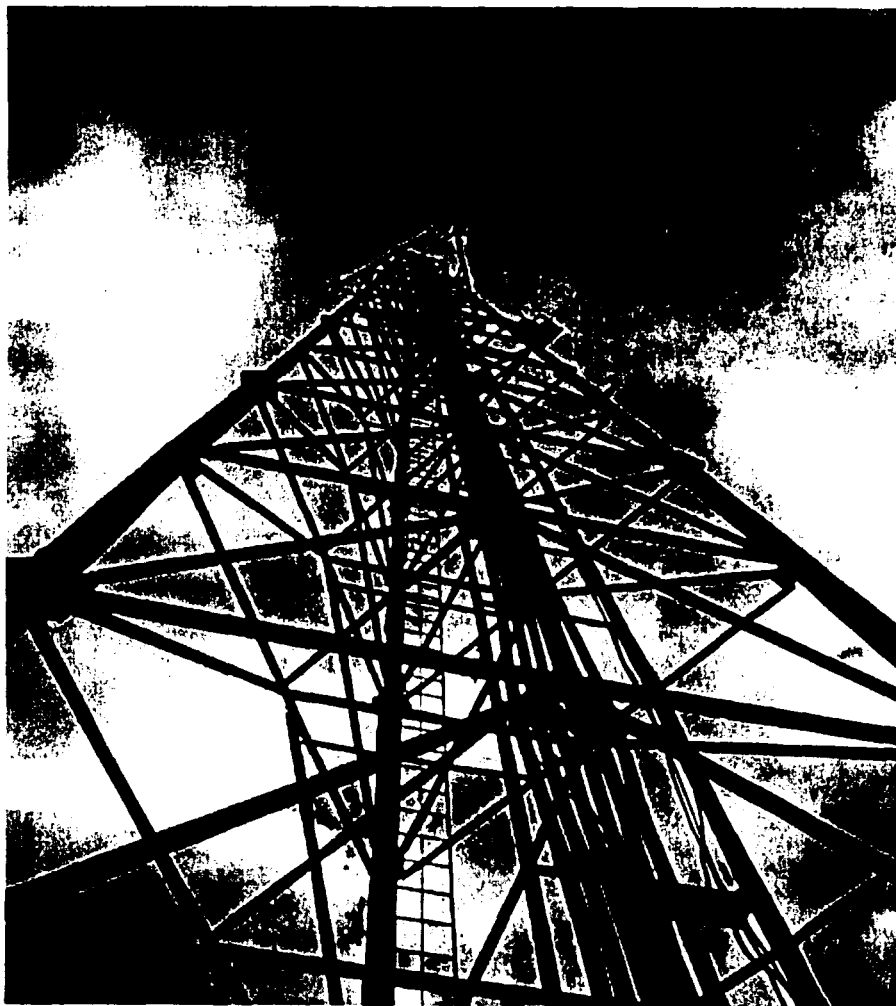
Por esto, debido a las ventajas que presenta en cuanto a resistencia, mantenimiento, maniobrabilidad y secciones, hemos optado por desarrollar el diseño de las torres de celosía en acero estructural. Los diferentes tipos y resistencias utilizados para todos los elementos que componen a este tipo de estructuras serán especificados y determinados a lo largo de los capítulos de diseño.

1.3.3 Selección de la sección para el diseño de torres.

Como se mencionó anteriormente, las secciones existentes para los elementos de acero pueden ser perfiles, ángulos, o tubos, por esto para decidir el tipo de secciones a utilizar recurrimos a la experiencia de las muchas torres que para los propósitos de telefonía celular existen. Esto lo podemos apreciar en el resumen fotográfico que se muestra a continuación:

Es importante recalcar que todo el acero que se utilizará para el diseño de la estructura será del tipo A-36 galvanizado por inmersión en caliente.

RESUMEN FOTOGRÁFICO



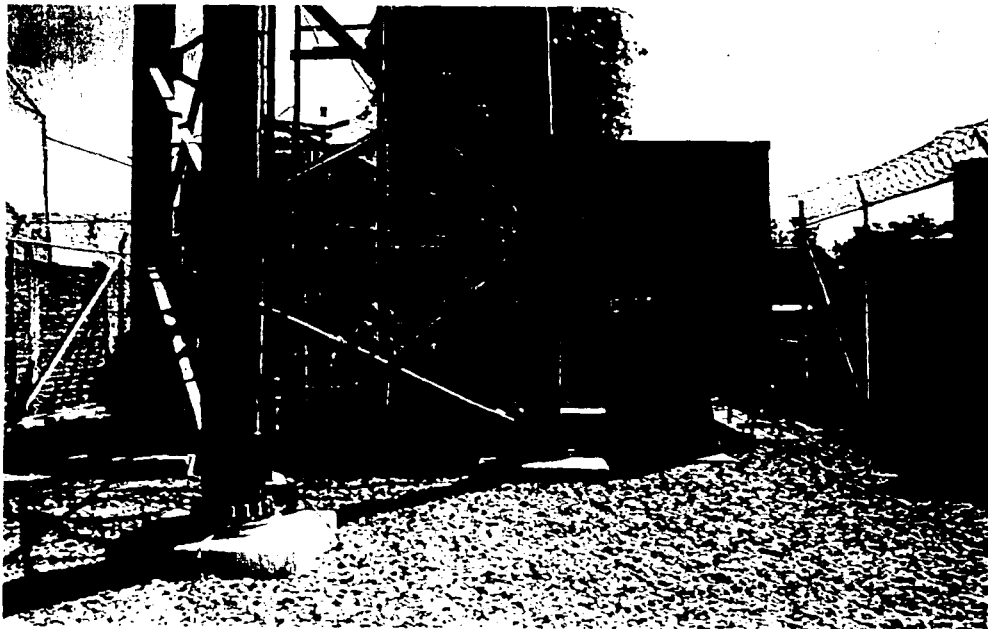
Torre autoportada de 42 metros de altura con secciones tubulares tanto en piernas como en diagonales

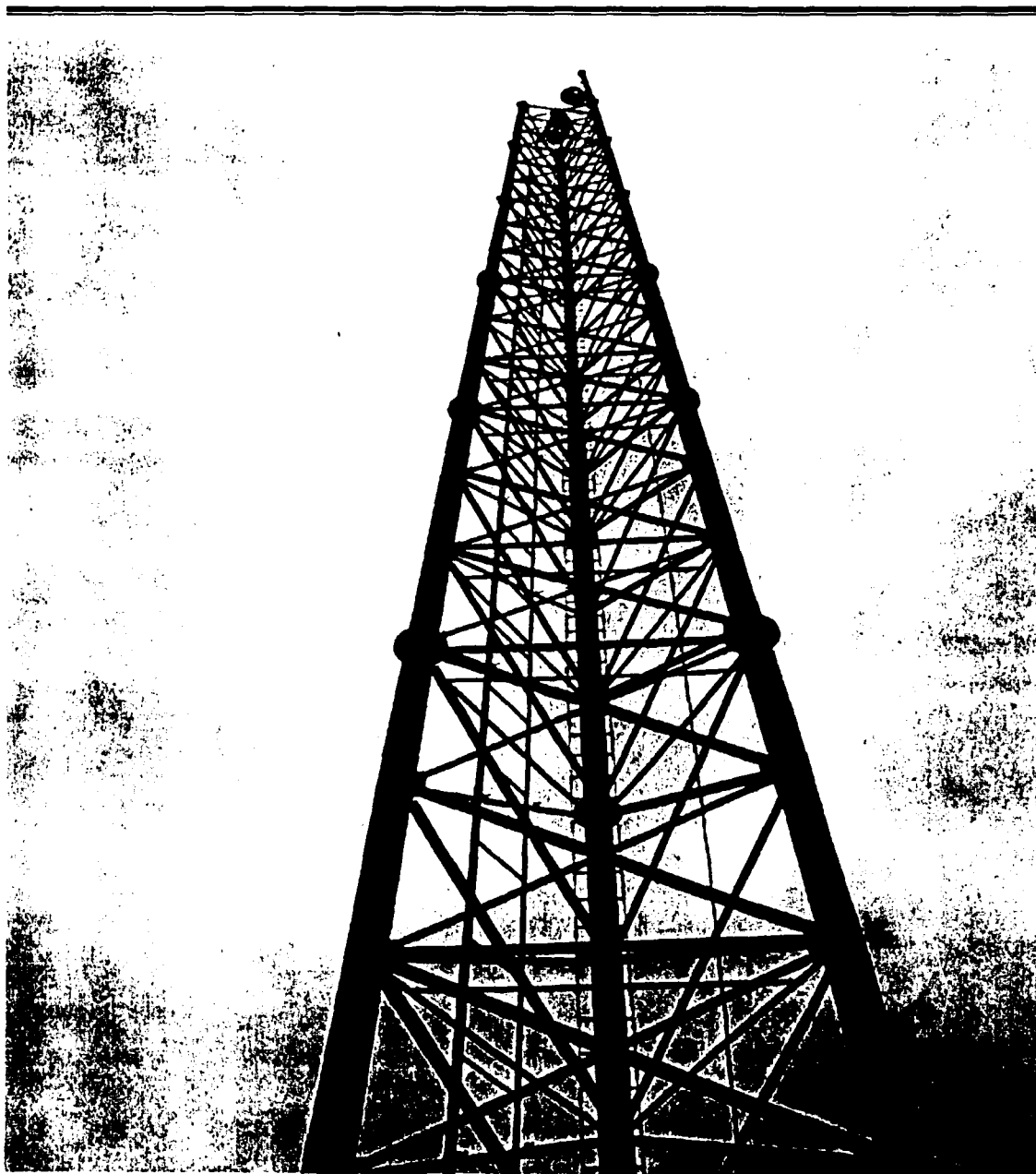


Torre autoportada esbelta de 42 metros de altura con secciones tubulares en piernas y ángulos en diagonales

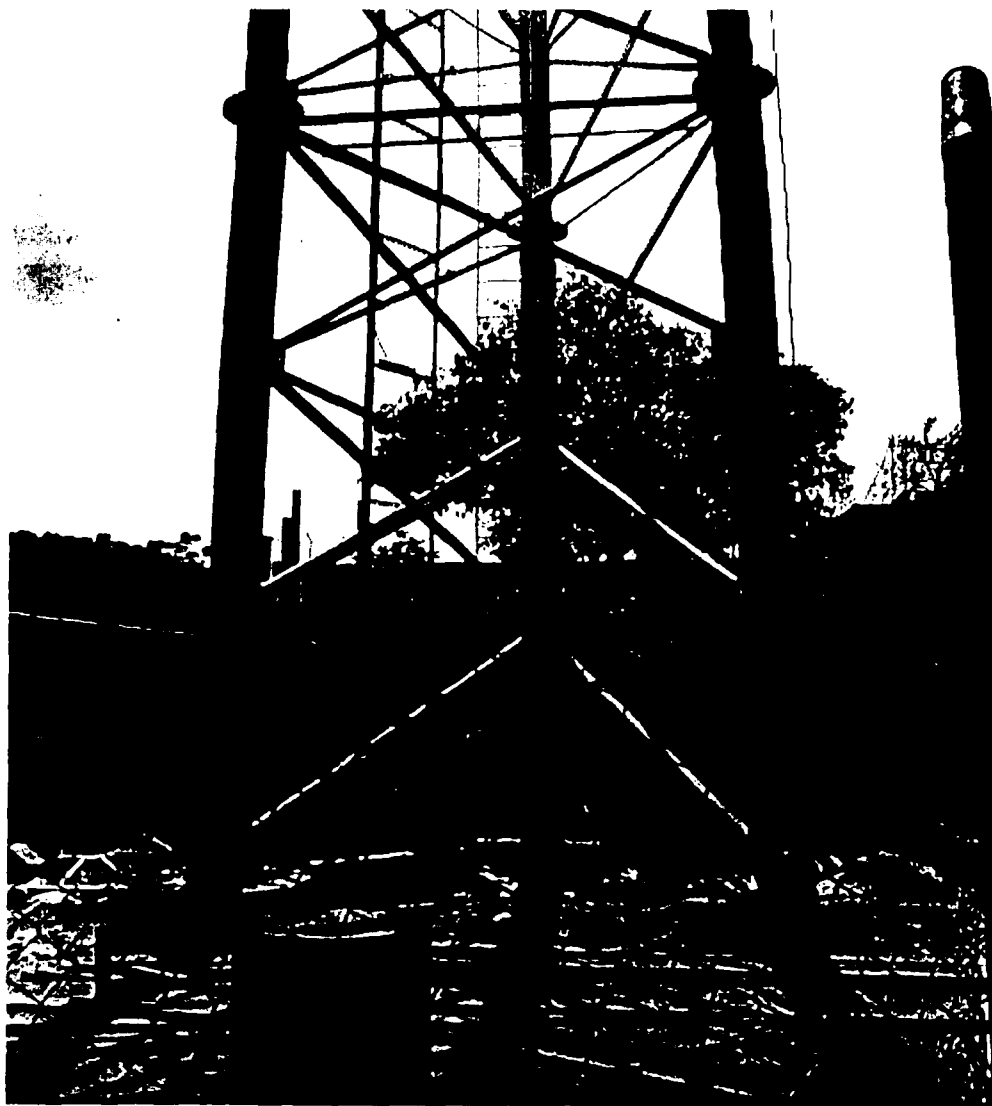


Bridas de sección circular, ángulos y pernos.

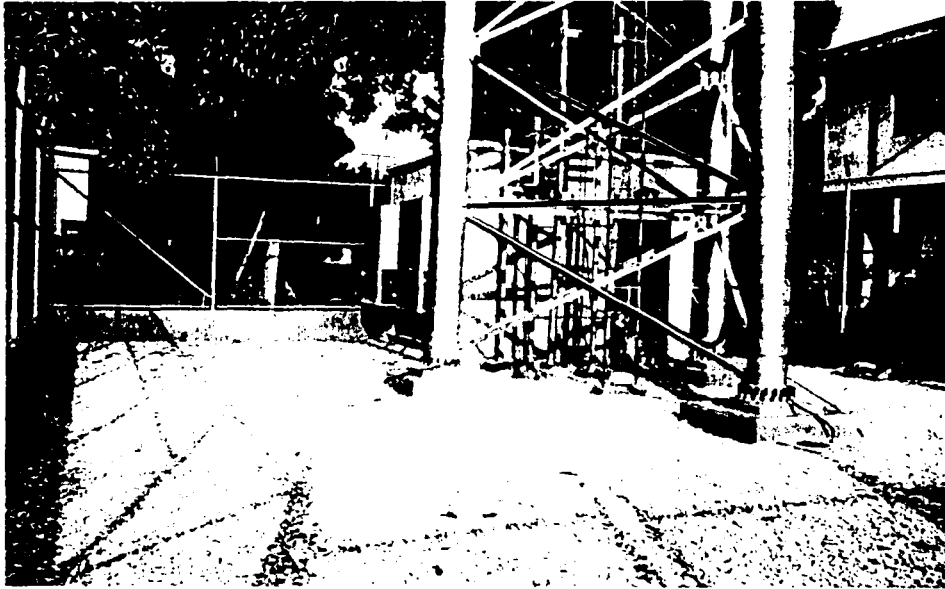




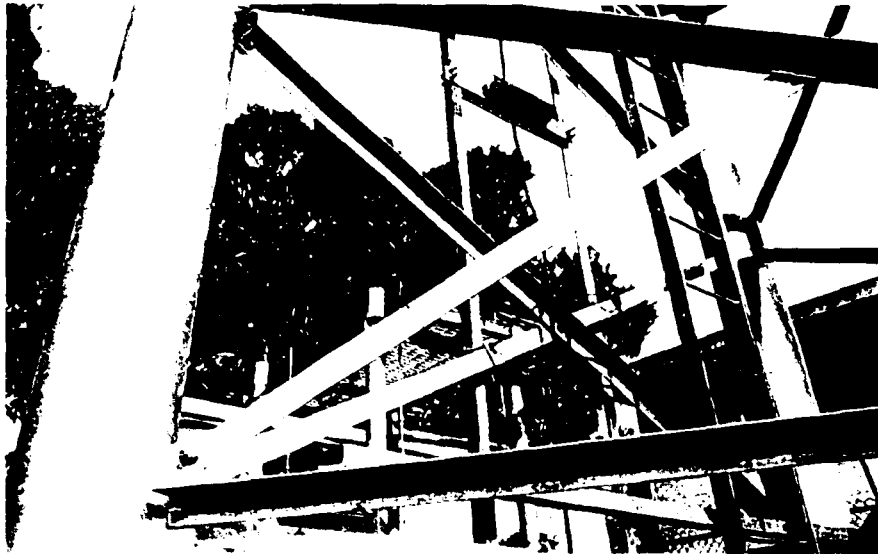
Torre esbelta autoportada de 48m con piernas tubulares y tanto diagonales como horizontales angulares



Torre autoportada de 42 m con tubos y ángulos



Torre de autosoportada de 48 m





Como podemos observar, en la mayoría de las torres presentadas se utilizan tubos de acero galvanizado para los elementos estructurales que constituyen las piernas de la estructura, así como se puede apreciar la utilización tanto de secciones angulares "L" para las diagonales así como tubos de diámetros entre $\frac{1}{2}$ " y 1".

En resumen, para el diseño de las torres que a continuación llevaremos a cabo utilizaremos tubo negro galvanizado para los elementos estructurales que constituirán las piernas y para nuestro caso específico utilizaremos secciones angulares "L" tanto para los elementos diagonales como para los horizontales de la estructura. Para el diseño de bridas y placas de conexión, utilizaremos placas de acero A-36 de diversos calibres.

II. NORMATIVIDADES

II. NORMATIVIDADES

II.1 Diseño por viento.

II.1.1 TIA/EIA STANDARD

II.1.1.1 Materiales

Los materiales y especificaciones que deben utilizarse para el diseño de torres de acero mediante estas normas son los siguientes:

- a) Para el acero estructural, acero forjado, acero fundido y pernos, deben utilizarse conforme a "Specification for Structural Steel Buildings – Allowable Stress Design and Plastic Design" del American Institute of Steel Construction (AISC junio-1-1989)
- b) Los miembros de acero estructural de calibre ligero deben tener una cualidad estructural como la que se define en "Specification for Design of Cold-Formed Steel Structural Members" del American Iron and Steel Institute (Agosto-19-1986).
- c) Los materiales para estructuras y accesorios de postes tubulares de acero deben ser conforme al "Tapered Tubular Steel Structures" sección 7 del ANSI/NEMA TT1-1983.
- d) Cuando se utilizan materiales diferentes a los mencionados anteriormente, el proveedor deberá dar certificados concerniente a las propiedades químicas y mecánicas de estos.
- e) Para los pernos y tuercas de ensamblaje:
 1. Para conexiones de deslizamiento crítico y conexiones sujetas a tensión en donde la aplicación de cargas externas resulte en acciones curiosas por la deformación de las partes conectadas, deben ser utilizados pernos de alta resistencia enroscados a la tensión mínima especificada en "Specification for Structural Joints Using ASTM A325 o A490 Bolts" (AISC Noviembre-13-1985)
 2. Las conexiones de soporte deben ser utilizados pernos de alta resistencia enroscados a tensión media como la definida en "Specification for Structural Joints Using ASTM A325 o A490 Bolts" (AISC Noviembre-13-1985)
 3. Cuando sea requerido utilizar pernos de alta resistencia y enroscados acorde a las especificaciones de la AISC, no es necesario utilizar tuercas de seguridad.

4. Los pernos no cubiertos requieren de tuercas de seguridad.
5. Los pernos de acero galvanizado por inmersión en caliente A490 no pueden ser utilizados.

II.1.1.2 Cargas

En este apartado se definirán algunos conceptos básicos utilizados en el diseño de torres de acero.

II.1.1.2.1 Definiciones

- a) Carga muerta: Es el peso propio de la torre, los arriostres y los accesorios.
- b) Cargas por viento: Estas se refieren a la velocidad básica del viento, que para el caso de la república mexicana se obtiene del "Manual de Diseño Obras Civiles - Diseño por Viento" (Comisión Federal de Electricidad C.F.E. 1993)
 1. Velocidad básica del viento: Es la velocidad máxima del viento a una altura sobre el nivel del terreno de 10 metros (33 pies) con una probabilidad anual del 0.02 por ciento, esto es equivalente a un periodo de retorno de 50 años.
- c) Accesorios: Son los aditamentos que se sujetan a la torre tales como antenas, líneas de transmisión, platos de microondas, escaleras, equipo de iluminación, plataformas, señales, charolas de cables, etc.
 1. Accesorios discretos: son aquellos cuya carga se asume como concentrada en un punto.
 2. Accesorios lineales: son aquellos cuya carga se asume como distribuida sobre una superficie de la estructura.

II.1.1.2.2 Nomenclatura utilizada para el diseño

- Aa: Área proyectada sobre accesorios lineales.
Ac: Área proyectada sobre accesorios discretos.
Ae: Área efectiva proyectada de los componentes estructurales en una cara.
Af: Área proyectada de los componentes estructurales planos en una cara.
Ag: Área gruesa de una de las caras de la estructura como si fuera sólida.
Ar: Área proyectada de los componentes estructurales redondos en una cara.
C: Coeficiente de velocidad para coeficientes de fuerza de postes tubulares.
Ca: Coeficiente para accesorios lineales o discretos.
Cf: Coeficiente de fuerza para estructuras.
D: Carga muerta de la estructura, guías y accesorios.

- Df: Factor de dirección del viento sobre componentes estructurales planos.
 Dp: Diámetro promedio o el menor promedio de espesor de un poste estructural tubular.
 Dr: Factor de dirección del viento sobre componentes estructurales redondos.
 F: Componente horizontal de la fuerza aplicada a una sección de la estructura.
 Fc: Carga de diseño por viento sobre un accesorio discreto.
 Gh: Factor de respuesta Gust para la mayor velocidad básica del viento.
 Kz: Coeficiente de exposición.
 Rr: Factor de reducción para componentes estructurales redondos.
 V: Velocidad básica del viento.
 e: Radio sólido.
 h: Peso total de la estructura.
 qz: Presión de velocidad.
 z: Altura sobre el promedio del nivel del suelo al punto medio de la sección, guía o accesorio en análisis.

II.1.1.2.3 Criterios, fórmulas y tablas para el diseño

a) Viento

El diseño total por carga de viento podrá incluir la suma de todas las fuerzas horizontales aplicadas a la estructura en la dirección del viento y las cargas de diseño por viento de las guías y los accesorios.

b) Fuerza horizontal (F)

$$F = qz \cdot Gh \left[C_f \cdot Ae + \sum (Ca \cdot Aa) \right] \text{ (lb) [N]}$$

Esta fuerza no debe exceder de $2qz \cdot Gh \cdot Ag$

Donde Ag = Área gruesa de una cara de la torre (ft^2) [m^2].

Nota: Todos los accesorios, incluyendo antenas, monturas y líneas, deben asumirse que permanecen intactas y adjuntas a la estructura independientemente de sus capacidades de carga por viento.

c) Presión de velocidad (qz) y coeficiente de exposición (Kz)

Las fórmulas para calcular la presión de velocidad y el coeficiente de exposición son las siguientes:

$$qz = 0.00256 \cdot Kz \cdot V^2 \text{ (lb/ft}^2\text{) para velocidades de viento V en (mi/h) o}$$

$$qz = 0.613 \cdot Kz \cdot V^2 \text{ [Pa] para velocidades de viento V en (m/s)}$$

$$Kz = \left[z / 33 \right]^{2.6} \text{ para z en (ft) o}$$

$$Kz = \left[z / 10 \right]^{2.6} \text{ para z en [m]}$$

$$1.00 \leq K_z \leq 2.58$$

V= Velocidad básica del viento para la ubicación geográfica de la estructura (mph) [m/s]

z= Altura al punto medio de la sección en estudio sobre la superficie promedio del suelo (ft) [m]

d) Factor de respuesta Gust (G)

1. Para estructuras articuladas el factor de respuesta de Gust debe ser calculado con la siguiente ecuación:

$$Gh = 0.65 + \frac{0.60}{\left(\frac{h}{33}\right)^{1/2}} \text{ para } h \text{ en (ft) o}$$

$$Gh = 0.65 + \frac{0.60}{\left(\frac{h}{10}\right)^{1/2}} \text{ para } h \text{ en [m]}$$

$$1.00 \leq Gh \leq 1.25$$

2. Para estructuras de poste tubular, el factor de respuesta de Gust debe ser 1.69.

3. Un solo factor de respuesta Gust debe ser aplicado a toda la estructura.

4. Cuando las estructuras de poste en cantiliver tanto tubulares como articuladas sean montadas sobre estructuras de celosía, el factor de respuesta Gust para el poste y para la estructura articulada podrán estar basados en la altura de la estructura articulada sin contemplar el poste. El esfuerzo calculado para la estructura de poste y sus conexiones a la estructura articulada debe ser multiplicado por 1.25 para compensar la diferencia del factor de respuesta de Gust para la estructura de poste montada.

e) Coeficiente de fuerza para la estructura (Cf)

1. Para estructuras celosía el Coeficiente de fuerza para la estructura para cada sección de la estructura debe ser calculada con las siguientes ecuaciones:

$$Cf = 4.0 \cdot e^2 - 5.9 \cdot e + 4.0 \text{ Sección transversal rectangular.}$$

$$Cf = 3.4 \cdot e^2 - 4.7 \cdot e + 3.4 \text{ Sección transversal triangular.}$$

$$e = \text{radio sólido} = \frac{Af + Ar}{Ag}$$

Af = Área proyectada (ft^2) [m^2] de los componentes estructurales planos en una cara de la sección.

Ar = Área proyectada (ft^2) [m^2] de los componentes estructurales redondos en una cara.

Nota: El área proyectada de los componentes estructurales deben incluir el área proyectada de las bridas de conexión.

2. Para estructuras de postes de acero en cantiliver, el Coeficiente de fuerza para la estructura debe ser determinado por la tabla II.1.1.2.1.

f) Área efectiva proyectada de los componentes estructurales en una cara (Ae)
Ésta debe ser calculada con la siguiente expresión:

$$Ae = Df \cdot Af + Dr \cdot Ar \cdot Rr \quad (\text{ft}^2) [\text{m}^2]$$

Nota: Para estructuras tubulares de acero, Ae debe ser el área proyectada basada en el diámetro del poste o sobre todo su ancho.

1. Los Factores de dirección del viento Df y Dr , deben ser determinados de la tabla II.1.1.2.2.

2. El factor de reducción Rr para componentes estructurales redondos debe ser calculado de la ecuación:

$$Rr = 0.51 \cdot e^2 + 0.57 \quad Rr \leq 1.0$$

3. Los accesorios lineales fijados a una cara y no extendidos en el ancho más allá del área normal proyectada de la cara, deben ser considerados como componentes estructurales cuando se hace el cálculo del radio sólido y de la fuerza por viento.

TABLA II.1.1.2.1

Coefficientes de fuerza (Cf) para estructuras tubulares de acero en cantiliver					
C (mph / ft)	Redondos	16 lados r = 0.26	16 lados r = 0.26	12 lados	8 lados
32	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
32 a 64	$1.30 / (C)^{0.1}$	$1.78 * (1.40)^{r - (C / 91.5) - (C / 22.9)}$	$0.72 * (64 / C)^{0.448}$	$12.5 / (C)^{0.7}$	1.20
64	0.89	$1.08 * (1.40)^{r}$	0.72	1.03	1.20
Sistema Internacional de unidades					
C (m/s / m)	Redondos	16 lados r = 0.26	16 lados r = 0.26	12 lados	8 lados
4.4	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
4.4 a 8.7	$0.74 / (C)^{0.1}$	$1.78 * (1.40)^{r - (C / 12.5) - (C / 3.12)}$	$0.72 * (8.7 / C)^{0.610}$	$3.78 / (C)^{0.7}$	1.20
8.7	0.89	$1.08 * (1.40)^{r}$	0.72	1.03	1.20

$C = \sqrt{Kz} \cdot V / Dp$ para Dp en ft [m]

Notas:

1. Los coeficientes de fuerza mostrados en esta tabla aplican únicamente para estructuras tubulares en cantiliver autosoportadas o montadas en la parte superior de estructuras de celosías.
2. El coeficiente de fuerza indica un cálculo para reducciones de cargas de viento en condiciones de flujo supercrítico, es por esto que no aplica para accesorios fijados en estructuras.
3. Para todas las formas de secciones transversales, Cf necesita no exceder 1.2 para cualquier valor de C.
4. V es la velocidad básica de diseño por viento para las condiciones de carga en investigación.

TABLA II.1.1.2.2

Factores de dirección del viento

Sección transversal de la torre	Cuadrada		Triangular		
	Normal	$\pm 45^\circ$ *	Normal	60° *	$\pm 90^\circ$ *
Dirección del viento	Normal	$\pm 45^\circ$ *	Normal	60° *	$\pm 90^\circ$ *
Df	1.0	$1 + 0.75 \cos(1.2 \max)$	1.0	0.80	0.85
Dt	1.0	$1 + 0.75 \cos(1.2 \max)$	1.0	1.0	1.0

* Medido desde una línea normal a la cara de la estructura

g) Coeficiente de fuerza para accesorios (Ca)

El Coeficiente de fuerza aplicado al área proyectada de un accesorio lineal (Aa) que no se considere como parte de la estructura debe ser calculado con la tabla II.1.1.2.3.

TABLA II.1.1.2.3		
Coficiente de fuerza para accesorios		
Tipo de miembro	Aspect ratio ≤ 7	Aspect ratio > 25
	C_a	C_a
Plano	1.4	2.0
Cilindrico	0.8	1.2

Aspect ratio = Toda la longitud del accesorio ancho medido en un plano normal a la dirección del viento. (El Aspect ratio no esta en función de la separación entre los puntos de soporte de un accesorio lineal, tampoco de la longitud de la sección que se considera con una fuerza uniformemente distribuida.)

h) Independientemente de su posición, los accesorios lineales no considerados como componentes estructurales deben ser incluidos en el termino $\sum C_a A_a$.

i) La fuerza horizontal (F)

La fuerza horizontal aplicada a la sección de la estructura debe ser asumida como uniformemente distribuida basada en la presión del viento en el punto medio- alto de la sección.

1. Para estructuras autosoportadas, la sección considerada en tener una fuerza uniformemente distribuida no debe exceder de 18m (60ft).
2. Para estructuras de poste de acero tubulares la sección considerada en tener una fuerza uniformemente distribuida no debe exceder de 9.1m (30ft).

j) En la ausencia de datos exactos, el diseño de cargas por viento (F_c) en un accesorio discreto (excluyendo antenas de microondas / reflectores pasivos) se debe calcular con la siguiente ecuación:

$$F = qz \cdot Gh \left[\sum (C_a \cdot A_a) \right] \text{ (lb) [N]}$$

donde $\left[\sum (C_a \cdot A_a) \right]$ considera a todos los accesorios discretos incluyendo cualquier línea de alimentación, soportes, etc., relacionados con el accesorio. Los componentes de un accesorio discreto fijados directamente a una cara de la torre y que no se proyectan fuera de ésta pueden ser considerados como componentes estructurales al momento de calcular el aspect ratio y la fuerza por viento.

1. La presión de velocidad (qz) debe ser calculada en la línea central de la altura del accesorio.

2. El Factor de respuesta Gust (G_h) debe ser calculado basándose en la altura total de la estructura de celosía y debe ser igual a 1.69 para estructuras tubulares de acero.

3. El coeficiente de fuerza (C_a) aplicado al área proyectada de accesorios discretos debe ser determinado de la tabla II.1.1.2.3. El coeficiente de fuerza para miembros cilíndricos debe ser aplicado a las porciones cilíndricas del accesorio.

k) En la ausencia de datos exactos, el diseño de las cargas sobre microondas / reflectores pasivos deberán realizarse acorde a lo provisto en la sección II.1.1.13.

l) Cuando la orientación de los azimuts de las antenas localizadas a la misma elevación relativa de la estructura no esté especificada, la antena deberá ser asumida como si radiara simétricamente a la estructura.

m) Las protecciones para las antenas no deben ser consideradas.

n) El miembro que se encuentre sometido a mayor esfuerzo y reacciones estructurales debe ser determinado considerando la resultante de la dirección del viento en donde la fuerza de viento y momento torsionante sean máximos. Cada una de las direcciones del viento mostradas en la tabla II.1.1.2.2 deben ser consideradas para la estructura de celosía.

o) Cada una de las siguientes combinaciones de carga deben ser analizadas cuando se calcule el miembro que se encuentre sometido a mayor esfuerzo y reacciones estructurales:

$$D + W_o$$

$$D + 0.75 \cdot W_i + I$$

Nota: W_i es el diseño de las cargas por viento sobre la estructura considerando una capa de hielo, así como I es el peso del hielo, debido a que en la república mexicana el fenómeno meteorológico que ocasiona la formación de capas de hielo sobre las estructuras no se registra con frecuencia, la última combinación de carga sale del alcance de este trabajo.

II.1.1.3 Esfuerzos

II.1.1.3.1 Criterios y fórmulas para el diseño

a) A menos de ser especificado lo contrario, los miembros estructurales deben ser diseñados de acuerdo a las especificaciones de American Institute of Steel Constructions (AISC) y American Iron and Steel Institutr (AISI).

1. Para estructuras menores a 700ft [213m] de altura, el esfuerzo permisible debe ser incrementado 1/3 para las combinaciones de carga definidas en el inciso O.
2. Para estructuras de 1200ft [366m] o mayores en altura, el esfuerzo permitido no será incrementado.
3. Para estructuras entre 700ft [213m] y 1200ft [366m] de altura, el incremento del esfuerzo permisible debe realizarse mediante una interpolación lineal entre 1/3 y 0.
4. La altura de la estructuras, para el propósito de determinar el esfuerzo permisible debe estar basada en la altura total de la estructura incluyendo los postes tubulares o articulados que puedan estar montados sobre la estructura.

b) Los requerimientos de la sección E4 del AISC para placas de conexión y las pequeñas intermedias para miembros de dos ángulos pueden ser no satisfechos, cuando el módulo de esbeltez para el modo de pandeo involucra deformaciones relativas entre los ángulos, por lo cual se modifica de la siguiente manera:

$$\left(\frac{KL}{R}\right)_v = \sqrt{\left(\frac{KL}{R}\right)_o^2 + \left(\frac{a}{R_l}\right)^2}$$

donde

$\left(\frac{KL}{R}\right)_o$ = Esbeltez de la columna de los miembros construidos actuando como una unidad en el eje que involucra deformaciones relativas.

$\left(\frac{a}{R_l}\right)^2$ = La columna esbelta más larga de los componentes individuales.

$\left(\frac{KL}{R}\right)_M$ = Esbeltez Modificada de la columna de los miembros construidos.

a = Distancia entre conectores.

R_f = Radio de giro mínimo de los componentes individuales.

c) Una reducción del coeficiente igual a 0.75 debe ser utilizada cuando se calculan áreas efectivas de acuerdo a la sección B3 de las especificaciones del AISC para miembros angulares y otros similares conectados por una pierna y uno o dos sujetadores.

d) Los barrenos para pernos no deben ser considerados como barrenos para broches.

e) La deformación alrededor de los barrenos para pernos debe estar considerada para el diseño al momento de calcular el esfuerzo permisible.

f) La distancia mínima de los barrenos a los extremos de los ángulos debe ser 1.5 el diámetro nominal del perno utilizado para el barreno en cuestión.

g) La dimensión de la longitud sin apoyos para miembros sometidos a compresión debe ser determinada considerando la rigidez de las partes conectadas y la dirección del pandeo sobre el eje considerado.

h) Al calcular el esfuerzo permisible, cuando los factores de longitud efectiva son considerados menores a 1.00 para miembros de soporte o miembros en cuya parte final están sujetos por un sólo perno, la justificación de esos factores debe ser mostrada mediante cálculos o pruebas.

i) Los valores límite para módulos esbeltez efectiva para miembros sometidos a compresión deben ser preferentemente 150 para piernas, 200 para diagonales y 250 para redundantes (miembros utilizados únicamente para disminuir el módulo de esbeltez de otros miembros).

j) Las diagonales y redundantes utilizadas para reducir el módulo de esbeltez de miembros sometidos a compresión deben ser capaces de soportar una fuerza normal al miembro soportado de 1.5 por ciento de la fuerza axial calculada para el miembro que se esta soportando.

k) Para miembros de ángulos simples sometidos a compresión los esfuerzos permisibles se pueden calcular con las tablas y figuras de la sección II.1.1.3.2.

l) Para estructuras de mástil tubular, el momento de pandeo secundario causado por las cargas verticales debe ser considerado al momento de calcular los esfuerzos.

1. Los esfuerzos combinados de pandeo y axiales permisibles para estructuras poligonales de mástiles de acero deben ser determinados de la tabla II.1.1.3.1

m) El diseño del refuerzo para el concreto de la cimentación de la estructura debe ser acorde con las especificaciones del "Building Code Requirements for Reinforced Concrete" del ACI.

1. Para estructuras menores a 700ft [213m] de altura, la fuerza del concreto reforzado requerida debe ser igual a 1.3 veces las reacciones totales de la estructura producidas por cada una de las combinaciones de carga antes mencionadas.

2. Para estructuras de 1200ft [366m] o mayores en altura, la fuerza del concreto reforzado requerida debe ser igual a 1.7 veces las reacciones totales de la estructura producidas por cada una de las combinaciones de carga antes mencionadas.

3. Para estructuras entre 700ft [213m] y 1200ft [366m] de altura, la fuerza del concreto reforzado requerida debe ser obtenida mediante una interpolación lineal entre 1.3 y 1.7 veces las reacciones totales de la estructura producidas por cada una de las combinaciones de carga antes mencionadas.

II.1.1.3.2 Curvas y Figuras.

TABLA II.1.1.3.1	
Esfuerzos combinados de pandeo y axiales permisibles para estructuras poligonales de mástiles de acero	
Secciones compactas	
$F_b = 0.60F_y$	
Secciones no compactas	

16 lados	$215 \leq \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \leq 365$ $565 \leq \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \leq 958$ $F_b = 0.852 \cdot F_y \left(1.0 - 0.00137 \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \right)$ $F_b = 0.852 \cdot F_y \left(1.0 - 0.000522 \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \right)$	Fy en ksi Fy en MPa ksi MPa
12 lados	$240 \leq \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \leq 365$ $630 \leq \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \leq 958$ $F_b = 0.870 \cdot F_y \left(1.0 - 0.00129 \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \right)$ $F_b = 0.870 \cdot F_y \left(1.0 - 0.000491 \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \right)$	Fy en ksi Fy en MPa ksi MPa
8 lados	$260 \leq \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \leq 365$ $683 \leq \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \leq 958$ $F_b = 0.852 \cdot F_y \left(1.0 - 0.00114 \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \right)$ $F_b = 0.852 \cdot F_y \left(1.0 - 0.000434 \sqrt{F_y} \cdot \frac{w}{t} \right)$	Fy en ksi Fy en MPa ksi MPa

Fb = Esfuerzos combinados de pandeo y axiales permisibles
Fy = Fuerza de cedencia
t = Espesor de pared
w = Dimensión plana actual, pero no menor a la dimensión calculada usando un radios de pandeo igual a 4t

TABLA II.1.1.3.2 ANSI/ASCE 10-19
CURVAS DE ESBELTEZ EFECTIVA

<p>CURVES 1-3 $\frac{L}{R} \leq 120$</p>	<p>CURVES 4-6 $\frac{L}{R} > 120$</p>
<p><u>CURVE 1</u> $\frac{KL}{R} = \frac{L}{R}$ (CONCENTRIC BOTH ENDS)</p> <p><u>CURVE 2</u> $\frac{KL}{R} = 30 + .75 \frac{L}{R}$ (ECCENTRIC ONE END)</p> <p><u>CURVE 3</u> $\frac{KL}{R} = 60 + .50 \frac{L}{R}$ (ECCENTRIC BOTH ENDS)</p>	<p><u>CURVE 4</u> $\frac{KL}{R} = \frac{L}{R}$ (NO END RESTRAINT)</p> <p><u>CURVE 5</u> $\frac{KL}{R} = 28.6 + .762 \frac{L}{R}$ (PARTIAL RESTRAINT ONE END)</p> <p><u>CURVE 6</u> $\frac{KL}{R} = 46.2 + .615 \frac{L}{R}$ (PARTIAL RESTRAINT BOTH ENDS)</p>

TABLA II.1.1.3.3
MIEMBROS ANGULARES SIMPLES SOMETIDOS A COMPRESIÓN, MÓDULOS DE ESBELTEZ PARA PIERNAS SUJETADAS

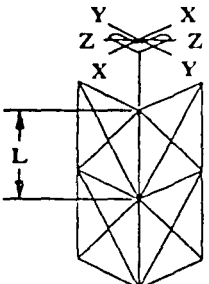
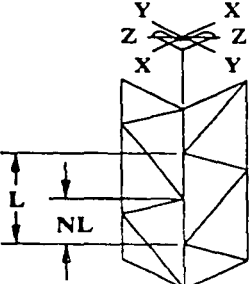
SYMMETRICAL BRACING					
	<p style="text-align: center;">CRITICAL MEASURED SLENDERNESS RATIO:</p> $\frac{L}{R_Z}$ <p style="text-align: center;">EFFECTIVE SLENDERNESS RATIOS:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;">$\frac{L}{R_Z} \leq 120$</td> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;">$\frac{L}{R_Z} > 120$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">CURVE 1</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">CURVE 4</td> </tr> </table>	$\frac{L}{R_Z} \leq 120$	$\frac{L}{R_Z} > 120$	CURVE 1	CURVE 4
$\frac{L}{R_Z} \leq 120$	$\frac{L}{R_Z} > 120$				
CURVE 1	CURVE 4				
STAGGERED BRACING					
	<p style="text-align: center;">CRITICAL MEASURED SLENDERNESS RATIOS:</p> $\frac{L}{R_X} \cdot \frac{L}{R_Y} \cdot \text{OR} \cdot \left(\frac{1+2N}{3}\right) \frac{L}{R_Z}$ <p style="text-align: center;">EFFECTIVE SLENDERNESS RATIOS:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;">$\frac{L}{R} \text{ MAX} \leq 120$</td> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;">$\frac{L}{R} \text{ MAX} > 120$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">CURVE 1</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">CURVE 4</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">$N \geq 5$</p>	$\frac{L}{R} \text{ MAX} \leq 120$	$\frac{L}{R} \text{ MAX} > 120$	CURVE 1	CURVE 4
$\frac{L}{R} \text{ MAX} \leq 120$	$\frac{L}{R} \text{ MAX} > 120$				
CURVE 1	CURVE 4				

TABLA II.1.1.3.4
MIEMBROS ANGULARES SIMPLES SOMETIDOS A COMPRESIÓN, MÓDULOS
DE ESBELTEZ PARA DIAGONALES

		<p>CRITICAL MEASURED SLENDERNESS RATIO: $\frac{L}{R_z}$</p> <p>EFFECTIVE SLENDERNESS RATIOS:</p> <p>$\frac{L}{R_z} \leq 120$ $\frac{L}{R_z} > 120$</p> <p>CURVE 3 CURVE 4</p>
		<p>CRITICAL MEASURED SLENDERNESS RATIO: $\frac{L}{R_z}$</p> <p>EFFECTIVE SLENDERNESS RATIOS:</p> <p>$\frac{L}{R_z} \leq 120$ $\frac{L}{R_z} > 120$</p> <p>CURVE 3 CURVE 6</p>
		<p>CRITICAL MEASURED SLENDERNESS RATIO: $\frac{L}{R_x}$ OR $\frac{5L}{R_z}$</p> <p>EFFECTIVE SLENDERNESS RATIOS:</p> <p>$\frac{L}{R} \text{ MAX} \leq 120$ $\frac{L}{R} \text{ MAX} > 120$</p> <p>CURVE 3 CURVE 4</p>
		<p>CRITICAL MEASURED SLENDERNESS RATIO: $\frac{L}{R_x}$ OR $\frac{5L}{R_z}$</p> <p>EFFECTIVE SLENDERNESS RATIOS:</p> <p>$\frac{L}{R} \text{ MAX} \leq 120$ $\frac{L}{R_x} > 120$ $\frac{5L}{R_z} > 120$</p> <p>CURVE 3 CURVE 6 CURVE 5</p>
		<p>CRITICAL MEASURED SLENDERNESS RATIO: $\frac{L}{R_x}$ OR $\frac{5L}{R_z}$</p> <p>EFFECTIVE SLENDERNESS RATIOS:</p> <p>$\frac{L}{R} \text{ MAX} \leq 120$ $\frac{L}{R} \text{ MAX} > 120$</p> <p>CURVE 3 CURVE 6</p>
	 $L_1 > L_2$ $L_x = L_1 + 5L_2$	<p>CRITICAL MEASURED SLENDERNESS RATIO: $\frac{L_x}{R_x}$ OR $\frac{L_1}{R_z}$</p> <p>EFFECTIVE SLENDERNESS RATIOS:</p> <p>$\frac{L}{R} \text{ MAX} \leq 120$ $\frac{L}{R} \text{ MAX} > 120$</p> <p>CURVE 2 CURVE 4</p>
	 $L_1 > L_2$ $L_x = L_1 + .5L_2$	<p>CRITICAL MEASURED SLENDERNESS RATIO: $\frac{L_x}{R_x}$ OR $\frac{L_1}{R_z}$</p> <p>EFFECTIVE SLENDERNESS RATIOS:</p> <p>$\frac{L}{R} \text{ MAX} \leq 120$ $\frac{L_x}{R_x} > 120$ $\frac{L_1}{R_z} > 120$</p> <p>CURVE 2 CURVE 6 CURVE 5</p>

II.1.1.4 Manufactura y mano de obra

La manufactura y mano de obra debe ser de acuerdo a los más comunes estándares aceptados por la industria de fabricación de acero estructural.

Los procedimientos de soldadura debe ser de acuerdo a los requerimientos de las especificaciones adecuadas de AISC o AISI.

II.1.1.5 Acabados de fábrica

En la ausencia de otros requerimientos, todos los materiales deben ser galvanizados.

a) Materiales estructurales - Estos debe ser galvanizados por inmersión en caliente de acuerdo a lo especificado en ASTM A123. Se pueden realizar excepciones cuando el galvaniza con respecto a ASTM A123 pueda ocasionar un potencial detrimento en la estructura o sus componentes. En este caso se debe utilizar algún método alternativo para el control anticorrosivo.

b) Accesorios - Los accesorios deben ser galvanizados por inmersión en caliente de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones ASTM A153, o en ASTM A586 clase 50 (mecánico).

II.1.1.6 Planos, tolerancia de ensamblaje y marcado de elementos

a) Planos completos, planos de ensamblaje u otra documentación debe ser proveída, mostrando las marcas y detalles necesarios para el apropiado ensamblaje e instalación del material, incluyendo el fuerza de fluencia de diseño para los miembros estructurales y el grado de los pernos estructurales requeridos.

b) La tolerancia para la apropiada instalación del material, y de la cimentación así como de sus anclajes debe ser mostrada en los planos.

1. Plomada - La distancia horizontal entre las líneas de centro verticales en cualesquiera dos elevaciones no debe exceder 0.25% de la distancia vertical entre las dos elevaciones.

2. Giro - La rotación angular en un plano horizontal entre cualesquiera dos elevaciones no debe exceder de 0.5° en 10 ft [3m] y el giro total en la estructura no debe exceder de 5°.

3. Longitud - Para estructuras de mástiles tubulares de acero con juntas telescópicas, y soldadas o conectadas mediante bridas, la longitud total del

ensamblaje de la estructura debe ser más 1 por ciento o 0.5 por ciento de la altura especificada.

c) Todos los miembros estructurales o ensamblajes estructurales soldados, **excepto** para los accesorios, deben tener un número de identificación el cual debe corresponder con lo estipulado en los planos de ensamblaje. Este número identificador debe permanecer permanentemente adjunto a la pieza (estampado, soldado, estampado en una placa soldada a la pieza, etc) anteriormente a ser aplicados cualquiera de los tratamientos de protección anticorrosivos (galvanización, pintura, etc.).

El número de identificación debe tener como mínima altura de carácter $\frac{1}{2}$ in [13mm], debe ser legible y claramente visible para un inspector después de la erección de la estructura.

II.1.1.7 Cimentación y anclaje

II.1.1.7.1 Definiciones

a) Cimentaciones estándar y anclajes

Son estructuras diseñadas para soportar las cargas definidas por las sumatoria de los momentos y los cortantes en la base de la estructura de celosía, para suelos normales. Las pilas, pilotes, condiciones de cimentación sumergida, etc., no son consideradas como estándar.

b) Cimentaciones no estándar y anclajes

Son estructuras diseñadas para soportar las cargas definidas por las sumatoria de los momentos y los cortantes en la base de la estructura de celosía, de acuerdo a las especificaciones de cada uno de los sitios.

c) Suelo normal

Un suelo cohesivo con una red vertical de capacidad permisible de 4000 lb/ft² [192 kPa] y una red de presión horizontal permisible de 400 lb/ft² x ft lineal de profundidad [63 kPa x metro lineal de profundidad] a un máximo de 4000 lb/ft² [192 kPa].

II.1.1.7.2 Criterios y fórmulas para el diseño

a) Las cimentaciones estándar deben ser utilizadas para propósitos de licitación y construcción cuando los parámetros del suelo actual igualan o exceden a los parámetros del suelo normal.

b) Cuando son utilizadas las cimentaciones y anclajes estándar para un diseño final, debe ser responsabilidad del contratista verificar mediante estudios geotécnicos de mecánica de suelos, que los parámetros existentes del suelo en el sitio, iguallen o excedan a los parámetros del suelo normal.

c) La cimentación y anclajes deben estar diseñados para las reacciones máximas de la estructuras resultantes de las cargas específicas mencionadas anteriormente utilizando los siguientes criterios:

1. Cuando sean utilizadas para la construcción cimentaciones y anclajes estándar se debe suponer un suelo normal y deben utilizarse los parámetros para diseño mencionados en II.1.1.7.1 inciso c).

2. Cuando sean utilizadas para la construcción cimentaciones y anclajes no estándar deben utilizarse los parámetros para diseño provistos por el ingeniero geotecnista y se deben incorporar un factor de seguridad mínimo de 2.0 a la fuerza última del suelo.

d) Fuerza de elevación

1. Cimentaciones estándar, anclajes o pilotes deben ser asumidos como que soportan las fuerzas de tensión por su peso propio más el peso del suelo comprendido dentro de una pirámide vertical o cono, cuyos lados están formados por ángulos de 30° con respecto a la vertical. La base del cono debe ser la base de la cimentación. El peso volumétrico del suelo debe ser considerado como 100 lb ft⁻³ [16 kN m⁻³] y el del concreto como 150 lb ft⁻³ [24 kN m⁻³].

2. Los pilotes perforados para cimentaciones estándar debe tener una fricción superficial mínima de 200 lb ft² x ft lineal de profundidad [31 kPa x m lineal de profundidad] hasta un máximo de 1000 lb ft² del área superficial columna [48 kPa del área superficial columna] para elevación o resistencia de descarga.

3. Las cimentaciones, anclajes o pilotes deben ser proporcionados de acuerdo con lo siguiente:

$$\left(\frac{W_r}{2.0}\right) + \left(\frac{W_c}{1.25}\right) \geq U_p \quad \text{y} \quad \frac{(W_r + W_c)}{1.5} \geq U_p$$

donde

W_r = Resistencia del suelo

W_c = Peso del concreto

U_p = Máxima reacción de elevación

4. Las losas de cimentación para estructuras autosoportadas deben tener un factor de seguridad mínimo contra volteo de 1.50.

e) La profundidad de las cimentaciones perforadas sujetas a cargas laterales y de volteo deben ser proporcionadas de acuerdo a lo siguiente:

$$Ld \geq 2.0 + \frac{S}{(3 \cdot d)} + 2 \cdot \left[\frac{S^2}{(18 \cdot d^2)} + \frac{S}{2} + \frac{M}{(3 \cdot d)} \right]^{1/2} \text{ (ft)}$$

$$Ld \geq 0.61 + \frac{S}{(143 \cdot d)} + 2 \cdot \left[\frac{S^2}{(41333 \cdot d^2)} + \frac{S}{96} + \frac{M}{(143 \cdot d)} \right]^{1/2} \text{ [m]}$$

donde

Ld = Profundidad de la cimentación perforada bajo el nivel de suelo (ft) [m]

d = Diámetro de la cimentación perforada (ft) [m]

S = Reacción de cortante al nivel del suelo (kips) [kN]

M = Momento de volteo al nivel del suelo (ft-kips) [m-kN]

II.1.1.7.3 Condiciones especiales

a) Cuando un soporte sea diseñado por alguien que no sea el fabricante, el fabricante será responsable de calcular las reacciones, pesos y detalles de conexión para el ingeniero del contratista para proveer los necesarios anexos.

b) Los efectos de la presencia de agua deben ser contemplados para el diseño de las cimentaciones no estándar. Se debe tomar en cuenta la reducción del peso de los materiales y considerar los efectos de las propiedades de los suelos en condiciones sumergidas.

II.1.1.7.4 Planos de la cimentación

Los planos de la cimentación deben indicar las reacciones de la estructura, fuerza de los materiales, dimensiones, acero de refuerzo, así como tipo de material, tamaño y localización para los anclajes. Las cimentaciones diseñadas para condiciones de suelo normal deben ser especificadas.

II.1.1.8 Requerimientos operacionales

II.1.1.8.1 Definiciones

- a) **Giro** - Es la rotación angular del soporte de la antena en un plano horizontal en posición contraria a la dirección de la carga de viento en una elevación especificada.
- b) **Balanceo** - Es la rotación angular del soporte de la antena en un plano vertical en posición contraria a la dirección de la carga de viento en una elevación especificada.
- c) **Desplazamiento** - Es la translación horizontal de un punto relativo en la posición contraria a la dirección de la carga de viento, al mismo punto a una elevación especificada.

II.1.1.8.2 General

- a) El estándar mínimo debe estar basado en una condición de carga de viento con un velocidad básica de viento de 50 mph [22.4 m/s]. Los requerimientos operacionales deben estar basados sobretodo en una degradación permisible de 10 dB en niveles de señal de radio frecuencia.

II.1.1.9 Sistema de tierras

II.1.1.9.1 Definiciones

- a) **Aterrizaje** - Establecer una conexión eléctrica entre la estructura y la Tierra, la cual debe ser adecuada para descargas eléctricas ambientales, altos voltajes, o descargas estáticas.
- b) **Tierras primarias** - Son las conexiones de conducción entre las estructura y la Tierra o algunos cuerpos conductores, los cuales funcionan en lugar de la Tierra.
- c) **Tierras secundarias** - Son las conexiones de conducción entre los accesorios y la estructura.

II.1.1.9.2 General

- a) Las estructuras deberán ser aterrizadas directamente a las tierras primarias.

- b) El mínimo para una tierra debe consistir en dos varillas de tierra de acero galvanizado de 5/8 in [mm], llevadas a no menos de 8ft [2.5m] dentro del suelo. Las varillas de tierras deben ser conectadas con una línea no menor que No. 6 [5mm] y a su vez conectada a la base metálica de la estructura o a la pierna más cercana.
- c) Las torres autoportadas que excedan de 5ft [1.5m] en la separación entre piernas, deben tener una varilla de tierras instalada cerca de cada una de éstas.
- d) Todos los equipos montados en la estructura deben estar conectados a las tierras secundarias.
- e) Los reflectores remotos pasivos están exentos de las condiciones de aterrizaje mencionadas en este apartado.

II.1.1.10 Ascenso y facilidades para trabajar

II.1.1.10.1 Definiciones

- a) Facilidades de ascenso - Son componentes diseñados específicamente o proveídos para permitir el acceso, tales como escaleras fijas a la estructura, pernos para ascenso o miembros estructurales.
- b) Accesorios para la seguridad del ascenso - Son accesorios diseñados o previstos para reducir o minimizar las caídas accidentales, o limitar la distancia de este tipo de caídas. Estos generalmente están constituidos por cinturones de seguridad, cables de seguridad, etc.
- c) Facilidades para trabajo - Son plataformas de trabajo y accesos para caminar.
- d) Barandales - Barras horizontales colocadas alrededor de las facilidades para trabajo para prevenir caídas.

II.1.1.10.2 General

- a) Las facilidades de ascenso y para trabajo, los barandales y los accesorios para seguridad del ascenso deben ser proveídos cuando el contratista así lo especifique.
- b) Las facilidades de ascenso deben ser diseñadas para soportar un mínimo de carga viva concentrada de 250 lbs [1.1 kN].

c) Cuando para facilidades de ascenso sean especificadas las escaleras fijas a la estructura, éstas deben cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:

1. La distancia mínima entre rieles laterales debe ser un ancho libre de 12in [300mm]
2. La distancia centro a centro mínima entre los peldaños horizontales debe ser de 12 in [300mm] y máximo de 16in [410mm].
3. El diámetro mínimo de los peldaños debe ser de 5/8in [16mm].

d) Cuando para facilidades de ascenso sean especificadas los pernos para ascenso, éstos deben cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:

1. El ancho libre debe ser mínimo de 4 ½ in [110mm].
2. La separación centro a centro mínima entre los pernos alternados debe ser de 12in [300mm] y máximo de 18in [460mm].
3. El diámetro mínimo de los pernos debe ser de 5/8 in [16mm].

e) Las estructuras de soporte para las plataformas deben ser diseñadas para soportar una carga viva uniforme de 25lb/ft² [1.2kPa], pero en ningún caso este tipo de estructuras pueden diseñarse para menos de una carga viva total de 500 lb [2.2kN]. Las superficie de las plataformas deben ser diseñadas para soportar dos cargas de 250 lbs [1.1kN]. Estas cargas no se deben aplicar conjuntamente con las cargas de viento.

f) Los barandales deben ser diseñados para soportar una carga viva mínima concentrada de 150 lbs [0.67kN], aplicados en cualquier dirección.

II.1.1.11 Mantenimiento e inspección

El mantenimiento e inspección de torres de acero para antenas y soportes de estructuras para antenas debe ser realizado por el propietario en una rutina básica en donde deben inspeccionarse los siguientes rubros:

- a) Condiciones de la torre
- b) Acabados
- c) Iluminación
- d) Tierras

- e) Cimentación de la torre
- f) Perfiles de ensamblaje de la torre
- g) Alineación de la torre
- h) Aislantes

Esta revisión debe ser acorde con lo estipulado por las normas TIA/EIA-222-F Anexo E.

Nota 1: Es recomendado que toda la estructura sea inspeccionada después de algún viento severo u otra condición extrema de carga.

Nota 2: Para las estructuras localizadas en ambientes de agua salada, atmósferas corrosivas o en áreas sujetas a continuo vandalismo es recomendado que los periodos de revisión sean más cortos.

II.1.1.12 Análisis de torres y estructuras existentes

Las torres de acero para antenas y otras estructuras de soporte deben ser analizadas cuando ocurran cambios al diseño original o cambios en las condiciones de carga operacionales.

II.1.1.13 Diseño por viento para antenas de microondas y reflectores típicos

El diseño de este tipo de antenas permite conocer las cargas adicionales que se tendrán en nuestra estructura ya que generalmente las torres para telefonía celular constan de antenas parabólicas mediante las cuales se realizan los enlaces entre diferentes sitios y la central.

Las cargas que se deben revisar para este diseño son las siguientes:

Fa - Fuerza axial la cual actúa a lo largo del eje de la antena.

Fs - Fuerza lateral la cual actúa perpendicularmente al eje de la antena en el plano que forman el eje de la antena y el vector del viento.

M - Momento de giro el cual actúa en el plano descrito por las fuerzas Fa y Fs

La magnitud de estas cargas depende de la presión dinámica del viento, el área proyectada frontal de la antena y de las características aerodinámicas del cuerpo de la antena, las cuales varían con respecto al ángulo de incidencia, la forma de calcular los valores de las cargas antes mencionadas es la siguiente:

$$F_a = C_a \cdot A \cdot K_z \cdot G_h \cdot V^2 \quad (\text{lb})$$

$$F_s = C_s \cdot A \cdot K_z \cdot G_h \cdot V^2 \quad (\text{lb})$$

$$M = C_M \cdot A \cdot D \cdot K_z \cdot G_h \cdot V^2 \quad (\text{ft-lb})$$

donde:

Gh = Factor de respuesta Gust

A = Área de apertura externa (ft²) de la antena parabólica.

D = Diámetro externo (ft) de la antena parabólica.

V = Velocidad básica del viento (mph).

Kz = Coeficiente de exposición, en donde z es igual a la altura del origen del sistema de ejes.

Los coeficientes Ca, Cs y Cm deben ser obtenidos de las tablas mostradas en las normas TIA/EIA-222-F Anexo B.

II.1.2 MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES – DISEÑO POR VIENTO, C.F.E.

II.1.2.1 Alcances

Este apartado tiene como objetivo presentar los procedimientos necesarios para determinar las velocidades de diseño por viento en la República Mexicana y las fuerzas mínimas por viento que deben emplearse en el diseño de estructuras de celosía.

En la determinación de la velocidades de diseño sólo se consideraron los efectos de los vientos que ocurren normalmente durante el año en todo el país y los causados por huracanes en las costas del Pacífico, del Golfo de México y del Caribe. No se toma en cuenta la influencia de los vientos generados por tornados debido a que existe escasa información al respecto y por estimarlos como eventos de baja ocurrencia que sólo se presentan en pequeñas regiones del norte del país, particularmente y en orden de importancia, en los estados de Coahuila, Nuevo León, Chihuahua y Durango. Por esta razón, en aquellas localidades en donde se considere que el efecto de los tornados es significativo, deberán tomarse las provisiones necesarias.

Es importante señalar que las recomendaciones aquí presentadas se deben aplicar para revisar la seguridad del sistema de la estructura principal ante el efecto de las fuerzas que generan las presiones (empujes o succiones) producidas por el viento sobre las superficies de la construcción y que se transmiten a dicho sistema.

donde:

Gh = Factor de respuesta Gust

A = Área de apertura externa (ft²) de la antena parabólica.

D = Diámetro externo (ft) de la antena parabólica.

V = Velocidad básica del viento (mph).

Kz = Coeficiente de exposición, en donde z es igual a la altura del origen del sistema de ejes.

Los coeficientes Ca, Cs y Cm deben ser obtenidos de las tablas mostradas en las normas TIA/EIA-222-F Anexo B.

II.1.2 MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES – DISEÑO POR VIENTO, C.F.E.

II.1.2.1 Alcances

Este apartado tiene como objetivo presentar los procedimientos necesarios para determinar las velocidades de diseño por viento en la República Mexicana y las fuerzas mínimas por viento que deben emplearse en el diseño de estructuras de celosía.

En la determinación de la velocidades de diseño sólo se consideraron los efectos de los vientos que ocurren normalmente durante el año en todo el país y los causados por huracanes en las costas del Pacífico, del Golfo de México y del Caribe. No se toma en cuenta la influencia de los vientos generados por tornados debido a que existe escasa información al respecto y por estimarlos como eventos de baja ocurrencia que sólo se presentan en pequeñas regiones del norte del país, particularmente y en orden de importancia, en los estados de Coahuila, Nuevo León, Chihuahua y Durango. Por esta razón, en aquellas localidades en donde se considere que el efecto de los tornados es significativo, deberán tomarse las provisiones necesarias.

Es importante señalar que las recomendaciones aquí presentadas se deben aplicar para revisar la seguridad del sistema de la estructura principal ante el efecto de las fuerzas que generan las presiones (empujes o succiones) producidas por el viento sobre las superficies de la construcción y que se transmiten a dicho sistema.

Asimismo, estas recomendaciones se utilizan en el diseño local de los elementos expuestos de manera directa a la acción del viento, tanto los que forman parte del sistema estructural como los que constituyen sólo un recubrimiento.

II.1.2.2 Requisitos generales para el diseño estructural.

Los requisitos generales que a continuación se listan son aplicables al diseño de estructuras sometidas a la acción a la acción del viento y deberán considerarse como los mínimos indispensables:

a) Direcciones de análisis

Las construcciones se analizarán suponiendo que el viento puede actuar por lo menos en dos direcciones horizontales perpendiculares e independientes entre sí. Se elegirán aquéllas que representen las condiciones más desfavorables para la estabilidad de la estructura.

b) Factores de carga y resistencia

Se deben seguir los lineamientos establecidos en el Manual de Obras Civiles – Estructuras (Métodos de diseño y acciones)

c) Seguridad contra volteo

En este caso, la seguridad de las construcciones se analizará suponiendo nulas las cargas vivas que contribuyen a disminuir este efecto. Para las estructuras pertenecientes a los Grupos B y C, el cociente entre el momento estabilizador y el actuante de volteo no deberá ser menor que 1.5, y para las del grupo A, no deberá ser mayor que 2.0.

d) Seguridad contra deslizamiento

Al analizar esta posibilidad, deberán suponerse nulas todas las cargas vivas. La relación entre la resistencia al deslizamiento y la fuerza que provoca el desplazamiento horizontal deberá ser por lo menos igual a 1.5 para las estructuras de los Grupos B y C, y para las del Grupo A, deberá ser por lo menos igual a 2.0.

e) Presiones interiores

Se presentan en estructuras permeables, esto es, aquéllas con ventanas o ventilas que permitan la entrada del viento al interior de la construcción. El efecto de estas presiones se combinará con el de las presiones exteriores, de tal manera que para el diseño se deben tomar en cuenta los efectos más desfavorables.

f) Seguridad durante la construcción

En esta etapa deberán tomarse las medidas necesarias para garantizar la seguridad de las estructuras bajo la acción de un viento de diseño cuya velocidad corresponda a un periodo de retorno de diez años. Esta condición se aplicará

también en el caso de estructuras provisionales que deban permanecer durante un periodo menor o igual a seis meses.

g) Efecto de grupo debido a construcciones vecinas

En todos los casos se supone que la estructura en estudio es independiente de la influencia, favorable o desfavorable que otras construcciones cercanas pudieran proporcionarle durante la acción del viento. La proximidad y disposición de ellas puede generar presiones locales adversas, y estas a su vez ocasionar el colapso de una o varias del grupo. Tal es el caso, por ejemplo, de un grupo de chimeneas altas que se encuentren espaciadas entre sí a menos de un diámetro y en donde la variación de presiones puede provocar problemas de resonancia. La mejor forma de evaluar el efecto de grupo es a partir de resultados de pruebas experimentales reportados en literatura, o efectuando este tipo de pruebas en un túnel de viento. Por otra parte, cuando se trate de definir la rugosidad del terreno alrededor del sitio de desplante, los obstáculos y construcciones de los alrededores sí deben tomarse en cuenta.

h) Análisis estructural

Se pueden aplicar los criterios generales establecidos en el Manual de Obras Civiles - Estructuras (Análisis estructural)

i) Interacción suelo-estructura

Cuando el suelo del sitio de desplante sea blando o compresible, deberán considerarse los efectos que la respuesta ante la acción del viento pueda provocar la interacción entre el suelo y la construcción. Los suelos blandos para los cuales esta interacción es significativa, serán aquellos que tengan una velocidad media de propagación de ondas de cortante menor que 700 m/s. Asimismo, si se consideran esos efectos, se seguirán los lineamientos recomendados en el diseño por sismo, en donde se establecen los métodos para definir el periodo fundamental y el amortiguamiento equivalente de la estructura. Estas características equivalentes se utilizarán para evaluar las cargas debidas al viento y la respuesta correspondiente.

II.1.2.3 Clasificación de las estructuras según su importancia.

La seguridad necesaria para que una construcción dada cumpla adecuadamente con las funciones para las que se haya destinado puede establecerse a partir de niveles de importancia o de seguridad. En la práctica, dichos niveles se asocian con velocidades del viento que tengan una probabilidad de ser excedidas a partir de ésta se evalúa la magnitud de las sollicitaciones de diseño debidas al viento.

Las construcciones se clasifican según los grupos que se indican a continuación:

GRUPO A: Estructuras para las que se recomienda un grado de seguridad elevado. Pertenecen a este grupo aquellas que en caso de fallar causarían la pérdida de un número importante de vidas, o perjuicios económicos o culturales excepcionalmente altos; asimismo, las construcciones y depósitos cuya falla implique un peligro significativo por almacenar o contener sustancias tóxicas o inflamables, así como aquellas cuyo funcionamiento es imprescindible y debe continuar después de la ocurrencia de vientos fuertes como los provocados por huracanes. Quedan excluidos los depósitos y las estructuras enterradas. Ejemplos de este grupo son las construcciones cuya falla impida la operación de plantas termoeléctricas, hidroeléctricas y nucleares; entre éstas, pueden mencionarse las chimeneas, las subestaciones eléctricas y las torres y postes de transmisión principales. Dentro de esta clasificación también se cuentan las centrales telefónicas e inmuebles de telecomunicaciones principales, puentes, estaciones terminales de transporte, estaciones de bomberos, de rescate y de policía, hospitales e inmuebles médicos con áreas de urgencias, centros de operación en situaciones de desastre, escuelas, estadios, templos y museos. Del mismo modo pueden considerarse los locales, las cubiertas y los paraguas que protejan equipos especialmente costosos, y las áreas de reunión que puedan alojar a más de doscientas personas, tales como salas de espectáculos, auditorios y centros de convenciones.

GRUPO B: Estructuras para las que se recomienda un grado de seguridad moderado. Se encuentran dentro de este grupo aquellas que en caso de fallar, representan un bajo riesgo de pérdida de vidas humanas y que ocasionarían daños materiales de magnitud intermedia. Éste es el caso de las plantas industriales, bodegas ordinarias, gasolineras (excluyendo los depósitos exteriores de combustibles pertenecientes al grupo A), comercios, restaurantes, casas para habitación, viviendas, edificios de apartamentos u oficinas, hoteles, bardas cuya altura sea mayor que 2.5 metros y todas las construcciones cuya falla por viento pueda poner en peligro a otras de esta clasificación o de la anterior. Se excluyen también salas de reunión, de espectáculos y estructuras de depósitos, urbanas o industriales, no incluidas en el grupo A, así como todas aquellas construcciones que forman parte de plantas generadoras de energía y que, en caso de falla, no paralizarían el funcionamiento de la planta. Así mismo, se consideran en este grupo las subestaciones eléctricas y las líneas y postes de transmisión de menor importancia que las del grupo A.

GRUPO C: Estructuras para las que se recomienda un bajo grado de seguridad. Son aquellas cuya falla no implica graves consecuencias, ni puede causar daños a construcciones de los grupos A y B. Abarca, por ejemplo, no sólo bodegas provisionales, cimbras, carteles, muros aislados y bardas con altura no mayor a 2.5 metros, sino también recubrimientos tales como cancelerías y elementos estructurales que formen parte de las fachadas de las construcciones, siempre y

cuando no representen un peligro que pueda causar daños corporales o materiales importantes en caso de desprendimiento. Si por el contrario, las consecuencias de sus desprendimientos son graves, dichos recubrimientos se analizarán utilizando las presiones de diseño de la estructura principal.

II.1.2.4 Clasificación de las estructuras según su respuesta ante la acción del viento.

De acuerdo a su sensibilidad ante los efectos de ráfagas del viento y a su correspondiente respuesta dinámica, las construcciones se clasifican en cuatro tipos. Con base en esta clasificación podrá seleccionarse el método para obtener las cargas de diseño por viento sobre las estructuras y la determinación de efectos dinámicos suplementarios si es el caso. El alcance de este trabajo comprende únicamente los efectos dinámicos.

Tipo 1: Estructuras poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento. Abarca todas aquellas en las que la relación de aspecto λ , (definida como el cociente entre la altura y la menor dimensión de la planta), es menor o igual a 5 y cuyo período natural de vibración es menor o igual a un segundo. Pertenecen a este tipo, por ejemplo, la mayoría de los edificios para habitación u oficinas, bodegas, naves industriales, teatros y auditorios, puentes cortos y viaductos. En el caso de puentes constituidos por losas, traveses, armaduras simples o continuas o arcos, la relación de aspecto se calculará como el cociente entre el claro mayor y la menor dimensión perpendicular a ésta. También incluye las construcciones cerradas con sistemas de cubierta superficialmente rígidos, es decir, capaces de resistir las cargas debidas al viento sin que varíe esencialmente su geometría. Se excluyen las cubiertas flexibles, como las de tipo colgante, a menos que por la adopción de una geometría adecuada, proporcionada por la aplicación de preesfuerzo u otra medida conveniente, logre limitarse la respuesta estructural dinámica.

Tipo 2: Estructuras que por su alta relación de aspecto o las dimensiones reducidas de su sección transversal son especialmente sensibles a las ráfagas de corta duración (entre 1 y 5 segundos) y cuyos períodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes en la dirección del viento, dentro de este tipo se cuentan los edificios con relación de aspecto λ mayor que 5 o con período fundamental mayor que 1 segundo. Se incluyen también, por ejemplo, las torres de celosía atirantadas y las autosoportadas para líneas de transmisión, chimeneas, tanques elevados, antenas, bardas, parapetos, anuncios, y en general, las construcciones que presentan una dimensión muy corta paralela a la dirección del viento. Se excluyen aquellas que explícitamente se mencionan como pertenecientes a los tipos 3 y 4.

Tipo 3: Estas estructuras, además de reunir todas las características de las del tipo 2, presentan oscilaciones importantes transversales al flujo del viento provocadas por la aparición periódica de vórtices o remolinos con ejes paralelos a la dirección del viento. En este tipo se incluyen las construcciones y elementos aproximadamente cilíndricos o prismáticos esbeltos, tales como: chimeneas, tuberías exteriores o elevadas, arbotantes para iluminación, postes de distribución y cables de líneas de transmisión.

Tipo 4: Estructuras que por su forma o por lo largo de sus periodos de vibración (periodos naturales mayores que 1 segundo), presentan problemas aerodinámicos especiales. Entre ellas se hayan las formas aerodinámicamente inestables como son: los cables de las líneas de transmisión -cuya sección transversal se ve modificada de manera desfavorable en zonas sometidas a heladas- , las tuberías colgantes y las antenas parabólicas, también pertenecen a esta clasificación las cubiertas colgantes que no pueden incluirse en el tipo 1 y las estructuras flexibles con periodos de vibración próximos entre sí.

II.1.2.5 Efectos del viento que deben considerarse.

A continuación se mencionan los efectos que según el tipo de construcción se deberían tomar en cuenta en el diseño de estructuras sometidas a la acción del viento

a) Empujes medios

Son los causados por las presiones y succiones del flujo del viento prácticamente laminar, tanto exteriores como interiores, y cuyos efectos son globales (para el diseño de estructuras en conjunto) y locales (para el diseño de un elemento estructural o de recubrimiento en particular). Se considera que estos empujes actúan en forma estática, ya que su variación en el tiempo es despreciable.

b) Empujes dinámicos en la dirección del viento

Consisten en fuerzas dinámicas paralelas al flujo principal causadas por la turbulencia del viento y cuya fluctuación en el tiempo influye de manera importante en la respuesta estructural.

c) Vibraciones transversales al flujo

La presencia de cuerpos en particular cilíndricos o prismáticos, dentro del flujo del viento, genera entre otros efectos el desprendimiento de vórtices alternantes que a su vez provocan sobre los mismos cuerpos, fuerzas y vibraciones transversales a la dirección del flujo.

d) Inestabilidad aerodinámica

Se define como la amplificación dinámica de la respuesta estructural causada por los efectos combinados de la geometría de la construcción y los distintos ángulos de incidencia del viento.

En el diseño de las estructuras pertenecientes al tipo 1 bastará con tener en cuenta los empujes medios estáticos empleando las velocidades de diseño.

Para diseñar las construcciones de tipo 2 se considerarán los efectos dinámicos causados por la turbulencia del viento. Éstos se tomarán en cuenta mediante la aplicación del factor de respuesta dinámica debida a ráfagas.

Las estructuras del tipo 3 deberán diseñarse de acuerdo a los criterios establecidos para las del tipo 2, pero además deberá revisarse su capacidad para resistir los empujes dinámicos transversales generados por los vórtices alternantes.

Finalmente, para las del tipo 4 los efectos del viento se determinarán por medio de estudios representativos analíticos o experimentales; pero en ningún caso, los efectos resultantes podrán ser menores que los especificados para las construcciones del tipo 3.

En las construcciones de forma geométrica poco usual y de características que las hagan particularmente sensibles a los efectos del viento, el cálculo de dichos efectos se basará en los resultados de los ensayos de prototipos o de modelos en túnel de viento. Asimismo, podrán tomarse como base los resultados existentes de ensayos en modelos de estructuras con características semejantes.

II.1.2.6 Determinación de la velocidad de diseño, V_D

La velocidad de diseño V_D , es la velocidad a partir de la cual se calculan los efectos del viento sobre la estructura o sobre un componente de la misma.

La velocidad de diseño, en kilómetros por hora se obtendrá con la ecuación:

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

En donde:

F_T es un factor que depende de la topografía del sitio, adimensional.

F_α es el factor que toma en cuenta el efecto combinado de las características de exposición locales, del tamaño de la construcción y de la variación de la velocidad con la altura, adimensional.

V_r es la velocidad regional que le corresponde al sitio en donde se construirá la estructura, en Km/h.

II.1.2.6.1 Categorías del terreno y clases de estructuras.

Tanto en el procedimiento del análisis estático como en el dinámico intervienen factores que dependen de las condiciones topográficas y de exposición locales del sitio en donde se desplantará la construcción, así como del tamaño de ésta. Por lo tanto, a fin de evaluar correctamente dichos factores, es necesario establecer clasificaciones de carácter práctico. En la tabla II.1.2.1 se consignan cuatro categorías de terrenos atendiendo al grado de rugosidad que se presenta alrededor de la zona de desplante. La tabla II.1.2.2 divide a las estructuras y a los elementos que forman parte de ellas en tres clases, de acuerdo con su tamaño. Posteriormente se evaluará el efecto de la topografía local del sitio.

En la dirección del viento que se esté analizando el terreno inmediato a la estructura deberá presentar la misma rugosidad (categoría), cuando menos en una distancia denominada longitud mínima de desarrollo. Cuando no exista esta longitud mínima, el factor de exposición F_a , deberá modificarse para tomar en cuenta este hecho. En este caso, el diseñador podrá seleccionar, entre las categorías de los terrenos que se encuentren en una dirección de análisis dada, la que provoque los efectos más desfavorables y determinar el factor de exposición para tal categoría, o seguir un procedimiento analítico más refinado a fin de corregir el factor de exposición.

TABLA II.1.2.1

Cat.	Descripción	Ejemplos	Limitaciones
1	Terreno abierto, prácticamente plano y sin obstrucciones	Franjas costeras planas, zonas de pantanos, campos aéreos, pastizales y tierras de cultivo sin setos o bardas alrededor, superficies nevadas planas.	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 2000 m o 10 veces la altura de la construcción por diseñar, la que sea mayor.
2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como setos o bardas alrededor, árboles y construcciones dispersas	Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 a 10 metros, en una longitud mínima de 1500m.
3	Terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas	Áreas urbanas, suburbanas y de bosques, o cualquier terreno con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas. El tamaño de las construcciones corresponde al de las casas y viviendas	Las obstrucciones presentan alturas de 3 a 5m. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 500m o 10 veces la altura de la construcción, la que sea mayor
	Terreno con	Centros de grandes ciudades y	Por lo menos el 50% de los

4	numerosas obstrucciones largas, altas y estrechamente espaciadas	complejos industriales bien desarrollados	edificios tienen una altura mayor de 20 metros. Las obstrucciones miden de 10 a 30 metros de altura. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser la mayor entre 400m y 10 veces la altura de la construcción, la que sea mayor.
---	--	---	--

TABLA II.1.2.2	
Clase	Descripción
A	Todo elemento de recubrimiento de fachadas, ventanerías y de techumbres y sus respectivos sujetadores. Todo elemento estructural aislado, expuesto directamente a la acción del viento. Así mismo, todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical sea menor que 20 metros.
B	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, varia entre 20 y 50 metros
C	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea mayor que 50 metros

II.1.2.6.2 Factor de exposición F_a .

El coeficiente F_a refleja la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura Z . Así mismo, considera el tamaño de la construcción o de los elementos de recubrimiento y las características de exposición.

El factor de exposición se calcula con la siguiente expresión:

$$F_a = F_c \cdot F_{vz}$$

En donde

F_c Es el factor que determina la influencia del tamaño de la construcción, adimensional.

F_{vz} Es el factor que establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z , en función de la rugosidad del terreno de los alrededores, adimensional.

II.1.2.6.3 Factor de tamaño, F_c .

El factor de tamaño F_c , es el que toma en cuenta el tiempo en el que la ráfaga del viento actúa de manera efectiva sobre una construcción de dimensiones dadas. Considerando la clasificación de las estructuras según su tamaño, este factor puede determinarse con la tabla II.1.2.3.

Clase de estructura	F_c
A	1.0
B	0.95
C	0.90

II.1.2.6.4 Factor de rugosidad y altura, F_{rz} .

El Factor de rugosidad y altura, F_{rz} , establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z . Dicha variación está en función de la categoría del terreno y del tamaño de la construcción.

Se obtiene de acuerdo con las expresiones siguientes:

$$F_{rz} = 1.56 \cdot \left[\frac{10}{\delta} \right]^\alpha \quad \text{si} \quad Z \leq 10$$

$$F_{rz} = 1.56 \cdot \left[\frac{Z}{\delta} \right]^\alpha \quad \text{si} \quad 10 < Z \leq \delta$$

$$F_{rz} = 1.56 \quad \text{si} \quad Z \geq \delta$$

En donde

δ Es la altura, medida a partir del nivel de terreno de desplante por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante; a esta altura se le conoce como altura gradiente; d y Z están dadas en metros.

α Es el exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura y es adimensional.

Estos coeficientes están en función de la rugosidad del terreno y del tamaño de la construcción y sus valores se presentan en la tabla II.1.2.4.

Categoría de terreno	α			δ (m)
	Clase de estructura			
	A	B	C	
1	0.099	0.101	0.105	245
2	0.128	0.131	0.138	315
3	0.156	0.160	0.171	390
4	0.170	0.177	0.193	455

II.1.2.6.5 Factor de topografía, F_T .

Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplantará la estructura: Así, por ejemplo, si la construcción se localiza en las laderas o cimas de colinas o montañas de altura importante con respecto al nivel general del terreno de los alrededores, es muy probable que se generen aceleraciones del flujo del viento, y, por consiguiente, deberá incrementarse la velocidad regional.

En la tabla II.1.2.5, se muestran los valores que se recomiendan con base en la experiencia para el factor de topografía, de acuerdo con las características topográficas del sitio.

En casos críticos, este factor puede obtenerse utilizando alguno de los siguientes procedimientos:

- 1) Experimentos a escala en túneles de viento
- 2) Mediciones realizadas directamente en el sitio
- 3) Empleo de ecuaciones basadas en ensayos experimentales.

Sitios	Topografía	F_T
Protegidos	Base de promontorios y faldas de serranías del lado del sotavento	0.8
	Valles cerrados	0.9
Normales	Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores que 5%	1.0

Expuestos	Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10% valles abiertos y litorales planos	1.1
	Cimas de promontorios, colinas o montañas, terrenos con pendientes mayores que 10%, cañadas cerradas y valles que formen un embudo o cañón, islas.	1.2

II.1.2.6.6 Presión dinámica de base q_z

Cuando el viento actúa sobre un obstáculo, genera presiones sobre su superficie que varían según la intensidad de la velocidad y la dirección del viento. La presión que ejerce el flujo del viento sobre una superficie plana perpendicular a él se denomina comúnmente presión dinámica de base y se determina con la siguiente ecuación:

$$q_z = 00048 \cdot G \cdot V_D^2$$

En donde:

- G** Es el factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar, adimensional
- V_D** Es la velocidad de diseño, en km/h
- q_z** Es la presión dinámica de base a una altura **Z** sobre el nivel del terreno en kg/m^2

El factor de 0.0048 corresponde a un medio de densidad del aire y el valor **G** se obtiene de la expresión:

$$G = \frac{0.392 \cdot \Omega}{273 + \tau}$$

En donde:

- Ω** Es la presión barométrica en mm de Hg
- τ** Es la temperatura ambiental en °C.

En la tabla II.1.2.6 se presenta la relación entre los valores de la altitud **hm**, en metros sobre el nivel del mar y la presión barométrica **Ω**

TABLA II.1.2.6	
Altitud (msnm)	Presión barométrica (mm de Hg)
0	760
500	720
1000	675
1500	635
2000	600
2500	565
3000	530
3500	495

II.1.2.7 Análisis dinámico

Este procedimiento permite evaluar los empujes ocasionados por la interacción dinámica entre el flujo del viento y las estructuras, principalmente las pertenecientes a los tipos 2 y 3. Las fuerzas de presiones actuantes sobre algunas de sus partes o subsistemas, tales como tramos de muros o cubiertas, toldos adyacentes, cancelerías o recubrimientos de fachadas y sus soportes, deberán de terminarse utilizando el análisis estático.

II.1.2.7.1 Limitaciones

El procedimiento que establece el análisis dinámico se aplicará para calcular las cargas por viento que actúan sobre las estructuras prismáticas sensibles en los efectos dinámicos producidos por la turbulencia del viento.

En particular este método deberá emplearse en el diseño de las estructuras que cumplan con alguna de las siguientes condiciones:

- a) La relación de $H/b \geq 5$, en donde H es la altura de la construcción y b es la dimensión mínima de la base.
- b) El periodo fundamental de la estructura es mayor que un segundo.

II.1.2.7.2 Determinación de la velocidad de diseño

La velocidad de diseño V_D , se calculará siguiendo el mismo procedimiento detallado anteriormente tomando como base la siguiente ecuación:

$$V_D = F_I \cdot F_a \cdot V_R$$

En donde V_R es la velocidad regional de ráfaga y los factores F_a y F_T se evaluarán de acuerdo con las características del sitio en donde se desplantará la

construcción. Sin embargo, para el análisis dinámico el factor que considera el tamaño de la estructura F_e , y del cual es función el factor de exposición F_a , se tomará igual a uno.

II.1.2.7.3 Presiones y fuerzas sobre estructuras sensibles a efectos dinámicos

En el análisis dinámico, las presiones y fuerzas de diseño que aparecen cuando el viento actúa en una dirección dada se determinarán separadamente para dos direcciones ortogonales; una de ellas será aquella en la que el viento actúa, y la otra, la transversal a la anterior. Dichas fuerzas de diseño y la consecuente respuesta estructural se valorarán tomando como base la velocidad de diseño que se especificó anteriormente.

A fin de calcular la fuerza de diseño en la dirección del viento, para las estructuras Tipo 2 y 3 se considerarán dos componentes: uno medio debido a la acción media del viento asociada a un lapso promedio de 3 segundos, y uno dinámico caracterizado por el valor pico de la acción del viento. Estos dos componentes se toman en cuenta implícitamente en el factor de respuesta dinámica debida a ráfagas.

a) Presiones en la dirección del viento

La presión total en la dirección del viento se calculará con la siguiente expresión:

$$P_z = F_g \cdot C_a \cdot q_z$$

En donde

F_g es el factor de respuesta dinámica debida a ráfagas, adimensional

C_a es el coeficiente de arrastre que depende de la forma de la estructura, adimensional

q_z es la presión dinámica de base en la dirección del viento, en Kg/m^2 a una altura Z , en m, sobre el nivel del terreno.

b) Fuerzas en la dirección del viento

Las fuerzas que se generan en la dirección del viento sobre las estructuras prismáticas de los Tipos 2 y 3 se calcularán multiplicando la presión P_z por el área A_z en m^2 , la cual corresponde:

1. A una parte de alguna de las superficies de la construcción.
2. A la superficie de la construcción o de un elemento estructural, proyectada sobre un plano normal al flujo del viento.

Siendo la fuerza igual a:

$$F = \sum F_z = \sum P_z \cdot A_z$$

c) Factor de respuesta dinámica debida a ráfagas

En el diseño de construcciones pertenecientes a los Tipos 2 y 3 se tomarán en cuenta los efectos dinámicos debidos a la turbulencia en la dirección del viento, utilizando el factor de respuesta dinámica F_g , el cual se determinará con:

$$F_g = \frac{1}{g^2} \left[1 + g_p \left(\frac{\sigma}{\mu} \right) \right]$$

En donde

g es un factor, variable con la altura Z

g_p es el factor pico o de efecto máximo de la carga por viento

σ/μ es la relación entre la desviación estándar de la carga por viento y el valor medio de la carga por viento.

Todas las variables son adimensionales y se obtiene como a continuación se explica.

La variación del factor de ráfaga con la altura Z se calcula con las siguientes expresiones:

$$g = \kappa' \left[\frac{10}{\delta} \right]^\eta \quad \text{si } Z \leq 10$$

$$g = \kappa' \left[\frac{Z}{\delta} \right]^\eta \quad \text{si } 10 < Z \leq \delta$$

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

en donde las variables κ' y η , adimensionales, dependen de la rugosidad del sitio de desplante, y δ es la altura gradiente en m. Estas variables se definen en la tabla II.1.2.7

Categoría de terreno	1	2	3	4
κ'	1.224	1.288	1.369	1.457
η	-0.032	-0.054	-0.096	-0.151
δ	245	315	390	455

La relación σ/μ , que representa la variación de la carga debida a la turbulencia del viento, se calcula con la ecuación:

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{k_r}{C_{a'}} \left(B + \frac{S \cdot E}{\zeta} \right)}$$

En donde

kr es un factor relacionado con la rugosidad del terreno:

Para terrenos con categoría 1 = 0.06,

con categoría 2 = 0.08,

con categoría 3 = 0.10 y

con categoría 4 = 0.14.

ζ es el coeficiente de amortiguamiento crítico:

Para construcciones formadas por marcos de acero = 0.01 y

para aquellas formadas por marcos de concreto = 0.02.

B es el factor de excitación de fondo

S es el factor de reducción por tamaño

E es el factor que representa la relación de energía de ráfaga con la frecuencia natural de la estructura.

El factor $C_{a'}$ se define con las expresiones siguientes:

$$C_{a'} = 3.46 \cdot F_T^2 \cdot \left[\frac{10}{\delta} \right]^{2\alpha'} \quad \text{si } H \leq 10$$

$$C_{a'} = 3.46 \cdot F_T^2 \cdot \left[\frac{H}{\delta} \right]^{2\alpha'} \quad \text{si } 10 < H \leq \delta$$

$$C_{a'} = 3.46 \cdot F_T^2 \quad \text{si } H \geq \delta$$

en donde α' es igual a 0.13, 0.18, 0.245 o 0.31 según la categoría del terreno 1,2,3 o 4, respectivamente.

Por lo que concierne a los parámetros B,S,E y g_p , éstos se pueden calcular con la ayuda de las gráficas de la figura II.1.2.8.

En las gráficas de la figura II.1.2.8, b/H es la relación entre el ancho b, y la altura H, de la construcción, ambos en m y corresponden al lado de barlovento. Asimismo, la relación $(3.6 \text{ no } H) V_{H'}^2$ es la frecuencia reducida, adimensional, en donde no es la frecuencia natural de vibración de la estructura, en Hz y $V_{H'}$ es la velocidad media de diseño del viento, en km/h. Dicha velocidad se calcula para la altura más elevada de la estructura, H en m y se determina a partir de la ecuación siguiente:

$$V_H' = \frac{1}{g_H} \cdot V_H$$

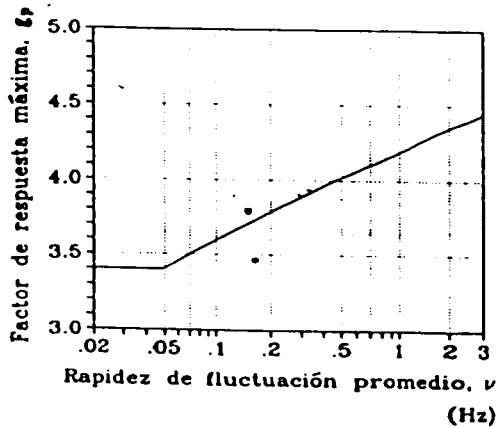
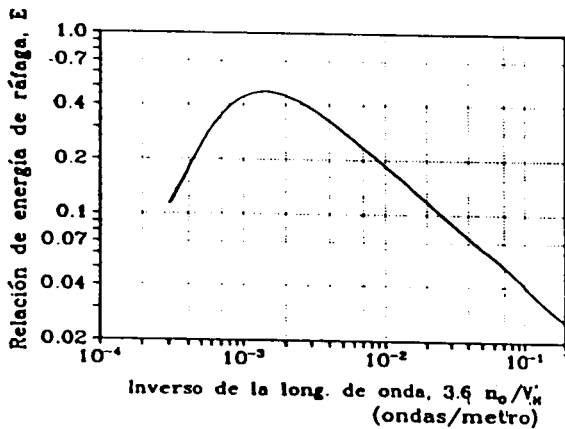
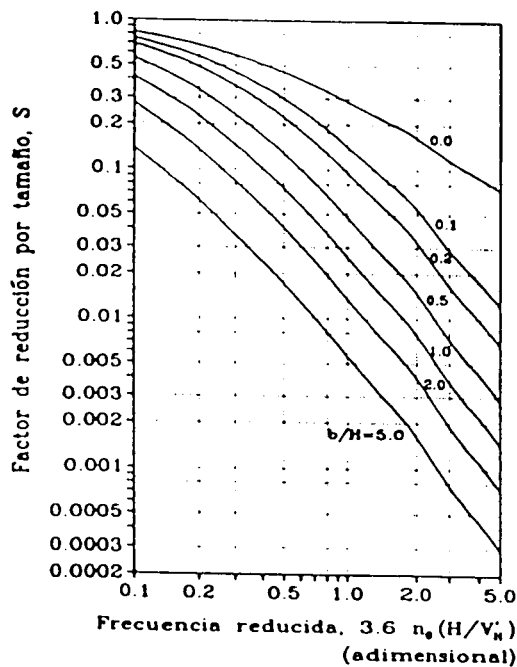
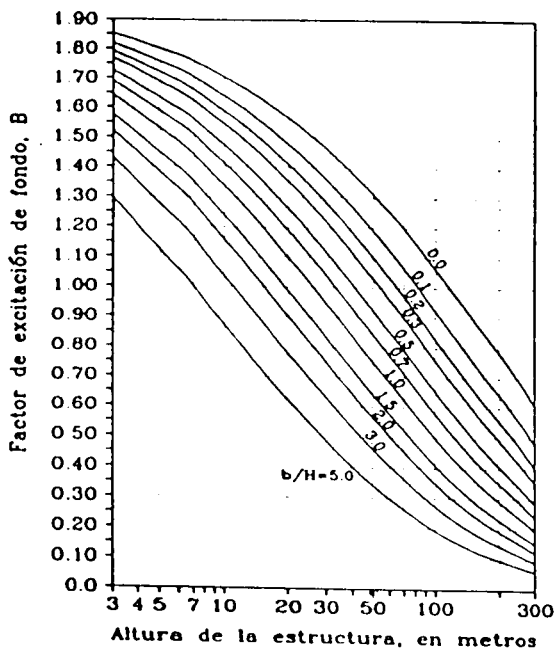
en donde g_H es el factor de ráfaga y se calcula para $Z = H$; la velocidad de diseño V_H en km/h, se calcula también para $Z = H$.

Así mismo, en la figura II.1.2.8 aparece el número de ondas $(3.6 \text{ no})/V_H'$.

Finalmente, el factor de pico g_p , se obtiene en función del coeficiente de rapidez de fluctuación promedio v , en Hz, el cual se define mediante:

$$v = n_o \cdot \sqrt{\frac{S \cdot E}{S \cdot E + \zeta \cdot B}}$$

FIGURA II.1.2.8
PARÁMETROS PARA CALCULAR EL FACTOR DE RESPUESTA DINÁMICA



II.1.3 CÁLCULO DE PERNOS Y BRIDAS.

II.1.3.1 Criterios y fórmulas.

El primer paso para el cálculo de bridas y placas es la determinación de los pernos necesarios para contrarrestar la tensión ejercida sobre los miembros de acero, para lo cual utilizamos las siguientes fórmulas:

$$F_{perno} = \frac{F_{axial} * F.S}{N * F.R} [Kg]$$

En donde:

F_{perno} es la fuerza aplicada en cada perno

F_{axial} es la fuerza de tensión aplicada en cada una de las piernas, esta fue calculada para cada una de las secciones de la torre en el subcapítulo III.1.1.3.

F.S es el factor de seguridad para pernos de acero 1.4

F.R. es el factor de reducción para tensión 0.80

TABLA III.1.3.1.1

ESFUERZOS EN PERNOS

Para poder utilizar estos valores se debe multiplicar los esfuerzos por

		Pernos grado 5			
Medida Nominal	Área	Diametro	Cortante	Tensión	
in	cm ²	mm	fbt=3470 Kg	fbt=4300 kg	
1/2	0.92	12.70	3178.52	3938.8	
5/8	1.46	15.87	5059.26	6269.4	
3/4	2.16	19.05	7477.85	9266.5	
7/8	2.98	22.23	10340.6	12814	
1	3.91	25.40	13567.7	16813	
1 1/8	4.92	28.58	17072.4	21156	
1 1/4	6.25	31.75	21687.5	26875	
1 1/2	9.09	38.10	31542.3	39087	
1 3/4	12.25	44.40	42507.5	52675	
2.00	16.13	50.80	55971.1	69359	
Tipo de pernos	Pernos grado 5	Tensión	Tb=Máxima fuerza en Ton		
fbu=esfuerzo ultimo en tension	8.000 kg/cm2	Tb=Abe*fbt fbt= 77*min(7fbu,fbv)	Abe=área del corazón para tensión		
fbv=esfuerzo de fluencia	6.400 kg/cm2	Compresión	Abv=área del corazón para cortante		
		Vbc=Abv*fbv fbv= 62*min(7fbu,fbv)	fbt=esfuerzo permisible en tensión		
			Vbc=esfuerzo permisible en tensión		

Para esto debemos conocer la fuerza axial aplicada sobre cada una de las piernas (calculada mediante TIA/EIA 222-F o C.F.E.), y basándonos en la tabla

III.1.3.1.1 para obtener la resistencia nominal de cada perno debido al cortante y a la tensión, definir el número de pernos necesarios y así proponer la geometría de la placa, dentro de las más comunes son las cuadradas o las circulares, así es que debemos tener en cuenta lo siguiente:

1.- Si el número de pernos que nos da nuestro cálculo es menor que tres, tenemos dos opciones, la primera es reducir el diámetro nominal del perno para así obtener un número mayor de estos, la segunda opción es poner cuatro pernos y así estar dentro de la seguridad.

2.- Solamente se acostumbra tener bridas cuadradas cuando se utilizan cuatro pernos.

3.- En caso de requerir un número de pernos mayor a cuatro es recomendable utilizar bridas en forma circular.



Una vez calculados los pernos necesarios por bridas tenemos que encargarnos de cálculo del espesor, para esto debemos considerar la geometría de la placa así como la forma en la cual va a ser cargada. El procedimiento resulta ser muy complejo ya que tendríamos que analizar la placa espacialmente y como esto cae fuera del alcance de este trabajo, hemos implementado un mecanismo de análisis simple, en el cual se considerará el caso crítico dentro de la placa para poder así obtener un momento el cual sea representativo de la totalidad de la placa. El procedimiento será el siguiente, la fuerza axial aplicada sobre cada una de las bridas será dividida entre el número de pernos, posteriormente tomaremos una franja de placa y aplicaremos la fuerza dividida entre el número de pernos con condiciones de empotramiento en los apoyos, obteniendo así el momento correspondiente, ahora bien, sabemos que $W = \frac{M}{\sigma} [cm^3]$...eq. III.1.3.1.2

En donde:

- M es el momento que obtuvimos del análisis
- σ es el esfuerzo permisible del acero = 1.4 Ton/cm²

Y también sabemos que $W = \frac{b * t^2}{6} [cm^3]$... eq. III.1.3.1.3

En donde:

- b es la distancia que hay entre apoyos [cm]
- t es el espesor que estamos buscando [cm]

Así es como podemos obtener el espesor de la placa igualando las ecuaciones III.1.3.1.1 y III.1.3.1.2, obteniendo:

$$t = \sqrt{\frac{M * 6}{\sigma * b}} [cm] \dots eq. III.1.3.1.4$$

Habiendo obtenido el espesor necesario, la geometría propuesta, el número y diámetro de pernos, únicamente resta dimensionar la brida para cada uno de los casos, es por ello que en cada sección debemos considerar el diámetro de la pierna tanto inferior como superior para poder así proyectar la perforación interna de las placas. Para proyectar el círculo o cuadrado de pernos se debe considerar en promedio una soldadura perimetral al tubo de 10 milímetros y con base en la tabla III.1.3.1.5 verificar la dimensión de las rondanas planas para no tener interferencia con los tubos de las piernas.

TABLA III.1.3.1.5

DIMENSIONES DE RONDANAS				
Diámetro nominal del perno	Diámetro Externo Nominal	Diámetro Nominal del Barreno	Espesor	
			Mínimo	Máximo
in	in	in	mm	mm
1/2	1 1/16	17/32	0.097	0.177
5/8	1 5/16	11/16	0.122	0.177
3/4	1 15/32	13/16	0.122	0.177
7/8	1 3/4	15/16	0.136	0.177
1	2	1 1/8	0.136	0.177
1 1/8	2 1/4	1 1/4	0.136	0.177
1 1/4	2 1/2	1 3/8	0.136	0.177
1 1/2	3	1 5/8	0.136	0.177
Tolerancias				
Diámetro nominal del barreno		-0 : +1/32		
Diámetro Externo Nominal		-1/32 : +1/32		

La distancia que se debe dejar del centro de cualquier barreno al paño de cualquier lámina, placa o solera dependerá del reglamento que se esté utilizando así como el procedimiento de cálculo, para el caso de México se obtienen de la tabla III.1.3.1.6, en el caso de calcular con el reglamento americano se puede obtener estas distancia de acuerdo a lo estipulado en el inciso F) de la sección II.1.1.3.1.

TABLA III.1.3.1.6

DISTANCIA MÍNIMA AL BORDE DEL CENTRO DE UN AGUJERO ESTANDAR AL BORDE DE LA PARTE CONECTADA			
Diámetro Nominal del Remache o Tornillo		Bordes Laminados de Perfiles, Placas o Soleras, o Bordes Cortados con Soplete	
in	mm	in	mm
1/2	12.7	1/2	12.7
5/8	15.9	5/8	15.9
3/4	19.1	3/4	19.1
7/8	22.2	7/8	22.2
1	25.4	1	25.4
1 1/8	28.6	1 1/8	28.6
1 1/4	31.8	1 1/4	31.8
Más de 1 1/4	Más de 31.8	1.25 X Diámetro	

III. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

III. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

III.1 Análisis y diseño de torre tipo HH de 48 metros de altura y velocidad de viento de diseño de 100 millas por hora para sitios de telefonía celular.

III.1.1 Mediante normas TIA/EIA STANDARD

III.1.1.1 Método manual para cálculo de piernas primera iteración.

A) Descripción del cálculo de la fuerza producida por los accesorios.

La torre de acero para sitios de telefonía celular tendrá una altura de 48 m y constará de dos carrier con tres sectores y tres antenas tipo DB932DD90 por sector, la altura de estos carrier serán de 40 y 30 m. Además, contará con cinco antenas de microondas protegidas con radomo plano, dos de las cuales se colocarán a 35 m de altura con un diámetro de plato de 15ft (4.57m) y las otras tres a 25 m de altura con un diámetro de 6ft (1.8m). Se considerará una velocidad del viento de diseño de 100 MPH (44.7 m/s)

La fuerza horizontal (F) aplicada en forma crítica en la parte frontal a la secciones que provocan los accesorios anteriormente descritos sobre la estructura de acero será calculada mediante la siguiente ecuación:

$$F = q_z G_{H1} \Sigma (C_A A_A) \quad [N] \quad \dots\dots(1)$$

Donde:

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \quad [\text{Pa}] \text{ para } V \text{ en m/s.}$$

$$K_z = [z/10]^{2.7} \text{ para } z \text{ en metros.}$$

$$1.0 \leq K_z \leq 2.58$$

$$G_{H1} = 0.65 + 0.60 \left(\frac{h-10}{h} \right)^{1.7} \text{ para } h \text{ en metros}$$

$$1.0 \leq G_{H1} \leq 1.25$$

C_A se obtiene de la siguiente tabla:

Appurtenance Force Coefficients		
Tipo de miembro	Relación de aspecto ≤ 7	Relación de aspecto ≥ 25
	C_A	C_A
Plano	1.4	2
Cilíndrico	0.8	1.2

Donde se definirá si la estructura, con base en sus características físicas, es de tipo plano o cilíndrico.

El Relación de aspecto se define como la relación entre la longitud y el ancho del elemento en el plano normal a la dirección del viento. La interpolación deberá ser lineal

B) Cálculo de fuerza que actúa sobre la estructura debido al Carrier de antenas a 40 m de altura.

Para obtener la fuerza que se ejerce sobre la estructura del carrier a 40m de altura se desarrolla la siguiente ecuación:

$$F = q_z G_{H} [\Sigma (C_A A_A)] \quad \dots \dots (1)$$

Donde:

q_z = Presión de la velocidad [Pa]

G_H = Factor de respuesta Ráfaga [m]

C_A = Coeficiente de fuerza para accesorios discretos o lineales []

A_A = Área proyectada de accesorio lineal [m²]

Calculo de la presión de velocidad (q_z)

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \quad [\text{Pa}] \text{ para } V \text{ en m/s.}$$

Donde:

$$K_z = \text{Coeficiente de exposición} = [z / 10]^{2/7}$$

Donde

z = altura del carrier = 40 m, por tanto

$$K_z = [40 / 10]^{2/7} = 1.48$$

$$V = 44.7 \text{ m/s}$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.48) (44.7)^2 = 1820.87 \text{ Pa}$$

Calculo del factor de respuesta Ráfaga (G_H)

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (h / 10)^{1/7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1/7} = 1.13$$

Obtención del C_A y A_A de las antenas frontales.

Dimensiones de la antena:

Largo = 1.82 m

Ancho = 0.23 m

Tipo de miembro: Plano

Relación de aspecto = $1.82 / 0.23 = 7.91$

Interpolando linealmente $C_A = 1.43$

$$A_A = (1.82) (0.23) = 0.418 \text{ m}^2$$

Obtención del C_A y A_A de las antenas posteriores.

Dimensiones de la antena:

Largo = 1.82 m

Ancho = 0.23 m

Tipo de miembro: Plano

Proyectando el ancho = $0.23 \text{ sen } 30^\circ = 0.115$

Relación de aspecto = $1.82 / 0.115 = 15.82$

Interpolando linealmente $\therefore C_A = 1.69$

$A_A = (1.82) (0.23) \text{ sen } 30^\circ = 0.21 \text{ m}^2$

Obtención del C_A y A_A de los tubos frontales.

Dimensiones de los tubos

Largo = 3.3 m

Diámetro = 0.0603 m

Tipo de miembro: Cilíndrico

Relación de aspecto = $3.3 / 0.0603 = 54.72$ mayor que 25 $\therefore C_A = 1.2$

$A_A = (3.3) (0.0603) = 0.198 \text{ m}^2$

Obtención del C_A y A_A de los tubos posteriores.

Dimensiones de los tubos

Largo = 3.3 m

Diámetro = 0.0603 m

Tipo de miembro: Cilíndrico

Proyectando el largo del tubo = $3.3 \text{ sen } 30 = 1.65 \text{ m}$

Relación de aspecto = $1.65 / 0.0603 = 27.36$ mayor que 25 $\therefore C_A = 1.2$

$A_A = (3.3) (0.0603) \text{ sen } 30^\circ = 0.099 \text{ m}^2$

Sustituyendo en la ecuación (1)

$$F = (1820.9) (1.13) [3 (1.43)(0.439) + 2 (1.2) (0.198) + 6 (1.694) (0.215) + 4 (0.0994) (1.2)] = 10.250,6 \text{ N}$$

F = 1.045,97 Kg

C) Cálculo de fuerza que actúa sobre la estructura debido a las antenas de microondas.

La fuerza que actúa sobre la estructura debido a la antena de microondas, se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_A = C_A A K_z G_H V^2 \quad \text{.(2)}$$

El coeficiente C_A se obtiene del anexo B de las normas TIA/EIA-222-F del cual mostramos la siguiente tabla.

TABLA DE COEFICIENTES DE FUERZA DE VIENTO PARA ANTENAS CON PROTECCIÓN CILÍNDRICA				
Ángulo de viento	(°)	CA	CS	CM
0		.00323	.00000	.00000
10		.00323	.00025	-.000072
20		.00320	.00045	-.000116
30		.00310	.00060	-.000133
40		.00296	.00072	-.000125
50		.00278	.00078	-.000083
60		.00242	.00094	-.000022
70		.00172	.00122	.000058
80		.00070	.00149	.000178

$$C_A = 0.00323$$

Sabemos que

$$A = \pi D^2 / 4 = [(3.1416)(15)^2] / 4 = 176.71 \text{ ft}^2$$

$$K = (z / 33)^{2.7} = (114.8 / 33)^{2.7} = 1.427$$

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = 1.13$$

Sustituyendo en la ecuación 2 tenemos

$$F_A = (0.00323)(176.71)(1.428)(1.13)(100)^2 = 9210.22 \text{ lb}$$

$$F_A = 4177.68 \text{ Kg}$$

Debido a que tenemos dos antenas de estas especificaciones en el mismo nivel, la fuerza final a los 35m debido a las antenas será de:

$$F_A = 8355.4 \text{ Kg}$$

El resultado de los demás accesorios se calcula de las formas antes mencionadas únicamente sustituyendo los datos correctos, es por esto que sólo presentamos los resultados para poder continuar con nuestro cálculo

Para el carrier a 30m tenemos una fuerza $F_A = 962.45 \text{ Kg}$

Para las tres antenas de microondas a 25m tenemos una fuerza $F_A = 1820.97 \text{ Kg}$

D) Cálculo de fuerza que actúa sobre la estructura en cada sección debido al viento.

Para el cálculo de la fuerza que actúa en cada sección se aplica la siguiente ecuación:

$$F = q_z G_{H1} [C_F A_E + \Sigma (C_A A_A)] \quad \dots \dots (3)$$

Primera hipótesis

Para un primer cálculo haremos las siguientes consideraciones

$$e = 0.2$$

Para calcular el área que abarcaran los cables que bajan del carrier:

Bajarán 10 cables de diámetro de 1⁵/₈”

Se considera que cada sección tiene una altura de 6 m, por tanto el área es:

$$A_A = 0.05 \times 6 \times 10 = 3 \text{ m}^2$$

Porcentaje de área de planos = 30%

Porcentaje de área de redondos = 70%

➤ Sección HH-1; z = 45 m

Cálculo de la presión de velocidad

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (45/10)^{2.7} = 1.54$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.54)(44.7)^2 = \mathbf{1882.38 \text{ kg}}$$

Cálculo del factor de respuesta de Ráfaga

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Cálculo del coeficiente de fuerza para la estructura

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.2)^2 - 4.7 (0.2) + 3.4 = \mathbf{2.60}$$

Cálculo del área efectiva proyectada de los componentes de la estructura

$$A_E = D_I A_I + D_R A_R R_R$$

Donde A_I y A_R se obtienen de la siguiente forma

Conocemos que

$$e = (A_I + A_R) / A_G$$

Donde

$$A_G = 6 (1.8) = 10.8 \text{ m}^2$$

$$A_G (e) = A_I + A_R$$

$$0.2 (10.8) = A_I + A_R$$

$$2.16 = A_I + A_R$$

$$70\% A_R = 1.51 \text{ m}^2$$

$$30\% A_F = 0.65 \text{ m}^2$$

Ya que consideramos una dirección normal del viento y de acuerdo con la Tabla

II.1.1.2.2 obtenemos que $D_F = D_R = 1$

y el factor de reducción para los componentes estructurales redondos se calcula así

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.2)^2 + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_E = (1)(0.648) \cdot (1)(1.512)(0.5904) = \mathbf{1.54 \text{ m}^2}$$

Área proyectada de accesorio lineal

$$A_A = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = $6000/500 = 12$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = \mathbf{0.91}$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1882.38) (1.13) [(2.596) (1.541) + (3) (0.91)] = \mathbf{14\ 320.4 \text{ N} = 1\ 459.31 \text{ kg.}}$$

➤ **Sección III-2; z = 39 m**

Cálculo de la presión de velocidad

$$q_z = 0.613 K_Z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_Z = (z/10)^{2.7} = (39/10)^{2.7} = 1.48$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.536)(44.7)^2 = \mathbf{1806.97 \text{ kg}}$$

Cálculo del factor de respuesta de Ráfaga

$$G_{RH} = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Cálculo del coeficiente de fuerza para la estructura

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.2)^2 - 4.7 (0.2) + 3.4 = \mathbf{2.60}$$

Cálculo del área efectiva proyectada de los componentes de la estructura

$$A_E = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde A_F y A_R se obtienen de la siguiente forma

Conocemos que

$$e = (A_F + A_R) / A_G$$

Donde

$$A_G = 6 (1.8) = 10.8 \text{ m}^2$$

$$A_G (e) = A_F + A_R$$

$$0.2 (10.8) = A_F + A_R$$

$$2.16 = A_F + A_R$$

$$70\% A_R = 1.51 \text{ m}^2$$

$$30\% A_I = 0.65 \text{ m}^2$$

Ya que consideramos una dirección normal del viento y de acuerdo con la Tabla II.1.1.2.2 obtenemos que $D_I = D_R = 1$ y el factor de reducción para los componentes estructurales redondos se calcula así

$$R_R = 0.51 e^{-2} + 0.57 = 0.51 (0.2)^2 + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(0.648) + (1)(1.512)(0.5904) = \mathbf{1.541 \text{ m}^2}$$

Área proyectada de accesorio lineal

$$A_A = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = $6000/500 = 12$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = \mathbf{0.91}$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1806.97) (1.13) [(2.596) (1.541) + (3) (0.911)] = \mathbf{13\ 746.72 \text{ N} = 1400.85 \text{ kg.}}$$

➤ Sección HH-3; z = 33 m

Cálculo de la presión de velocidad

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (33/10)^{2.7} = 1.41$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.536)(44.7)^2 = \mathbf{1722.75 \text{ kg}}$$

Cálculo del factor de respuesta de Ráfaga

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Cálculo del coeficiente de fuerza para la estructura

$$C_F = 3.4 e^{-2} - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.2)^2 - 4.7 (0.2) + 3.4 = \mathbf{2.60}$$

Cálculo del área efectiva proyectada de los componentes de la estructura

$$A_E = D_I A_I + D_R A_R R_R$$

Donde A_I y A_R se obtienen de la siguiente forma

Conocemos que

$$e = (A_I + A_R) / A_G$$

Donde

$$A_G = [(2.3 + 1.8) * 6] / 2 = 12.3 \text{ m}^2$$

$$A_G (e) = A_I + A_R$$

$$0.2 (12.3) = A_I + A_R$$

$$2.46 = A_I + A_R$$

$$70\% A_R = 1.72 \text{ m}^2$$

$$30\% A_F = 0.738 \text{ m}^2$$

Ya que consideramos una dirección normal del viento y de acuerdo con la Tabla H.1.1.2.2 obtenemos que $D_F = D_R = 1$

y el factor de reducción para los componentes estructurales redondos se calcula así

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.2)^2 + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(0.738) + (1)(1.722)(0.5904) = \mathbf{1.754 \text{ m}^2}$$

Área proyectada de accesorio lineal

$$A_A = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = $6000/500 = 12$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = \mathbf{0.91}$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1722.75) (1.13) [(2.596) (1.753) + (3) (0.911)] = \mathbf{14\ 184.54 \text{ N} = 1\ 445.75 \text{ kg.}}$$

➤ Sección HH-4; $z = 27 \text{ m}$

Cálculo de la presión de velocidad

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (27/10)^{2.7} = 1.33$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.33)(44.7)^2 = \mathbf{1626.76 \text{ kg}}$$

Cálculo del factor de respuesta de Ráfaga

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Cálculo del coeficiente de fuerza para la estructura

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.2)^2 - 4.7 (0.2) + 3.4 = \mathbf{2.60}$$

Cálculo del área efectiva proyectada de los componentes de la estructura

$$A_F = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde A_F y A_R se obtienen de la siguiente forma

Conocemos que

$$e = (A_F + A_R) / A_G$$

Donde

$$A_G = [(2.8 \cdot 2.3) \cdot 6] / 2 = 15.30 \text{ m}^2$$

$$A_G (e) = A_F + A_R$$

$$0.2 (15.3) = A_F + A_R$$

$$3.06 = A_F + A_R$$

$$70\% A_R = 2.14 \text{ m}^2$$

$$30\% A_I = 0.92 \text{ m}^2$$

Ya que consideramos una dirección normal del viento y de acuerdo con la Tabla II.1.1.2.2 obtenemos que $D_I = D_R = 1$

y el factor de reducción para los componentes estructurales redondos se calcula así

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.2)^2 + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(0.92) + (1)(2.14)(0.5904) = \mathbf{2.18 \text{ m}^2}$$

Área proyectada de accesorio lineal

$$A_A = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = $6000/500 = 12$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = \mathbf{0.91}$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1626.76) (1.13) [(2.18) (2.6) + (3) (0.911)] = \mathbf{15\ 443.04 \text{ N} = 1\ 573.29 \text{ kg}}$$

➤ **Sección HH-5; z = 21 m**

Cálculo de la presión de velocidad

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (21/10)^{2.7} = 1.24$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.24)(44.7)^2 = \mathbf{1514.04 \text{ kg}}$$

Cálculo del factor de respuesta de Ráfaga

$$G_{RH} = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Cálculo del coeficiente de fuerza para la estructura

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.2)^2 - 4.7 (0.2) + 3.4 = \mathbf{2.596}$$

Cálculo del área efectiva proyectada de los componentes de la estructura

$$A_I = D_I A_{I1} + D_R A_R R_R$$

Donde A_I y A_R se obtienen de la siguiente forma

Conocemos que

$$e = (A_I + A_R) / A_G$$

Donde

$$A_G = [(3.3 \cdot 2.8) \cdot 6] \cdot 2 = \mathbf{18.3 \text{ m}^2}$$

$$A_G (e) = A_I + A_R$$

$$0.2 (18.3) = A_I + A_R$$

$$3.66 = A_I + A_R$$

$$70\% A_R = 2.56 \text{ m}^2$$

$$30\% A_F = 1.10 \text{ m}^2$$

Ya que consideramos una dirección normal del viento y de acuerdo con la Tabla II.1.1.2.2 obtenemos que $D_F = D_R = 1$ y el factor de reducción para los componentes estructurales redondos se calcula así:

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.2)^2 + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(1.10) + (1)(2.56)(0.5904) = \mathbf{2.61 \text{ m}^2}$$

Área proyectada de accesorio lineal

$$A_A = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = $6000/500 = 12$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = \mathbf{0.91}$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1514.04) (1.13) [(2.61) (2.6) + (3) (0.911)] = 16\,285.72 \text{ N} = \mathbf{1\,657.96 \text{ kg.}}$$

➤ **Sección HH-6; z = 15 m**

Cálculo de la presión de velocidad

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (15/10)^{2.7} = 1.12$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.12)(44.7)^2 = \mathbf{1375.27 \text{ kg}}$$

Cálculo del factor de respuesta de Ráfaga

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Cálculo del coeficiente de fuerza para la estructura

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.2)^2 - 4.7 (0.2) + 3.4 = \mathbf{2.60}$$

Para obtener A_F aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_F = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde A_F y A_R se obtienen de la siguiente forma

Conocemos que

$$e = (A_F + A_R) / A_G$$

Donde

$$A_G = [(3.8+3.3)*6] / 2 = 21.3 \text{ m}^2$$

$$A_G(e) = A_F + A_R$$

$$0.2(21.3) = A_F + A_R$$

$$4.26 = A_F + A_R$$

$$70\% A_R = 2.98 \text{ m}^2$$

$$30\% A_F = 1.28 \text{ m}^2$$

Ya que consideramos una dirección normal del viento y de acuerdo con la Tabla II.1.1.2.2 obtenemos que $D_F = D_R = 1$ y el factor de reducción para los componentes estructurales redondos se calcula así:

$$R_R = 0.51 e^{-2} + 0.57 = 0.51(0.2)^{-2} + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(1.28) + (1)(2.98)(0.5904) = 3.04 \text{ m}^2$$

Área proyectada de accesorio lineal

$$A_A = 3 \text{ m}^2$$

Relación de aspecto = $6000/500 = 12$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = 0.91$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1375.27)(1.13) [(2.596)(3.04) + (3)(0.911)] = 16\,530.48 \text{ N} = 1\,681.93 \text{ kg.}$$

➤ **Sección HH-7; z = 9 m**

Cálculo de la presión de velocidad

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (9/10)^{2.7} = 1$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613)(1)(44.7)^2 = 1224.83 \text{ kg}$$

Cálculo del factor de respuesta de ráfaga

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = 1.13$$

Cálculo del coeficiente de fuerza para la estructura

$$C_F = 3.4 e^{-2} - 4.7 e + 3.4 = 3.4(0.2)^{-2} - 4.7(0.2) + 3.4 = 2.596$$

Para obtener A_F aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_F = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde A_F y A_R se obtienen de la siguiente forma

Conocemos que

$$e = (A_F + A_R) / A_G$$

Donde

$$A_G = [(4.3 + 3.8) * 6] / 2 = 24.3 \text{ m}^2$$

$$A_G (e) = A_F + A_R$$

$$0.2 (24.3) = A_F + A_R$$

$$4.86 = A_F + A_R$$

$$70\% A_R = 3.4 \text{ m}^2$$

$$30\% A_F = 1.46 \text{ m}^2$$

Ya que consideramos una dirección normal del viento y de acuerdo con la Tabla II.1.1.2.2 obtenemos que $D_F = D_R = 1$ y el factor de reducción para los componentes estructurales redondos se calcula así:

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.2)^2 + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(1.46) + (1)(3.4)(0.5904) = 3.47 \text{ m}^2$$

Área proyectada de accesorio lineal

$$A_A = 3 \text{ m}^2$$

Relación de aspecto = $6000/500 = 12$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = 0.91$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1224.83) (1.13) [(2.596) (3.47) + (3) (0.911)] = 16\ 269.60 \text{ N} = 1\ 654.63 \text{ kg.}$$

➤ Sección III-8; $z = 3 \text{ m}$

Cálculo de la presión de velocidad

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (3/10)^{2.7} = 1$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1)(44.7)^2 = 1224.83 \text{ kg}$$

Cálculo del factor de respuesta de Ráfaga

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = 1.13$$

Cálculo del coeficiente de fuerza para la estructura

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.2)^2 - 4.7 (0.2) + 3.4 = 2.596$$

Para obtener A_F aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_F = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde A_F y A_R se obtienen de la siguiente forma

Conocemos que

$$e = (A_F + A_R) / A_G$$

Donde

$$A_G = [(4.8+4.3)*6] / 2 = 27.3 \text{ m}^2$$

$$A_G(e) = A_F + A_R$$

$$0.2(27.3) = A_F + A_R$$

$$5.46 = A_F + A_R$$

$$70\% A_R = 3.82 \text{ m}^2$$

$$30\% A_F = 1.64 \text{ m}^2$$

Ya que consideramos una dirección normal del viento y de acuerdo con la Tabla II.1.1.2.2 obtenemos que $D_F = D_R = 1$ y el factor de reducción para los componentes estructurales redondos se calcula así:

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.2)^2 + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(1.64) + (1)(3.82)(0.5904) = 3.89 \text{ m}^2$$

Área proyectada de accesorio lineal

$$A_A = 3 \text{ m}^2$$

Relación de aspecto = $6000/500 = 12$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = 0.91$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1224.83)(1.13) [(2.596)(3.89) + (3)(0.911)] = 17\,780.99 \text{ N} = 1\,811.31 \text{ kg.}$$

E) Cálculo del Momento y Fuerza Cortante que actúa sobre la estructura en cada sección debido al viento.

➤ Sección III-1

$$M = 1\,459.31(3) = 4\,377.94 \text{ kg.m}$$

$$S = 1\,459.31 \text{ kg}$$

➤ Sección HH-2

$$M = 1\,459.31(9) + 1\,044.90(4) + 1\,400.85(3) = 21\,515.96 \text{ kg.m}$$

$$S = 1\,459.31 + 1\,044.9 + 1\,400.85 = 3\,905.06 \text{ kg}$$

➤ **Sección HH-3**

$$M = 1\,459.31 (15) + 1\,044.90 (10) + 1\,400.85 (9) + 8\,353.24 (5) + 1\,445.75 (3) = \mathbf{91049.75\,kg.m}$$

$$S = 1\,459.31 + 1\,044.9 + 1\,400.85 + 8\,353.24 + 1\,445.75 = \mathbf{13\,704.05\,kg}$$

➤ **Sección HH-4**

$$M = 1\,459.31 (21) + 1\,044.90 (16) + 1\,400.85 (15) + 8\,353.24 (11) + 1\,445.75 (9) + 962.45 (6) + 1\,573.29 (3) + 1\,820.97 (1) = \mathbf{185\,589.61\,kg.m}$$

$$S = 1\,459.31 + 1\,044.9 + 1\,400.85 + 8\,353.24 + 1\,445.75 + 962.45 + 1\,573.29 + 1\,820.97 = \mathbf{18\,060.76\,kg}$$

➤ **Sección HH-5**

$$M = 1\,459.31 (27) + 1\,044.90 (22) + 1\,400.85 (21) + 8\,353.24 (17) + 1\,445.75 (15) + 962.45 (12) + 1\,573.29 (9) + 1\,820.97 (7) + 1\,657.96 (3) = \mathbf{298\,928.06\,kg.m}$$

$$S = 1\,459.31 + 1\,044.9 + 1\,400.85 + 8\,353.24 + 1\,445.75 + 962.45 + 1\,573.29 + 1\,820.97 + 1\,657.96 = \mathbf{19\,718.72\,kg}$$

➤ **Sección HH-6**

$$M = 1\,459.31 (33) + 1\,044.90 (28) + 1\,400.85 (27) + 8\,353.24 (23) + 1\,445.75 (21) + 962.45 (18) + 1\,573.29 (15) + 1\,820.97 (13) + 1\,657.96 (9) + 1\,681.93 (3) = \mathbf{422\,286.18\,kg.m}$$

$$S = 2037.9 + 1044.9 + 1\,400.85 + 8353.24 + 1\,445.75 + 962.45 + 1\,573.29 + 1820.97 + 1\,657.96 + 1\,681.93 = \mathbf{21\,400.65\,kg}$$

➤ **Sección HH-7**

$$M = 1\,459.31 (39) + 1044.90 (34) + 1\,400.85 (33) + 8353.24 (29) + 1\,445.75 (27) + 962.45 (24) + 1\,573.29 (21) + 1820.97 (19) + 1\,657.96 (15) + 1\,681.93 (9) + 1\,654.63 (3) = \mathbf{555\,653.96\,kg.m}$$

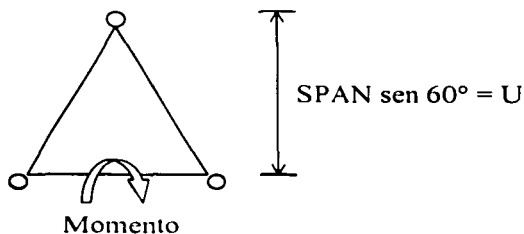
$$S = 2037.9 + 1044.9 + 1\,400.85 + 8353.24 + 1\,445.75 + 962.45 + 1\,573.29 + 1820.97 + 1\,657.96 + 1\,681.93 + 1\,654.63 = \mathbf{23\,055.28\,kg}$$

➤ **Sección HH-8**

$$M = 1\,459.31 (45) + 1044.90 (39) + 1\,400.85 (39) + 8353.24 (35) + 1\,445.75 (33) + 962.45 (30) + 1\,573.29 (27) + 1820.97 (25) + 1\,657.96 (21) + 1\,681.93 (15) + 1\,654.63 (9) + 1\,811.31 (3) = \mathbf{699\,419.57\,kg.m}$$

$$S = 2037.9 + 1044.9 + 1\,400.85 + 8353.24 + 1\,445.75 + 962.45 + 1\,573.29 + 1820.97 + 1\,657.96 + 1\,681.93 + 1\,654.63 + 1\,811.31 = \mathbf{24\,866.59\,kg}$$

Cálculo para Obtener el Diámetro de Pierna



Para determinar el diámetro de la pierna, se comparará el área requerida contra el área real de la sección que proponemos, es decir:

$$a_{req} < a_{real}$$

Para obtener el área requerida, se determinará la relación de la fuerza en cada pierna entre el esfuerzo permisible:

$$a_{req} = F_{pierna} / F_a$$

Para obtener la fuerza en cada pierna se desarrollará la siguiente ecuación

$$F_{pierna} = (M / U) + ((P_D + P_P)/3)$$

Donde:

M = Momento de la sección

U = Brazo de planca

P_D = Peso estimado diagonales (40% del peso estimado de piernas)

P_P = Peso estimado de las piernas

La fuerza admisible (F_a) se obtiene de la tabla de diseño, en la cual necesitamos el parámetro λ, que es la relación de la longitud de pandeo (L_p = 200 mm) entre el radio de giro (r en mm) del tubo propuesto para la sección:

$$\lambda = L_p / r$$

El reglamento nos permite aumentar la fuerza admisible en un 33%.

Para obtener el a_{real}, simplemente se obtiene el área sólida del tubo propuesto.

A continuación se presentan los cálculos para cada sección.

➤ Sección HH-1

Para esta sección proponemos un tubo de diámetro de 2" Cedula 40, con OD = 60.3 mm y i=1.998.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_p)/3) =$$

Donde:

$$M = 4\,377.94 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 1.8 \text{ sen } 60 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 5.44$$

$$P_p = 5.48 \times 6 \times 3 = 98.64 \text{ kg}$$

$$P_D = 98.64 \times 0.40 = 39.46 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (4377 / 1.8 \text{ sen}60) + ((98.64+39.46)/3) = 2\,854.48 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 1.998 = 100.1 \quad \Rightarrow \quad F_a = (914.08 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,218.78 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 2\,854.48 / 1\,218.78 = 2.34 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 6.93 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

➤ Sección HH-2

Para esta sección proponemos un tubo de diámetro de 2.5" Cedula 40, con OD = 73 mm y $i = 2.405$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_p)/3) =$$

Donde:

$$M = 21\,515.96 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 1.8 \text{ sen } 60 = 1.56 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 8.63$$

$$P_p = 8.63 \times 6 \times 3 = 155.34 \text{ kg}$$

$$P_D = 155.34 \times 0.40 = 62.14 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (21\,515.96 / 1.8 \text{ sen}60) + ((155.34 + 62.14)/3) = 13\,874.99 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 2.405 = 83.16 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1057.75 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,410.33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 13\,874.99 / 1\,410.33 = 9.84 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 11 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

➤ Sección HH-3

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 4" Cedula 80**, con OD = 114 mm y $i = 3.751$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_P)/3) =$$

Donde:

$$M = 91\,049.77 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 2.30 \text{ sen } 60 = 1.99 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 22.32$$

$$P_P = 22.32 \times 6 \times 3 = 401.76 \text{ kg}$$

$$P_D = 401.76 \times 0.40 = 160.70 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (91049.77 / 2.30 \text{ sen}60) + ((401.76+160.70)/3) = 45\,898.45 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 3.751 = 53.32 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1273.24 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,697.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 45\,898.45 / 1\,697.61 = 27.04 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 28.44 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

➤ Sección HH-4

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 8" Cedula otra**, con OD = 219.1 mm y $i = 7.53$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_P)/3) =$$

Donde:

$$M = 185\,589.61 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 2.8 \text{ sen } 60 = 2.42 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 33.32$$

$$P_P = 33.32 \times 6 \times 3 = 599.76 \text{ kg}$$

$$P_D = 599.76 \times 0.40 = 239.90 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (185\,589.61 / 2.8 \text{ sen}60) + ((599.76+239.90)/3) = 76\,815.75 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 7.53 = 26 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1\,424.3 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1898.59 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 76\,815.75 / 1\,898.59 = 40.46 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 42.44 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

➤ Sección HH-5

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 10" Cedula 30**, con OD = 273.05 mm y $i = 9.38$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_P)/3) =$$

Donde:

$$M = 298\,928.06 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 3.3 \text{ sen } 60 = 2.86 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 51.02$$

$$P_P = 51.02 \times 6 \times 3 = 918.36 \text{ kg}$$

$$P_D = 918.36 \times 0.40 = 367.34 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (298\,928.06 / 3.3 \text{ sen}60) + ((918.36 + 367.34)/3) = 105\,026.26 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 9.38 = 21.32 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1\,446.48 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1928.59 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 105\,026.26 / 1\,928.59 = 54.46 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 65 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

➤ Sección HH-6

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 10" Cedula 40**, con OD = 273.05 mm y $i = 9.33$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_P)/3) =$$

Donde:

$$M = 422\,286.18 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 3.8 \text{ sen } 60 = 3.29 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 60.30$$

$$P_P = 60.30 \times 6 \times 3 = 1085.40 \text{ kg}$$

$$P_D = 1085.40 \times 0.40 = 434.16 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (422\,286.18 / 3.29 \text{ sen}60) + ((1085.40+434.16)/3) = 128\,826.04 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 9.33 = 21.43 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1\,446.84 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,928.64 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 128\,826.04 / 1\,928.64 = 66.80 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 76.82 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante

➤ Sección HH-7

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 10" Cedula otra, con OD = 273.05 mm** y $i = 9.22$.

$$F_{\text{pierna}} = (M \cdot U) + ((P_D + P_P)/3) =$$

Donde:

$$M = 555\,653.96 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$U = 4.3 \text{ sen } 60 = 3.72 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 81.54$$

$$P_P = 81.54 \times 6 \times 3 = 1467.72 \text{ kg}$$

$$P_D = 1467.72 \times 0.40 = 587.09 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (555\,653.96 / 4.3 \text{ sen}60) + ((1467.72 + 587.09)/3) = 149\,897.48 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 9.22 = 21.69 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1\,446.84 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,928.64 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 149\,897.48 / 1\,928.64 = 77.72 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 103.88 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante

➤ Sección HH-8

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 12" Cedula 40, con OD = 323.85 mm** y $i = 11.09$.

$$F_{\text{pierna}} = (M \cdot U) + ((P_D + P_P)/3) =$$

Donde:

$$M = 699\,419.57 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$U = 4.8 \text{ sen } 60 = 4.15 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 79.72$$

$$P_P = 79.72 \times 6 \times 3 = 1\,434.96 \text{ kg}$$

$$P_D = 478.32 \times 0.40 = 573.98 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (699\,419.57 / 4.8 \text{ sen}60) + ((1434.69 + 573.98)/3) = 168\,923.76 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 11.09 = 18.03 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1450.70 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,934.22 \text{ kg/cm}^2$$

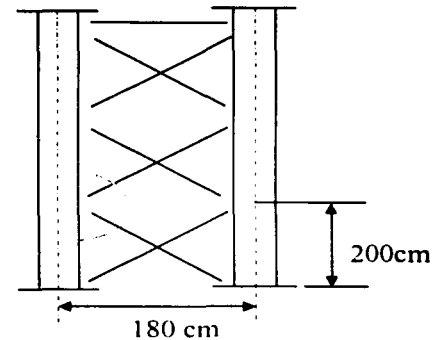
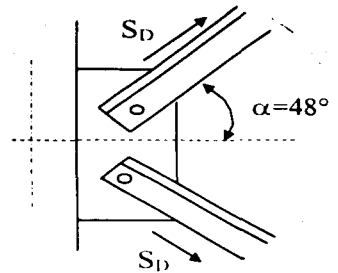
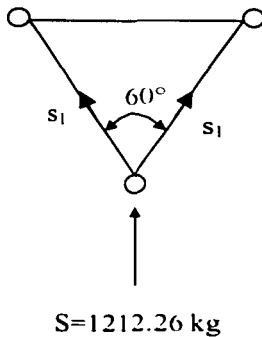
$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 168\,923.76 / 1\,934.22 = 87.33 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 101.56 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante

III.1.1.2 Método manual para cálculo de diagonales.

Revisión por cortante para la sección HH1



Para obtener la fuerza en cada diagonal tenemos que:

$$s_1 = \frac{S}{2 \cos 30} = \frac{1212.36}{2 \cos 30} = 699.90 \text{ kg}$$

en donde S_D para esta sección se obtiene como se indica:

$$\tan \alpha = \frac{2}{1.8} \Rightarrow \alpha = \text{ang tan } g \frac{2}{1.8} = 48^\circ$$

$$S_D = \frac{s_1}{2 \cos 48} = \frac{699.90}{2 \cos 48} = 522.99 \text{ kg}$$

Para seleccionar la diagonal en cada sección se partirá del diámetro de barreno propuesto, es decir, para la sección uno tenemos una fuerza cortante sobre la diagonal de 522.99 kg. La fuerza que recibirá el perno de acuerdo con la ecuación presentada en la sección II.1.3.3 será de:

$$F_{perno} = \frac{S_D \times 1.4}{N \times 0.8}$$

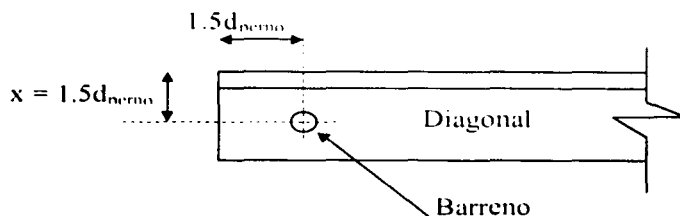
donde

N = Número de pernos

Sustituyendo

$$F_{perno} = \frac{522.99 \times 1.4}{1 \times 0.8} = 915.23 \text{ kg}$$

De acuerdo con la tabla II.1.3.1.1 el perno que resiste una fuerza cortante mayor que 915.23 kg es de ½" y considerando que tenemos que dejar una distancia entre el centro del barreno y el paño de diagonal de 1.5 ϕ_{perno}, de acuerdo al inciso f) de la sección II.1.1.3.1



$$x = 1.5 \left(\frac{1}{2} \right) = \frac{3}{4} \text{''}$$

Por lo tanto el ángulo debe ser mayor o igual a $2x = 2 \left(\frac{3}{4} \right) = 1 \frac{1}{2} \text{''}$
 El ángulo a utilizar puede ser L 1 ½" / 1 ½" / 1/8"

Obtención de la longitud de barreno a barreno (l)

$$l = L \cdot y \quad [\text{cm}]$$

Longitud total de la diagonal (L)

$$L = \sqrt{200^2 \text{ cm} + 180^2 \text{ cm}} = 269.07 \text{ cm}$$

Requerimos encontrar la distancia horizontal (d) del eje central de la pierna al centro del barreno, por lo tanto tenemos:

$$d = a + c + \frac{b}{\cos 48^\circ} [\text{cm}]$$

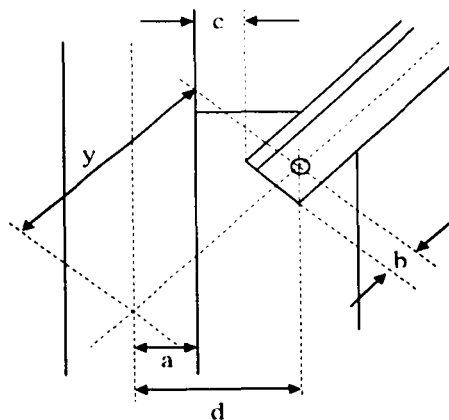
Donde:

d: distancia horizontal del centro de la pierna al centro del barreno [cm]

a: el diámetro de la pierna [cm]

c: la soldadura considerada entre la placas de la pierna y la pierna que es igual a 10 [mm]

b: la distancia del centro del barreno al paño horizontal de la diagonal [cm]



Sustituyendo

$$d = \frac{6.03}{2} + 1 + \frac{2.4}{\cos 48^\circ} = 7.6 \text{ cm}$$

Transportando la distancia al eje horizontal entre barrenos (y)

$$y = \frac{d}{\cos 48^\circ} = \frac{7.6}{\cos 48^\circ} = 11.36 \text{ cm}$$

Sustituyendo

$$l = 269.07 - 2(11.36) = 246.35 \text{ cm}$$

Obtenemos, para un ángulo de $1\frac{1}{2}'' / 1\frac{1}{2}'' / \frac{1}{8}''$ su radio de giro en los diferentes ejes y su área transversal tabla III.1.1.3.1:

$$R_x = 1.17 \text{ cm}$$

$$R_z = 0.76 \text{ cm}$$

$$A = 2.34 \text{ cm}^2$$

Debido a que estamos considerando para este cálculo que el cortante en la diagonal sea tomado por un solo perno en los extremos de este y que la longitud de pandeo efectivo se reduzca debido a un perno centrado sobre el ángulo, caemos en el caso de configuración #3 de la tabla II.1.1.3.4, por lo cual:

$$L_y = \frac{l}{2} = \frac{246.35}{2} = 123.18 \text{ cm}$$

$$\frac{L_y}{R_x} = \frac{123.18}{1.17} = 105.28$$

$$\frac{L_y}{R_z} = \frac{123.18}{0.76} = 162.08$$

Ya que $L/R_{\max} > 120$ hacemos referencia a la curva 4 de la tabla II.1.1.3.2 y tenemos que:

$$\frac{KL}{R} = \frac{L}{R} = 162.08$$

Sabemos de la tabla III.1.1.3.2 que

$$\lambda = 162 \Rightarrow \sigma_{adm} = 400.7 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

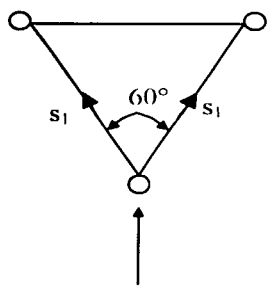
De acuerdo al manual de construcción de acero del IMCA y del American Institute of Steel Construction para estructuras menores a 213 m de altura, el esfuerzo permisible debe ser incrementado 1/3 para las combinaciones de carga por viento

$$\text{Por lo tanto } \sigma_{adm} = 400.7 \times 1.333 = 534.13 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

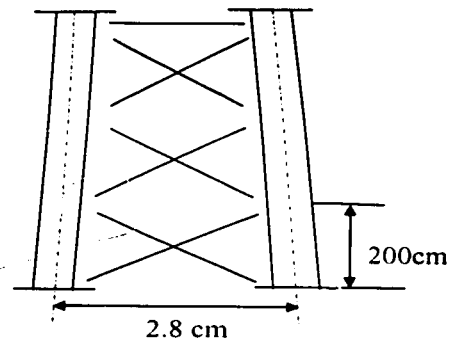
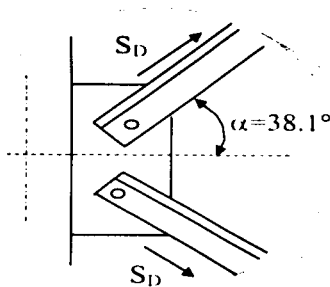
Para obtener la fuerza permisible $F_{per} = \sigma_{adm} \times \text{área} = 534.13 \times 2.34 = 1249 \text{ kg}$

Como $F_{per} > S_D$ pasa por cortante

Revisión de la sección HH4 por cortante



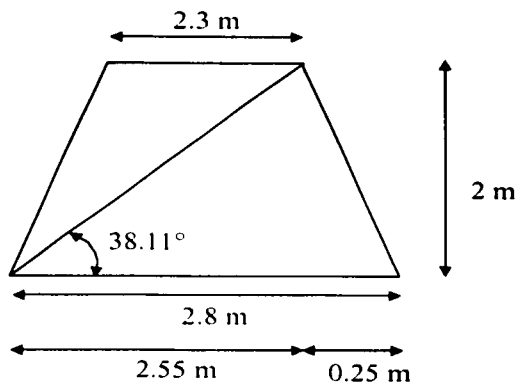
$$S=18151.5 \text{ kg}$$



Para obtener la fuerza en cada diagonal tenemos que:

$$s_1 = \frac{S}{2 \cos 30} = \frac{18151.5}{2 \cos 30} = 10479.77 \text{ kg}$$

donde S_D



$$\tan \alpha = \frac{2}{2.55} \Rightarrow \alpha = 38.11^\circ$$

$$S_D = \frac{s_i}{2 \cos 38.11^\circ} = \frac{10479.77}{2 \cos 38.11^\circ} = 6659.51 \text{ kg}$$

Para seleccionar la diagonal en cada sección se partirá del diámetro de barreno propuesto, es decir, para la sección cuatro tenemos una fuerza cortante sobre la diagonal de 6659.51 kg.

La fuerza que recibirá el perno de acuerdo con la ecuación presentada en la sección II.1.3.3 será de:

$$F_{\text{perno}} = \frac{S_D \times 1.4}{N \times 0.8}$$

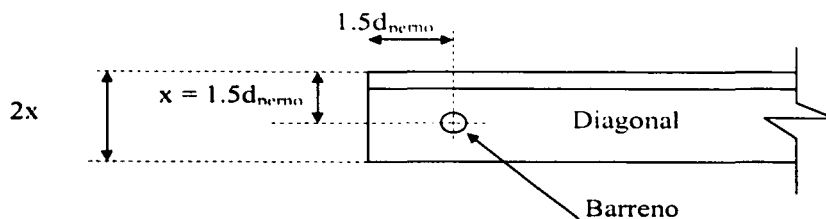
Donde

N = número de pernos

Sustituyendo

$$F_{\text{perno}} = \frac{6659.51 \times 1.4}{1 \times 0.8} = 11654.14 \text{ kg}$$

De acuerdo con la tabla III.1.3.1.2 el perno que resiste una fuerza cortante mayor que 11654.14 kg es de 1" de grado 5 y considerando que tenemos que dejar una distancia entre el centro de barreno y el paño de diagonal de $1.5d_{\text{barreno}}$ de acuerdo al inciso f) de la sección II.1.1.3.1.



$$x = 1.5 (1'') = 1 \frac{1}{2}''$$

Por lo tanto al ángulo debe ser mayor o igual a $2x = 2(1 \frac{1}{2}'') = 3''$

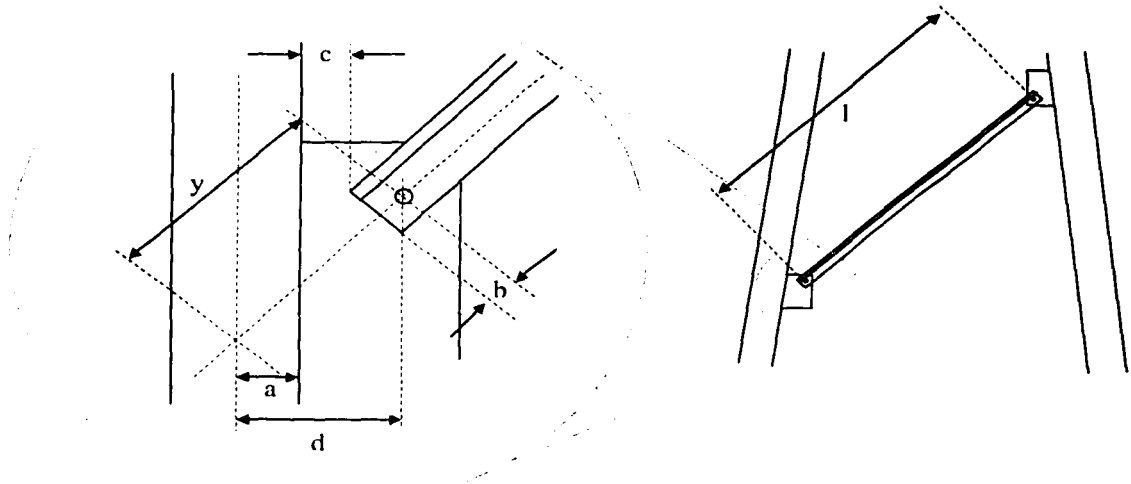
El ángulo a utilizar puede ser $3'' / 3'' / \frac{1}{4}''$

Obtención de la longitud de barreno a barreno (l)

$$l = L - y \text{ [cm]}$$

La longitud total de la diagonal es :

$$L = \sqrt{200^2 \text{ cm} + 255^2 \text{ cm}} = 324.08 \text{ cm}$$



Requerimos encontrar la distancia horizontal (d) del centro de la pierna al centro del barreno por lo tanto tenemos:

$$d = a + c + \frac{b}{\cos 38.11^\circ} [\text{cm}]$$

Donde

d : distancia horizontal del centro de la pierna al centro del barreno [cm]

a : el diámetro de la pierna entre dos [cm]

c : la soldadura considerada entre las placas de la pierna y la pierna que es igual a 10 [mm]

b : la distancia del centro del barreno al paño horizontal de la diagonal [cm]

Sustituyendo

$$d = \frac{21.91}{2} + 1 + \frac{1.5 \times 2.22}{\cos 38.11^\circ} = 16.19 \text{ cm}$$

transportando la distancia al eje horizontal entre barrenos (y)

$$y = \frac{d}{\cos 38.11^\circ} = \frac{16.19}{\cos 38.11^\circ} = 20.58 \text{ cm}$$

Sustituyendo

$$l = 324.08 - 2(20.58) = 282.93 \text{ cm}$$

De la tabla III.1.1.3.1 obtenemos el radio de giro en los diferentes ejes y el área transversal para el ángulo propuesto 3" / 3" / 1/4"

$$R_x = 2.36 \text{ cm}$$

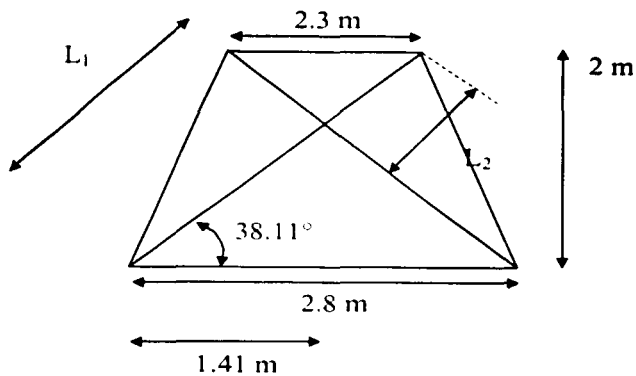
$$R_z = 1.59 \text{ cm}$$

$$A = 9.20 \text{ cm}^2$$

Debido a que estamos considerando, para este cálculo, que el cortante en la diagonal sea tomado por un solo perno en los extremos de éste y que la longitud de pandeo efectivo se reduzca debido a un perno centrado sobre el ángulo, caemos en el caso de configuración #3 de la tabla II.1.1.3.4, por lo cual:

$$L_x = L_1 + 0.5 L_2$$

$$\text{Donde } L_1 = \frac{141.47}{\cos 38.11^\circ} = 179.79 \text{ cm} \text{ y } L_2 = 282.93 - 179.79 = 103.14 \text{ cm}$$



$$\text{Por lo tanto } L_x = 179.79 + 0.5 (103.14) = 231.36$$

$$\frac{L_x}{R_x} = \frac{231.36}{2.36} = 98.03$$

$$\frac{L_1}{R_z} = \frac{179.79}{1.59} = 113.08$$

ya que $L \cdot R_{\max} > 120$ hacemos referencia a la curva a la curva 2 de la tabla II.1.1.3.2 itenemos que:

$$\frac{KL}{R} = 30 + 0.75 \frac{L}{R} = 30 + (0.75 \times 113.08) = 114.81$$

Sabemos de la tabla III.1.1.3.2

$$\lambda = 115 \Rightarrow \sigma_{adm} = 773.94 \times 1.333 = 1031.66 \frac{kg}{cm^2}$$

Para obtener la fuerza permisible $F_{per} = \sigma_{adm} \times \text{área} = 1031.66 \times 9.2 = 9491.29kg$

Como $F_{per} > S_D$ pasa por cortante

III.1.1.3 Método manual para cálculo de piernas segunda iteración.

Para el calculo corregido de la fuerza que actúa en cada sección se aplica la siguiente ecuación:

$$F = q_z G_H [C_F A_F + \Sigma (C_A A_A)] \dots \dots (3)$$

Para esta corrección debemos obtener el radio sólido (e) corregido, para esto, se hace la siguiente deducción:

Como en este momento conocemos en una primera iteración los diámetros de las piernas y los ángulos de las diagonales, podemos calcular el área de los elementos circulares y el de los elementos planos, así como también el área gruesa. Con estos elementos podemos calcular el radio sólido de la siguiente manera:

$$e = (A_R + A_F) / A_G$$

Donde:

A_R = área de los elementos circulares

A_F = área de los elementos planos

A_G = área gruesa

Realizando la segunda iteración, procedemos como en la sección III.1.1.1

A) Cálculo de fuerza que actúa sobre la estructura en cada sección debido al viento.

➤ Sección HH-1; $z = 45$ m

Cálculo de la presión de velocidad

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (45/10)^{2.7} = 1.54$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.536)(44.7)^2 = \mathbf{1882.38 \text{ Pa}}$$

Cálculo del factor de respuesta de Ráfaga

$$G_{H1} = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Para la sección HH-1 se necesitarán postes de 2" cedula 40 el cual tiene un diametro de 60.3 mm y diagonales de 1 1/2" con un espesor de 1/8"

$$\text{Por lo tanto el } A_{R1} = [1.8 + 2 (0.0603)] 6 = 11.16 \text{ m}^2$$

$$A_R = 2(0.0603)(6) = 0.72 \text{ m}^2$$

$$A_F = (2.48)(0.0381)(6) = 0.57 \text{ m}^2$$

Por lo tanto

$$e = (0.72 + 0.57) / 11.16 = \mathbf{0.12}$$

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.12)^2 - 4.7 (0.12) + 3.4 = \mathbf{2.90}$$

Para obtener A_F aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_{FE} = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde $D_F = D_R = 1$ y

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.12)^2 + 0.57 = \mathbf{0.58}$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_{FE} = (1)(0.57) + (1)(0.58)(0.72) = \mathbf{0.99 \text{ m}^2}$$

$$A_A = 10 (0.05) (6) = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = 6000/600 = 10 **interpolando....**

Obtenemos que $C_A = \mathbf{0.91}$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1882.38) (1.13) [(2.90) (0.99) + (3) (0.91)] = \mathbf{11\ 901.68 \text{ N} = 1\ 214.46 \text{ kg.}}$$

➤ **Sección HH-2; z = 39 m**

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (39/10)^{2.7} = \mathbf{1.475}$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.475)(44.7)^2 = \mathbf{1806.62 \text{ Pa}}$$

$$G_{H1} = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Para la sección HH-2 se necesitarán postes de 2 1/2" cedula 80 el cual tiene un diametro de 73 mm y diagonales de 2" con un espesor de 1/8"

$$\text{Por lo tanto el } A_G = [1.8 + 2 (0.0889)] 6 = 11.24 \text{ m}^2$$

$$A_R = 2(0.073)(6) = 0.88 \text{ m}^2$$

$$A_F = (2.48)(0.05)(6) = 0.76 \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores en 4

$$e = (0.76 + 0.88) / 11.24 = 0.15$$

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.15)^2 - 4.7 (0.15) + 3.4 = 2.79$$

Para obtener A_E aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_E = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde $D_F = D_R = 1$ y

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.15)^2 + 0.57 = 0.58$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_E = (1)(0.76) + (1)(0.88)(0.58) = 1.27 \text{ m}^2$$

$$A_A = 0.6 (6) = 3 \text{ m}^2$$

Relación de aspecto = 6000/600 = 10 interpolando....

Obtenemos que $C_A = 0.91$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1806.62) (1.13) [(2.79) (1.26) + (3) (0.91)] = 12 806.82 \text{ Pa} = 1 306.82 \text{ kg.}$$

➤ **Sección HH-3; z = 33 m**

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (33/10)^{2.7} = 1.41$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.41)(44.7)^2 = 1722.75 \text{ Pa}$$

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = 1.13$$

Para la sección HH-3 se necesitarán postes de 4" cedula 160 el cual tiene un diametro de 114.3 mm y diagonales de 3" con un espesor de 1/4"

$$\text{Por lo tanto el } A_G = [(1.8 + 2 (0.1143) + 2.3) 6] / 2 = 12.99 \text{ m}^2$$

$$A_R = 2(0.1143)(6) = 1.37 \text{ m}^2$$

$$A_F = 2.68 (0.08) 6 = 1.23 \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores en 4

$$e = (1.37 + 1.23) / 12.99 = 0.20$$

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.20)^2 - 4.7 (0.20) + 3.4 = 2.60$$

Para obtener A_F aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_F = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde $D_F = D_R = 1$ y

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.20)^2 + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(1.23) + (1)(1.37)(0.59) = 2.04 \text{ m}^2$$

$$A_A = 0.6 (6) = 3 \text{ m}^2$$

Relación de aspecto = $6000/600 = 10$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = 0.91$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1722.75) (1.13) [(2.60) (2.04) + (3) (0.91)] = 15 639.85 \text{ Pa} = 1594.28 \text{ kg.}$$

➤ **Sección HH-4; $z = 27 \text{ m}$**

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (27/10)^{2.7} = 1.33$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.33)(44.7)^2 = 1626.76 \text{ Pa}$$

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = 1.13$$

Para la sección HH-4 se necesitarán postes de 8" cedula otra el cual tiene un diametro de 219.1 mm y diagonales de 3" con un espesor de $\frac{1}{4}$ "

Por lo tanto el $A_G = [(2.3 + 2 (0.22) + 2.8) 6] / 2 = 16.61 \text{ m}^2$

$$A_R = 2(0.22)(6) = 2.63 \text{ m}^2$$

$$A_F = 2.95 (0.076) 6 = 1.35 \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores en 4

$$e = (2.63 + 1.35) / 16.61 = 0.24$$

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.24)^2 - 4.7 (0.24) + 3.4 = 2.47$$

Para obtener A_F aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_F = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde $D_F = D_R = 1$ y

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.24)^2 + 0.57 = 0.60$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(1.35) + (1)(2.63)(0.60) = \mathbf{2.93 \text{ m}^2}$$

$$A_A = 0.6 (6) = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = $6000/600 = 10$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = \mathbf{0.91}$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1626.76)(1.13) [(2.47)(2.93) + (3)(0.91)] = \mathbf{18\ 305.38 \text{ Pa} = 1867.90 \text{ kg.}}$$

➤ **Sección III-5; z = 21 m**

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (21/10)^{2.7} = \mathbf{1.24}$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613)(1.24)(44.7)^2 = \mathbf{1514.04 \text{ Pa}}$$

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Para la sección III-5 se necesitarán postes de 10" cedula 30 el cual tiene un diametro de 273.0 mm y diagonales de 3" con un espesor de $1/4$ "

Por lo tanto el $A_{R1} = [(2.8 + 2(0.27) + 3.3)6] / 2 = \mathbf{19.94 \text{ m}^2}$

$$A_R = 2(0.273)(6) = \mathbf{3.28 \text{ m}^2}$$

$$A_F = 3.33(0.076)6 = \mathbf{1.53 \text{ m}^2}$$

Sustituyendo los valores en 4

$$e = (3.28 + 1.53) / 19.94 = \mathbf{0.24}$$

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4(0.24)^2 - 4.7(0.24) + 3.4 = \mathbf{2.47}$$

Para obtener A_F aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_F = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde $D_F = D_R = 1$ y

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51(0.24)^2 + 0.57 = \mathbf{0.60}$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(1.53) + (1)(3.28)(0.60) = \mathbf{3.49 \text{ m}^2}$$

$$A_A = 0.6 (6) = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = $6000/600 = 10$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = \mathbf{0.91}$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1514.04) (1.13) [(2.47) (3.49) + (3) (0.91)] = 19\,418.83 \text{ Pa} = \mathbf{1979.49 \text{ kg.}}$$

➤ **Sección HH-6; z = 15 m**

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (15/10)^{2.7} = 1.12$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1.12)(44.7)^2 = \mathbf{1375.27 \text{ Pa}}$$

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Para la sección HH-6 se necesitarán postes de 10" cedula 40 el cual tiene un diametro de 273.0 mm y diagonales de 3" con un espesor de 1/4"

$$\text{Por lo tanto el } A_G = [(3.3 + 2 (0.27) + 3.8) 6] / 2 = 22.94 \text{ m}^2$$

$$A_R = 2(0.27)(6) = 3.28 \text{ m}^2$$

$$A_F = 3.79 (0.076) 6 = 1.73 \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores en 4

$$e = (3.28 + 1.73) / 22.94 = 0.22$$

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.22)^2 - 4.7 (0.22) + 3.4 = \mathbf{2.54}$$

Para obtener A_F aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_F = D_F A_F + D_R A_R R_R$$

Donde $D_F = D_R = 1$ y

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.22)^2 + 0.57 = \mathbf{0.59}$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_F = (1)(1.73) + (1)(3.28)(0.59) = \mathbf{3.68 \text{ m}^2}$$

$$A_A = 0.6 (6) = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = 6000/600 = 10 interpolando....

Obtenemos que $C_A = \mathbf{0.91}$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1375.27) (1.13) [(2.54) (3.68) + (3) (0.91)] = 18\,768.63 \text{ Pa} = \mathbf{1\,913.21 \text{ kg.}}$$

➤ **Sección HH-7; z = 9 m**

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (9/10)^{2.7} = 0.9703 \text{ como es menor que la unidad, se considera } K_z = 1$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1)(44.7)^2 = \mathbf{1224.83 \text{ Pa}}$$

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Para la sección HH-7 se necesitarán postes de 10" cedula otra el cual tiene un diametro de 273.0 mm y diagonales de 3" con un espesor de $\frac{3}{8}$ "

$$\text{Por lo tanto el } A_{G1} = [(4.3 + 2 (0.273) + 3.8) 6] / 2 = 25.94 \text{ m}^2$$

$$A_R = 2(0.273)(6) = 3.28 \text{ m}^2$$

$$A_I = 4.25 (0.076) 6 = 1.94 \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores en 4

$$e = (3.28 + 1.94) / 25.94 = 0.20$$

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.20)^2 - 4.7 (0.20) + 3.4 = \mathbf{2.59}$$

Para obtener A_E aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_E = D_I A_I + D_R A_R R_R$$

Donde $D_I = D_R = 1$ y

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.20)^2 + 0.57 = 0.59$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_E = (1)(1.94) + (1)(3.28)(0.59) = \mathbf{3.88 \text{ m}^2}$$

$$A_A = 0.6 (6) = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

$$\text{Relación de aspecto} = 6000/600 = 10 \quad \text{interpolando....}$$

$$\text{Obtenemos que } C_A = 0.91$$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1224.83) (1.13) [(2.59) (3.88) + (3) (0.91)] = 17 \, 687.15 \text{ Pa} = \mathbf{1 \, 802.97 \text{ kg}}$$

➤ **Sección HH-8; z = 3 m**

$$q_z = 0.613 K_z V^2 \text{ [kg]}$$

Donde

$$K_z = (z/10)^{2.7} = (3/10)^{2.7} = 0.709 \text{ como es menor que la unidad, se considera } K_z = 1$$

Sustituyendo

$$q_z = (0.613) (1)(44.7)^2 = \mathbf{1224.83 \text{ Pa}}$$

$$G_H = 0.65 + 0.60 / (H/10)^{1.7} = 0.65 + 0.60 / (48/10)^{1.7} = \mathbf{1.13}$$

Para la sección HH-8 se necesitarán postes de 12" cedula 40 el cual tiene un diametro de 323.8 mm y diagonales de 4" con un espesor de 1/4"

Por lo tanto el $A_t = [(4.8 \cdot 2 (0.3238) + 4.3) 6] / 2 = 29.24 \text{ m}^2$

$$A_R = 2(0.3238)(6) = 3.89 \text{ m}^2$$

$$A_F = 4.65 (0.101) 6 = 2.83 \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores en 4

$$e = (3.89 + 2.83) / 29.24 = 0.23$$

$$C_F = 3.4 e^2 - 4.7 e + 3.4 = 3.4 (0.23)^2 - 4.7 (0.23) + 3.4 = \mathbf{2.50}$$

Para obtener A_f aplicamos la siguiente ecuación:

$$A_f = D_f A_F + D_R A_R R_R$$

Donde $D_f = D_R = 1$ y

$$R_R = 0.51 e^2 + 0.57 = 0.51 (0.23)^2 + 0.57 = 0.60$$

Sustituyendo tenemos que:

$$A_f = (1)(2.83) + (1)(3.89)(0.60) = \mathbf{5.15 \text{ m}^2}$$

$$A_A = 0.6 (6) = \mathbf{3 \text{ m}^2}$$

Relación de aspecto = $6000/600 = 10$ interpolando....

Obtenemos que $C_A = 0.91$

Sustituyendo en 3 tenemos que

$$F = (1224.83) (1.13) [(2.50) (5.15) + (3) (0.91)] = \mathbf{21\ 598.22 \text{ Pa} = 2\ 201.65 \text{ kg.}}$$

B) Cálculo del Momento y Fuerza Cortante que actúa sobre la estructura en cada sección debido al viento.

➤ **Sección HH-1**

$$M = 1212.26 (3) = \mathbf{3636.79 \text{ kg.m}}$$

$$S = \mathbf{1212.26 \text{ kg}}$$

➤ **Sección HH-2**

$$M = 1212.26 (9) + 1044.90 (4) + 1300.54 (3) = \mathbf{18\ 991.59 \text{ kg.m}}$$

$$S = 1212.26 + 1044.90 + 1300.54 = \mathbf{3557.70 \text{ kg}}$$

➤ **Sección HH-3**

$$M = 1212.26 (15) + 1044.90 (10) + 1300.54 (9) + 8353.24 (5) + 1590.89 (3) = \mathbf{86\ 876.68 \text{ kg.m}}$$

$$S = 1212.26 + 1044.90 + 1300.54 + 8353.24 + 1590.89 = \mathbf{13\ 501.84 \text{ kg}}$$

➤ **Sección HH-4**

$$M = 1212.26 (21) + 1044.90 (16) + 1300.54 (15) + 8353.24 (11) + 1590.89 (9) + 962.45 (6) + 1866.24(3) + 1820.97 (1) = \mathbf{181082.08 \text{ kg.m}}$$

$$S = 1212.26 + 1044.90 + 1300.54 + 8353.24 + 1590.89 + 962.45 + 1866.24 + 1820.97 = \mathbf{18151.5 \text{ kg}}$$

➤ **Sección HH-5**

$$M = 1212.26 (27) + 1044.90 (22) + 1300.54 (21) + 8353.24 (17) + 1590.89 (15) + 962.45 (12) + 1866.24(9) + 1820.97 (7) + 1976.49(3) = \mathbf{295 920.55 \text{ kg.m}}$$

$$S = 1212.26 + 1044.90 + 1300.54 + 8353.24 + 1590.89 + 962.45 + 1866.24 + 1820.97 + 1976.49 = \mathbf{20 127.99 \text{ kg}}$$

➤ **Sección HH-6**

$$M = 1212.26 (33) + 1044.90 (28) + 1300.54 (27) + 8353.24 (23) + 1590.89 (21) + 962.45 (18) + 1866.24(15) + 1820.97 (13) + 1976.49(9) + 1910.48 (3) = \mathbf{422 419.94 \text{ kg.m}}$$

$$S = 1212.26 + 1044.90 + 1300.54 + 8353.24 + 1590.89 + 962.45 + 1866.24 + 1820.97 + 1976.49 + 1910.48 = \mathbf{22 038.47 \text{ kg}}$$

➤ **Sección HH-7**

$$M = 1212.26 (39) + 1044.90 (34) + 1300.54 (33) + 8353.24 (29) + 1590.89 (27) +$$

Cálculo para Obtener el Diámetro Corregido de Pierna $962.45 (24) + 1866.24(21) + 1820.97$

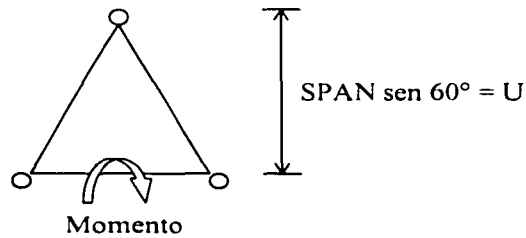
$$(19) + 1976.49(15) + 1910.48 (9) + 1803.07 (3) = \mathbf{560 059.99 \text{ kg.m}}$$

$$S = 1212.26 + 1044.90 + 1300.54 + 8353.24 + 1590.89 + 962.45 + 1866.24 + 1820.97 + 1976.49 + 1910.48 + 1803.07 = \mathbf{23 841.54 \text{ kg}}$$

➤ **Sección HH-8**

$$M = 1212.26 (45) + 1044.90 (40) + 1300.54 (39) + 8353.24 (35) + 1590.89 (33) + 962.45 (30) + 1866.24 (27) + 1820.97 (25) + 1976.49 (21) + 1910.48 (15) + 1803.07 (9) + 2202.13(3) = \mathbf{709 715.63 \text{ kg.m}}$$

$$S = 1212.26 + 1044.90 + 1300.54 + 8353.24 + 1590.89 + 962.45 + 1866.24 + 1820.97 + 1976.49 + 1910.48 + 1803.07 + 2202.13 = \mathbf{26 043.67 \text{ kg}}$$



Para determinar el diámetro de la pierna, se comparará el área requerida contra el área real de la sección que proponemos, es decir:

$$a_{req} < a_{real}$$

Para obtener el área requerida, se determinará la relación de la fuerza en cada pierna entre el esfuerzo permisible:

$$a_{req} = F_{pierna} / F_a$$

Para obtener la fuerza en cada pierna se desarrollará la siguiente ecuación

$$F_{pierna} = (M / U) + ((P_D + P_P) / 3)$$

Donde:

M = Momento de la sección

U = Brazo de planca

P_D = Peso estimado diagonales (40% del peso estimado de piernas)

P_P = Peso estimado de las piernas

La fuerza admisible (F_a) se obtiene de la tabla de diseño, en la cual necesitamos el parámetro λ, que es la relación de la longitud de pandeo (L_p = 200 mm) entre el radio de giro (r en mm) del tubo propuesto para la sección:

$$\lambda = L_p / r$$

El reglamento nos permite aumentar la fuerza admisible en un 33%.

Para obtener el a_{real}, simplemente se obtiene el área sólida del tubo propuesto.

A continuación se presentan los cálculos para cada sección.

➤ Sección HH-1

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 2" Cedula 40**, con OD = 60.3 mm, i=1.998 y diagonales de 1¹/₂ / 1¹/₂ / 1¹/₈

$$F_{pierna} = (M / U) + ((P_D + P_P) / 3) =$$

Donde:

$$M = 3636.79 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 1.8 \text{ sen } 60 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 5.44$$

$$\text{Peso de la diagonal kg/m} = 1.83$$

$$P_p = 5.48 \times 6 \times 3 = 98.62 \text{ kg}$$

$$P_D = 2.57 (1.83) 21 = 98.77 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (3636.79 + 1.8 \text{ sen}60) + ((98.64+98.77)/3) = 2 \text{ 398.80 kg}$$

$$\lambda = 200 / 1.998 = 100.1 \quad \Rightarrow \quad F_a = (914.08 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1 \text{ 218.78 kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 2 \text{ 398.80} / 1 \text{ 218.78} = 1.97 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 6.93 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

➤ Sección HH-2

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 2.5" Cedula 40**, con OD = 73 mm, $i = 2.405$, y diagonales de $2 / 2 / 1/4$

$$F_{\text{pierna}} = (M + U) + ((P_D) + P_p)/3 =$$

Donde:

$$M = 18 \text{ 991.59 kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 1.8 \text{ sen } 60 = 1.56 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 8.63$$

$$\text{Peso de la diagonal kg/m} = 2.46$$

$$P_p = (8.63 \times 6 \times 3) + 98.62 = 254 \text{ kg}$$

$$P_D = [2.50(2.46) 18] + 98.77 = 209.6 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (18 \text{ 991.59} + 1.8 \text{ sen}60) + ((254 + 209.6)/3) = 12 \text{ 328.63 kg}$$

$$\lambda = 200 / 2.405 = 83.16 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1057.75 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1 \text{ 410.33 kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 12 \text{ 328.63} / 1 \text{ 410.33} = 8.74 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 11 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

➤ Sección HH-3

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 4" Cedula 80**, con OD = 114.3mm, $i = 3.75$, y diagonales de $3 / 3 / 1/4$

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_P)/3) =$$

Donde:

$$M = 86\,876.68 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 2.30 \text{ sen } 60 = 1.99 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 22.32$$

$$\text{Peso de la diagonal kg/m} = 7.29$$

$$P_P = (22.32 \times 6 \times 3) + 254 = 655.76 \text{ kg}$$

$$P_D = [2.74 (7.29) 21] + 209.60 = 629.07 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (86\,876.68 / 2.30 \text{ sen}60) + ((655.76+629.07)/3) = 44\,044.17 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 3.751 = 53.32 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1273.24 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,697.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 44\,044.175 / 1\,697.61 = 25.94 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 28.44 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

➤ Sección HH-4

Para esta sección proponemos un **tubo de diámetro de 8" Cedula otra**, con OD = 219.1 mm, $i = 7.53$, y diagonales de $3 / 3 / 1/4$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_P)/3) =$$

Donde:

$$M = 181\,082.08 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 2.8 \text{ sen } 60 = 2.42 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 33.32$$

$$\text{Peso de la diagonal kg/m} = 7.29$$

$$P_P = (33.32 \times 6 \times 3) + 655.76 = 1\,255.52 \text{ kg}$$

$$P_D = [3.04 (7.29) 18] + 629.07 = 1\,027.33 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (181\,082.08 / 2.8 \text{ sen}60) + ((1255.52+1027.33)/3) = 75\,437.91 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 7.53 = 26 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1\,424.3 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1898.59 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 75\,437.91 / 1\,898.59 = 39.73 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 42.44 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

➤ Sección HH-5

Para esta sección proponemos un tubo de diámetro de 10" Cedula 30, con OD = 273.05 mm, $i = 9.38$, y diagonales de 3 / 3 / $1/4$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D) + P_P)/3 =$$

Donde:

$$M = 295\,920.55 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 3.3 \text{ sen } 60 = 2.86 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 51.02$$

$$\text{Peso de la diagonal kg/m} = 7.29$$

$$P_P = (51.02 \times 6 \times 3) + 1\,255.52 = 2\,173.88 \text{ kg}$$

$$P_D = [3.41(7.29)18] + 1\,027.33 = 1\,475.18 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (295\,920.55 / 3.3 \text{ sen}60) + ((2\,173.88 + 1\,475.18)/3) = 104\,761.69 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 \cdot 9.38 = 21.32 \Rightarrow F_a = (1\,446.48 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,928.59 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 104\,761.69 / 1\,928.59 = 54.32 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 65 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

➤ Sección HH-6

Para esta sección proponemos un tubo de diámetro de 10" Cedula 40, con OD = 273.05 mm, $i = 9.33$ y diagonales de 3 / 3 / $1/4$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D) + P_P)/3 =$$

Donde:

$$M = 422\,419.94 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 3.8 \text{ sen } 60 = 3.29 \text{ m}$$

Peso de la pierna de la estructura kg/m = 60.30

Peso de la diagonal kg/m = 7.29

$P_p = (60.30 \times 6 \times 3) + 2173.88 = 3\,259.28 \text{ kg}$

$P_D = [3.87(7.29) 18] + 1475.18 = 1983.0 \text{ kg}$

$F_{\text{pierna}} = (422\,419.94 / 3.8 \text{ sen}60) + ((3259.28+1983.0)/3) = 130\,107.57 \text{ kg}$

$\lambda = 200 / 9.33 = 21.43 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1\,446.84 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,928.64 \text{ kg/cm}^2$

Área requerida $a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 130\,107.57 / 1\,928.64 = 67.46 \text{ cm}^2$

Área real $a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 76.82 \text{ cm}^2$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante

➤ Sección HH-7

Para esta sección proponemos un tubo de diámetro de 10" Cedula 80, con OD = 273.05 mm, $i = 9.14$ y diagonales de $3 / 3 / 3/8$.

$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_p)/3) =$

Donde:

$M = 560\,059.99 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$U = 4.3 \text{ sen } 60 = 3.72 \text{ m}$

Peso de la pierna de la estructura kg/m = 95.97

Peso de la diagonal kg/m = 10.72

$P_p = (95.97 \times 6 \times 3) + 3\,259.28 = 4\,986.74 \text{ kg}$

$P_D = [4.33 (10.72) 18] + 1983.0 = 2818.52 \text{ kg}$

$F_{\text{pierna}} = (560\,059.99 / 4.3 \text{ sen}60) + ((4986.74 + 2818.52)/3) = 152\,997.47 \text{ kg}$

$\lambda = 200 / 9.14 = 21.88 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1\,446.84 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,928.64 \text{ kg/cm}^2$

Área requerida $a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 152\,997.47 / 1\,928.64 = 79.33 \text{ cm}^2$

Área real $a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 103.88 \text{ cm}^2$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante

➤ **Sección HH-8**

Para esta sección proponemos un tubo de diámetro de 12" Cedula 40, con OD = 323.85 mm y $i = 11.09$, y diagonales de $4 / 4 / 1/4$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_P)/3) =$$

Donde:

$$M = 709\,715.63 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 4.8 \text{ sen } 60 = 4.15 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura kg/m} = 79.72$$

$$\text{Peso de la diagonal kg}\cdot\text{m} = 9.82$$

$$P_P = (79.72 \times 6 \times 3) + 4\,986.74 = 6421.70 \text{ kg}$$

$$P_D = [4.73(9.82) 18] \cdot 2818.52 = 3655.40 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (709\,715.63 / 4.8 \text{ sen}60) + ((6421.7 + 3655.40)/3) = 174\,090.08 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 11.09 = 18.03 \quad \Rightarrow \quad F_a = (1450.70 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1\,934.22 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 174\,090.08 / 1\,934.22 = 90.01 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} = (d_1^2 - d_2^2) (\pi / 4) = 101.56 \text{ cm}^2$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante

III.1.1.4 Método computarizado para cálculo de piernas.

SECCIÓN 1

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
CÁLCULO INICIAL	
Sección	HH-1
Longitud (L) [m]	6
Ancho de parte superior (A ₁) [m]	1.80
Ancho de parte inferior (A ₂) [m]	1.80
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (H) [m]	48
Radio Sólido	0.2
Velocidad de viento de diseño (V ₁₀) [m/s]	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (Z) [m]	45.00
Accesorios	
Tipo de Accesorio (plano o redondo)	cilíndrico
Numero de charolas	1
Longitud de charola por sección (L _c) [m]	6
Ancho de charola [m]	2.0
Numero de cables	10
Diámetro nominal de cable [in]	1.58
Diámetro real de cable [in]	0.05
Cálculos	
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [kg]	1459.31
Coefficiente de exposición (K _z) []	1.54
Presión de velocidad (q) [kg]	1582.58
Factor de respuesta (Gust) (g _f) []	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (C _f) []	2.60
Área proyectada de los componentes estructurales planos (A _f) [m ²]	0.65
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (A _r) [m ²]	1.51
Área gruesa (A _g) [m ²]	10.40
Radio sólido calculado (r) []	0.20
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (A _e) [m ²]	1.54
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (R _r) []	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (D _f) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (D _r) []	1.00
Aspect Ratio []	1.50
Área proyectada de accesorios (A _a) [m ²]	1.00
Área proyectada de accesorios discretos (A _c) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para accesorios discretos o lineales (C _a) []	0.00
Piernas de la Torre	
Momento en la sección (M) [kg·m]	4377.94
Fuerza Cortante en la sección (S) [kg]	1459.31
Diámetro nominal de Pierna (D _p) [in]	2
Cedula de tubo para pierna (S) 40, 80, 160	40
Longitud de pandeo (L _p) [m]	200
Diámetro real de Pierna (D _r) [mm]	60.30
Espesor de pierna (t _p) [mm]	3.91
Área de pierna (A _p) [cm ²]	6.93
Radio de giro (r) [m]	2.00
Peso estimado de las diagonales y horizontales en la sección [kg]	39.45
Peso de pierna de la estructura (W _p) [kg·m]	5.48
Esfuerzo permisible (F _a) [kg/cm ²]	1218.78
Fuerza en cada pierna de la torre (F _p) [kg]	2854.47
Modulo de pandeo (I) []	100.08
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (W _e) [Kg]	88.62
Área de requerida (A _r) [cm ²]	2.34

dato comparado

correcto

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilíndrico	2.61

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
CÁLCULO CORREGIDO	
Sección	HH-1
Longitud (L) [m]	6
Ancho de parte superior (A) [m]	1.8
Ancho de parte inferior (a) [m]	1.8
Diametro real de Pierna (D) [m]	0.06
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (H) [m]	48
Radio Sólido (r) [m]	0.60
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (Z) [m]	45.00
Accesorios	
Tipo de Accesorio (plano/cilindrico)	cilindrico
Numero de charolas	1
Longitud de charola por seccion (L) [m]	6
Ancho de charola (A) [m]	0.6
Numero de cables	10
Diametro nominal de cable (D) [m]	1.58
Diametro real de cable (D) [m]	0.65
Cálculos	
Calculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [Kg]	1212.26
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.54
Presion de velocidad (qv) [Pa]	1582.34
Factor de respuesta Gust (G) []	1.14
Coefficiente de fuerza para la estructura (Cf) []	2.90
Area proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) [m ²]	0.57
Area proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) [m ²]	0.72
Area gruesa (Ag) [m ²]	11.30
Radio sólido calculado (rs) []	0.52
Area efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) [m ²]	0.60
Factor de reduccion para los componentes estructurales redondos (Rr) []	1.54
Factor de direccion del viento para elementos planos (Df) []	1.0
Factor de direccion del viento para elementos redondos (Dr) []	1.0
Aspect Ratio []	12.00
Area proyectada de accesorios (Aa) [m ²]	0.00
Area proyectada de accesorios (Aa) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para accesorios (Cfa) []	1.0
Piernas de la torre	
Momento en la Seccion (M) [kg m ²]	3636.79
Fuerza Contando en la Seccion (F) [kg]	1212.26
Diametro nominal de Pierna (D) [m]	0.06
Cedula de las piernas para peso (P) [kg]	4.0
Longitud de piernas (L) [m]	2.00
Diametro real de Pierna (D) [m]	60.30
Espesor de pierna (E) [mm]	3.91
Area de pierna (Ap) [cm ²]	6.93
Radio de giro (r) [cm]	2.00
Peso de pierna de la estructura (Wp) [kg m]	5.48
Esfuerzo permisible (F) [kg/cm ²]	1218.78
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [kg]	2498.20
Modulo de pandeo (I) []	100.00
Peso de la seccion de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	36.50
Peso de la seccion de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	68.62
Area de requerida (Ar) [cm ²]	1.57
Eficiencia (%)	28.47

dato comparado

correcto

Coeficientes de fuerza Ca	
(H) / (L + 0.75 H) < 1.5	(H) / (L + 0.75 H) > 1.5
Plano	1.57
Cilindrico	0.91

SECCIÓN 2

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-2
Longitud (L) [m]	6
Ancho de parte superior (A ₁) [m]	1.80
Ancho de parte inferior (A ₂) [m]	1.80
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (H) [m]	48
Radio Sólido	0.2
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.7
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [m]	48.00
Tipo de Acceso (plano/cilíndrico)	cilíndrico
Número de charolas	1
Longitud de charola por sección (L _c) [m]	6
Ancho de charola [m]	1.80
Número de patas	4
Diametro nominal de cateneta (D _c) [m]	0.5
Diametro real de cateneta (D _r) [m]	0.65
Cálculos	
Calculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [kg]	1400.85
Coefficiente de exposición (K _z) []	1.34
Presion de velocidad (q _z) [Pa]	266.97
Factor de respuesta Gust (G _s) [m]	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (C _f) []	2.0
Area proyectada de los componentes estructurales planos (A _f) [m ²]	0.65
Area proyectada de los componentes estructurales redondos (A _r) [m ²]	1.51
Area gruesa (A _g) [m ²]	10.80
Radio sólido calculado (r _s) []	0.20
Area efectiva proyectada de los componentes de la estructura (A _e) [m ²]	1.54
Factor de reduccion para los componentes estructurales redondos (R _r) []	0.59
Factor de direccion del viento para elementos planos (D _f) []	1.03
Factor de direccion del viento para elementos redondos (D _r) []	1.00
Aspect Ratio []	12.00
Area proyectada de acceso plano (A ₁) [m ²]	3.00
Area proyectada de acceso discreto (A ₂) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para accesos discretos o lineales (C _a) []	0.91
Momento en la seccion (M) [kg*m]	21515.96
Fuerza Cortante en la seccion (S) [kg]	3905.06
Diametro nominal de Pierna (D _p) [m]	2.5
Cedula de tubo para pierna (t _p) [mm] (16g)	40
Longitud de pandeo (L _p) [m]	200
Diametro real de Pierna (D _r) [m]	73.00
Espesor de pierna (E _p) [mm]	5.16
Area de pierna (A _p) [m ²]	11.00
Radio de giro (r) [m]	2.41
Peso estimado de las diagonales y horizontales en la seccion [kg]	62.16
Peso de pierna de la estructura (W _p) [Kg/m]	8.63
Esfuerzo permisible (F _a) [kg/cm ²]	1410.33
Fuerza en cada pierna de la torre (F _p) [Kg]	13875.11
Modulo de pandeo (I) []	24.15
Peso de la seccion de la estructura debido a las piernas (W _e) [Kg]	165.39
Area de requerida (A _r) [cm ²]	104

dato comparado

correcto

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilíndrico	0.91

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-2
Longitud (l) [m]	6
Ancho de parte superior (w ₁) [m]	1.8
Ancho de parte inferior (w ₂) [m]	1.8
Diametro nominal de Pierna (D _{pn}) [m]	0.07
Velocidad del viento de diseño (V _d) [MPH]	100
Altura de la torre (h) [m]	48
Radio Sólido (r _s)	0.11
Velocidad de viento de diseño (V _d) [m/s]	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [m]	39.00
Accesorios	
Tipo de Accesorio (plano/cilindrico)	cilindrico
Número de charolas	1
Longitud de charola por sección [m]	6
Ancho de charola [m]	0.6
Número de cables	10
Diametro nominal de cable [m]	1.5.8
Diametro real de cable [m]	0.05
Cálculo	
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [Kg]	1300.54
Coefficiente de exposición (K _e) []	1.48
Presión de velocidad (q _z) [Pa]	139.6167
Factor de respuesta Gust (G _{ust}) [m]	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (C _f) []	2.75
Área proyectada de los componentes estructurales planos (A _p) [m ²]	0.75
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (A _r) [m ²]	0.88
Área gruesa (A _g) [m ²]	11.24
Radio sólido calculado (r _s) []	0.14
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (A _e) [m ²]	1.26
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (R _r) []	0.58
Factor de dirección del viento para elementos planos (D _f) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (D _r) []	1.00
Aspect Ratio []	12.00
Área proyectada de accesorio lineal (A _l) [m ²]	3.00
Área proyectada de accesorio discreto (A _d) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para accesorios discretos e lineales (C _{fa}) []	0.91
Piernas de la torre	
Momento en la sección (M) [kg·m]	18991.59
Fuerza Cortante en la sección (S _z) [kg]	3557.70
Diametro nominal de Pierna (D _{pn}) [m]	0.07
Cedula de tubo para pierna (30, 40, 60, 160)	40
Longitud de pandeo (l _p) [cm]	200
Diametro real de Pierna (D _{pr}) [mm]	73.00
Espesor de pierna (E _p) [mm]	5.16
Área de pierna (A _p) [cm ²]	11.00
Radio de giro (i) [cm]	2.41
Peso de pierna de la estructura (W _p) [kg·m]	8.63
Esfuerzo permisible (F _a) [kg/cm ²]	1410.33
Fuerza en cada pierna de la torre (F _p) [kg]	12337.08
Modulo de pandeo (I) []	83.15
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (W _d) [Kg]	207.86
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (W _e) [Kg]	254.01
Área de requerida (A _r) [cm ²]	8.75
Eficiencia (e)	80

dato comparado

correcto

Coeficientes de fuerza C _a	
Plano	1.57
Cilindrico	0.91

SECCIÓN 3

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-3
Longitud (l) [m]	6
Ancho de parte superior (ws) [m]	1.80
Ancho de parte inferior (wi) [m]	2.30
Velocidad de viento de diseño (V) (MPH)	100
Altura de la torre (H) [m]	48
Radio Sello	0.2
Velocidad de viento de diseño (V) (m/s)	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (zi) [m]	33.00
Accesorios	
Tipo de Accesorio (plano o redondo)	Accesorio cilíndrico
Número de unidades	1
Longitud de cada una por sección (l) [m]	6
Ancho de cilindro (m)	0.6
Número de cables	10
Diámetro nominal de cable (m)	1.58
Diámetro real de cable (m)	0.05
Cálculos	
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [Kg]	1445.75
Coefficiente de exposición (Kz)	1.41
Presión de velocidad (qs) [Pa]	1722.75
Factor de respuesta Gust (gust) [m]	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Cf) []	2.60
Área proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) [m ²]	0.74
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) [m ²]	1.72
Área gruesa (Ag) [m ²]	12.30
Radio sello calculado (m)	0.20
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) [m ²]	1.75
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rr) []	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (Dp) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio	12.00
Área proyectada de acceso al secreto (Aa) [m ²]	3.00
Área proyectada de acceso al secreto (As) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para los cascos discretos o lineales (Ca) []	0.91
Resultados	
Momento en la sección (M) [Kg.m]	91049.77
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	13704.05
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [m]	4
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 60, 100)	80
Longitud de pandeo (l) [m]	200
Diámetro real de Pierna (Dr) [mm]	114.30
Espesor de pierna (t) [mm]	8.58
Área de pierna (Ap) [cm ²]	28.44
Radio de giro (i) [cm]	3.75
Peso estimado de las diagonales y horizontales en la sección [Kg]	160.72
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg.m]	22.32
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg/cm ²]	1697.65
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	45898.47
Módulo de pandeo (I) []	53.32
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	401.80
Área de requerida (Ar) [cm ²]	27.04

dato comparado

correcto

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilíndrico	0.91

TORRE DE 48 m. VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-3
Longitud (L) [m]	6
Ancho de parte superior (As) [m]	1.8
Ancho de parte inferior (Ai) [m]	2.3
Díametro real de Pierna (Dp) [mm]	0.11
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (H) [m]	48
Radio Sólido (r) [m]	0.15
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.70
Altura sobre el nivel del mar al punto medio del elemento (z) [m]	33.00
Tipo de Acceso (plano/cilindrico)	Cilindrico
Número de charolas	1
Longitud de charola por sección (Lc) [m]	6
Ancho de charola [m]	0.6
Número de cables	10
Díametro nominal de cable [in]	1.58
Díametro real de cable [in]	0.05
Calculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [Kg]	1505.69
Coefficiente de exposición (Kz)	1.41
Presión de velocidad (qv) [Pa]	1722.75
Factor de respuesta Gust (rg)	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Cf)	2.65
Área proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) [m²]	1.03
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) [m²]	1.37
Área gruesa (Ag) [m²]	12.99
Radio sólido calculado (rs) [m]	0.18
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) [m²]	1.83
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rr) []	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (Df) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio []	12.00
Área proyectada de acceso lineal (Aal) [m²]	3.00
Área proyectada de acceso discreto (Acd) [m²]	0.00
Coefficiente de fuerza para accesos discretos o lineales (Ca) []	0.91
Momento en la sección (M) [Kg·m]	86621.06
Fuerza Constante en la sección (S) [Kg]	13418.63
Díametro nominal de Pierna (Dp) [in]	4
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 60, 160)	60
Longitud de pandeo (Lp) [cm]	200
Díametro real de Pierna (Dp) [mm]	114.30
Espesor de pierna (Ep) [mm]	8.56
Área de pierna (Ap) [cm²]	28.44
Radio de giro (r) [cm]	3.75
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg·m]	22.32
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg·cm²]	1697.65
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	43864.47
Módulo de pandeo (I) []	53.32
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	474.91
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	655.81
Área de requerida (Ar) [cm²]	25.84
Eficiencia (%)	91

dato comparado

correcto

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilindrico	0.91

SECCIÓN 4

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-4
Longitud (l) [m]	6
Ancho de parte superior (ws) [m]	2.30
Ancho de parte inferior (wi) [m]	2.60
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (z) [m]	48
Radio Sólido	0.2
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [m]	27.00
Tipo de Acceso (plano o cilíndrico)	Cilíndrico
Numero de chapales	1
Longitud de chapala por sección [m]	6
Ancho de chapala [m]	0.6
Numero de cables	10
Diámetro nominal de cable [m]	15.8
Diámetro real de cable [m]	0.05
Calculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [Kg]	1573.29
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.33
Presión de velocidad (qv) [Pa]	1626.76
Factor de respuesta (rs) [m]	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Cf) []	2.60
Área proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) [m²]	0.92
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) [m²]	2.14
Área gruesa (Ag) [m²]	15.30
Radio sólido calculado (rs) [m]	0.20
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) [m²]	2.18
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rr) []	0.69
Factor de dirección del viento para elementos planos (Dp) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio	12.00
Área proyectada de la estructura (A) [m²]	3.00
Área proyectada de la estructura sobre (As) [m²]	0.00
Coefficiente de fuerza para accesos distribuidos cilíndricos (Ca) []	0.91
Momento en la sección (M) [Kg·m²]	185589.61
Fuerza Constante en la sección (S) [Kg]	18060.76
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [m]	6
Cédula de tubo para pierna (S) [ksi] [mm]	80
Longitud de pandeo (l) [m]	200
Diámetro real de Pierna (Dp) [mm]	168.30
Espesor de pierna (Ep) [mm]	10.97
Área de pierna (Ap) [cm²]	54.22
Radio de giro (r) [cm]	5.58
Peso estimado de las diagonales y horizontales en la sección [Kg]	306.46
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg·m]	42.56
Esfuerzo permisible (Ft) [Kg/cm²]	1838.50
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	76893.40
Módulo de pandeo (I) []	35.87
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	766.14
Área de requerida (Ar) [cm²]	41.82

dato comparado

disminuir diametro o espesor

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilíndrico	0.91

TORRE DE 48 m. VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
PARÁMETROS DE LA TORRE	
Sección	HH-4
Longitud (l) [m]	6
Ancho de parte superior (w ₁) [m]	2.3
Ancho de parte inferior (w ₂) [m]	2.8
Diámetro real de pierna (D _r) [m]	0.17
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (h) [m]	48
Radio Sólido (e)	0.18
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [m]	27.00
PARÁMETROS DE LA CHAVILA	
Tipo de Anclaje (plano/cilíndrico)	plano cilíndrico
Número de Chavilas	1
Longitud de chavila por sección (l _c) [m]	6
Ancho de chavila (m)	0.6
Número de cables	10
Diámetro nominal de cable (m)	1.58
Diámetro real de cable (m)	0.05
CÁLCULO DE FUERZA SOBRE LA ESTRUCTURA (F) [Kg]	
Coefficiente de exposición (K _z) [1]	1.33
Presión de velocidad (q _z) [Pa]	1626.76
Factor de respuesta (a _z) [1]	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (C _f) [1]	2.57
Área proyectada de los componentes estructurales planos (A _f) [m ²]	1.37
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (A _r) [m ²]	2.02
Área gruesa (A _g) [m ²]	16.31
Radio sólido calculado (e)	0.21
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (A _e) [m ²]	2.56
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (R _r) [1]	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (D _f) [1]	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (D _r) [1]	1.00
Aspect Ratio	12.00
Área proyectada de la estructura (A _e) [m ²]	3.00
Área proyectada de la estructura (A _e) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para los elementos redondos (C _r)	0.91
PARÁMETROS DE LA PIERNA	
Momento en la sección (M) [Kg·m]	179953.34
Fuerza de tracción en la sección (F _t) [Kg]	17945.66
Diámetro nominal de pierna (D _n) [mm]	8
Código de tubo para pierna (ASTM A513)	OTRA
Longitud de pandeo (l _p) [m]	200
Diámetro real de pierna (D _r) [mm]	219.10
Espesor de pierna (E _p) [mm]	6.35
Área de pierna (A _p) [cm ²]	42.44
Radio de giro (i) [cm]	7.53
Peso de pierna de la estructura (W _p) [Kg·m]	33.32
Esfuerzo permisible (F _a) [Kg/cm ²]	1898.59
Fuerza en cada pierna de la torre (F _p) [Kg]	74921.53
Modulo de pandeo (I) [1]	26.58
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (W _d) [Kg]	874.55
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (W _e) [Kg]	1255.51
Área de requenda (A _r) [cm ²]	39.46
Eficiencia (e _e)	93

... dato comparado

correcto

Coeficientes de fuerza C _a	
Plano	1.57
Cilíndrico	0.91

SECCIÓN 5

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-5
Longitud (l) [m]	6
Ancho de parte superior (ws) [m]	2.80
Ancho de parte inferior (wi) [m]	3.30
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (H) [m]	48
Radio Sólido	0.2
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [m]	21.00
Tipo de Arreglo (plano/cilíndrico)	plano cilíndrico
Número de charolas	1
Longitud de charola por sección [m]	6
Ancho de charola [m]	0.6
Número de cables	10
Diámetro nominal de cables [in]	1.5.8
Diámetro real de cable [m]	0.05
Calculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [Kg]	1657.96
Coefficiente de exposición (Kz)	1.24
Presión de velocidad (qv) [Pa]	1514.04
Factor de respuesta Gust (Gst) [m]	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Cf) []	2.60
Area proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) [m ²]	1.10
Area proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) [m ²]	2.56
Area gruesa (Ag) [m ²]	18.30
Radio sólido calculado (rs) []	0.20
Area efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) [m ²]	2.61
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rr) []	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (Df) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio []	12.00
Area proyectada de la sección de la pierna (Ap) [m ²]	3.00
Area proyectada de la sección de la pierna (Ac) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para la sección de las pierna (Ca) []	0.91
Momento en la sección (M) [Kg*m]	298928.06
Fuerza Cortante en la sección (V) [Kg]	19718.72
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [in]	8
Cedula de tubo para pierna (t) [in] (kg/mm ²)	80
Longitud de pandeo (l) [m]	200
Diámetro real de Pierna (Dp) [mm]	219.10
Espesor de pierna (Fp) [mm]	12.70
Area de pierna (Ap) [cm ²]	82.35
Radio de giro (i) [cm]	7.31
Peso estimado de las diagonales y horizontales en la sección [Kg]	465.44
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg/m]	64.64
Esfuerzo permisible (Fst) [Kg/cm ²]	1892.02
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	105140.71
Módulo de pandeo (I) []	27.36
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	1163.60
Area de requerida (Ar) [cm ²]	55.57

dato comparado

disminuir diametro

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilíndrico	0.91

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-5
Longitud (l) [m]	6
Ancho de parte superior (Wd) [m]	2.8
Ancho de parte inferior (Wb) [m]	3.3
Díametro real de Pierna (Dp) [m]	0.22
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (h) [m]	48
Radio Sólido (r) [m]	0.19
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [m]	21.00
Tubo	
Tipo de Acceso (plano o redondo)	Cilíndrico
Diámetro de charolas	1
Longitud de charola por charola (cm) [m]	6
Ancho de charola [m]	0.6
Diámetro de cables	10
Diámetro nominal de cable [m]	1.5/8
Diámetro real de cable [m]	0.05
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [Kg]	
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.24
Presión de velocidad (qv) [Pa]	1514.04
Factor de respuesta (S) []	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Ch) []	2.55
Área proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) [m ²]	1.54
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) [m ²]	2.63
Área gruesa (Ag) [m ²]	19.61
Radio sólido (r) [m]	0.21
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) [m ²]	3.10
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rr) []	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (Df) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio	12.00
Área proyectada de la columna (Ac) [m ²]	3.00
Área proyectada de la columna (Ac) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para columnas discretas o lineales (Cf) []	0.91
Momento y fuerza sección (M, F) [Kg/m]	
Momento en la sección (M) [Kg/m]	293195.00
Fuerza Contacto en la sección (F) [Kg]	19801.56
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [m]	10
Cédula de tubo para pierna (A, A3, A5, A6) []	30
Longitud de gusete (L) [m]	200
Díametro real de Pierna (Dp) [mm]	273.05
Espesor de pierna (E) [mm]	7.80
Área de pierna (Ap) [cm ²]	65.00
Radio de giro (I) [cm]	9.38
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg/m]	51.02
Esfuerzo permisible (Ft) [Kg/cm ²]	1928.64
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	103757.42
Módulo de pandeo (I) []	21.32
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	1323.40
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	2173.93
Área de requerida (Ar) [cm ²]	53.60
Eficiencia (%)	83

dato comparado 21

disminuir espesor

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilíndrico	0.91

SECCIÓN 6

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-6
Longitud (l) (m)	6
Ancho de parte superior (ws) (m)	3.30
Ancho de parte inferior (wi) (m)	3.80
Velocidad de viento de diseño (V) (MPH)	100
Altura de la torre (H) (m)	48
Radio Sólido	0.2
Velocidad de viento de parte (V) (m/s)	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) (m)	15.00
Tipo de Acceso (plano, cónico)	Cilindrico
Numero de charolas	1
Longitud de charola por sentido (m)	6
Ancho de charola (m)	0.6
Numero de cables	10
Diámetro nominal de cable (m)	1.58
Diámetro real de cable (m)	0.05
Calculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) (Kg)	1681.93
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.12
Presión de velocidad (qv) (Pa)	1375.27
Factor de respuesta Gust (Gf) (m)	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Ch) []	2.60
Area proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) (m²)	1.28
Area proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) (m²)	2.98
Area gruesa (Ag) (m²)	21.30
Radio sólido calculado (m)	0.20
Area efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) (m²)	3.04
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rf) []	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (Df) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio []	12.00
Area proyectada de accesos lineal (Al) (m²)	3.00
Area proyectada de accesos discretos (Ad) (m²)	0.00
Coefficiente de fuerza para accesos discretos o lineales (Ca) []	0.91
Momento en la sección (M) (Kg·m)	42286.18
Fuerza constante en la sección (S) (Kg)	21400.65
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (m)	10
Cedula de tubo para pierna (30, 40, 60, 100)	40
Longitud de pandeo (Lp) (m)	200
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	273.05
Espesor de pierna (E) (mm)	9.27
Area de pierna (Ap) (cm²)	78.82
Radio de giro (r) (cm)	9.33
Peso estimado de las diagonales y horizontales en la sección (Kg)	434.18
Peso de pierna de la estructura (Wp) (Kg·m)	80.30
Esfuerzo permisible (Ft) (Kg/cm²)	1928.64
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) (Kg)	128826.04
Modulo de pandeo (I) []	21.43
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) (Kg)	1085.46
Area de requenda (Ar) (cm²)	66.80

dato comparado

disminuir espesor

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilindrico	0.91

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-6
Longitud (l) (m)	6
Ancho de parte superior (w) (m)	3.3
Ancho de parte inferior (wd) (m)	3.8
Díametro real de Pierna (Dp) (m)	0.27
Velocidad de viento de diseño (V) (MPH)	100
Altura de la torre (h) (m)	48
Radio Sólido (e)	0.20
Velocidad de viento de diseño (V) (m/s)	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) (m)	15.00
Tipo de Accesorio plano cilíndrico	
Número de charolas	1
Longitud de charola por pie (l) (m)	6
Ancho de charola (m)	0.6
Número de cables	10
Díametro nominal de cable (m)	1.5/8
Díametro real de cable (m)	0.05
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) (Kg)	
Coefficiente de exposición (Kz)	1.12
Presión de velocidad (qv) (Pa)	1375.27
Factor de respuesta Gust (G) (m)	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Cf) []	2.53
Área proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) (m ²)	1.74
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) (m ²)	3.23
Área gruesa (Ag) (m ²)	22.94
Radio sólido calculado (e)	0.22
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) (m ²)	3.69
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rr) []	0.89
Factor de dirección del viento para elementos planos (Df) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio	12.00
Área proyectada de la estructura (Ae) (m ²)	3.00
Área proyectada de accesorio discreto (Ad) (m ²)	0.00
Coefficiente de fuerza para accesorios discretos cilíndricos (Ca)	0.91
Momento en la sección (M) (Kg·m)	417741.40
Fuerza Cortante en la sección (S) (Kg)	21713.91
Díametro nominal de Pierna (Dp) (m)	10
Cédula de tipo para pierna (30, 40, 50, 60, 70)	40
Longitud de pandeo (Lp) (cm)	200
Díametro real de Pierna (Dp) (mm)	273.05
Espesor de pierna (Ep) (mm)	9.27
Área de pierna (Ap) (cm ²)	76.82
Radio de giro (I) (cm)	9.33
Peso de pierna de la estructura (Wp) (Kg/m)	60.30
Esfuerzo permisible (Fa) (Kg/cm ²)	1928.64
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) (Kg)	128635.29
Módulo de pandeo (I) []	21.43
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) (Kg)	1831.02
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) (Kg)	3259.39
Área de requerida (Ar) (cm ²)	66.70
Eficiencia (%)	87

dato comparados

disminuir espesor

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57

SECCIÓN 7

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-7
Longitud (L) [m]	6
Ancho de parte superior (ws) [m]	3.80
Ancho de parte inferior (wi) [m]	4.30
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (H) [m]	48
Radio Sólido	0.2
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [m]	9.00
Tipo de Acceso (plano o cilíndrico)	plano cilíndrico
Número de cables	1
Longitud de la pata perimetral (Lp) [m]	6
Ancho de pata (a) [m]	0.6
Número de abacos	10
Díametro nominal de cable (in)	1.58
Díametro real de cable (in)	0.05
Calculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [Kg]	1654.63
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.00
Presión de velocidad (qz) [Pa]	1224.83
Factor de respuesta Gust (G) [m]	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Cf) []	2.60
Área proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) [m ²]	1.46
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) [m ²]	3.40
Área gruesa (Ag) [m ²]	24.30
Radio sólido calculado (rs) [m]	0.20
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) [m ²]	3.47
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rr) []	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (Df) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio	12.00
Área proyectada de acceso lineal (Aa) [m ²]	3.00
Área proyectada de acceso discreto (Ad) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para accesos discretos o lineales (Ca) []	0.91
Momento en la sección (M) [Kg/m]	555653.96
Fuerza en la parte en la sección (F) [Kg]	23055.28
Díametro nominal de Pierna (Dn) [mm]	10
Cedula de tubo para pierna (Rn, 40, 80, 160)	otra
Longitud de pandeo (Lp) [cm]	200
Díametro real de Pierna (Dr) [mm]	273.05
Espesor de pierna (Ep) [mm]	12.70
Área de pierna (Ap) [cm ²]	103.88
Radio de giro (r) [cm]	9.22
Peso estimado de las diagonales y horizontales en la sección [Kg]	587.10
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg/m]	81.54
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg/cm ²]	1928.64
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	149897.49
Módulo de pandeo (I) []	21.70
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	1467.75
Área de requerida (Ar) [cm ²]	77.72

cedula 60

dato comparado

disminuir diametro

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilindrico	0.91

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-7
Longitud (l) (m)	6
Ancho de parte superior (w) (m)	3.8
Ancho de parte inferior (wi) (m)	4.3
Diámetro real de Pierna (D) (mm)	0.27
Velocidad de viento de diseño (V) (MPH)	100
Altura de la torre (h) (m)	48
Radio Sólido (e)	0.18
Velocidad de viento de diseño (V) (m/s)	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) (m)	9.00
Tipo de Accesorio (plano o cilíndrico)	
Tipo de Accesorio	Cilíndrico
Numero de charolas	1
Longitud de charola por lado (l) (m)	6
Ancho de charola (m)	0.6
Numero de cables	10
Diámetro nominal de cable (m)	1.58
Diámetro real de cable (m)	0.05
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) (Kg)	
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) (Kg)	1804.69
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.00
Presión de velocidad (qz) (Pa)	1224.83
Factor de respuesta Gust (gz) (m)	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Cf) []	2.59
Área proyectada de los componentes estructurales planos (A1) (m ²)	1.95
Área proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) (m ²)	3.28
Área gruesa (Ag) (m ²)	25.94
Radio sólido (e) (m)	0.20
Área efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) (m ²)	3.88
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rr) []	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (Df) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio []	12.00
Área proyectada de la sección real (Aa) (m ²)	3.00
Área proyectada de la sección discreta (Ad) (m ²)	0.00
Coefficiente de fuerza para a) sensores discretos o lineales (Ca) []	0.91
Momento en la sección (M) (Kg·m)	
Momento en la sección (M) (Kg·m)	553438.94
Fuerza Constante en la sección (F) (Kg)	
Fuerza Constante en la sección (F) (Kg)	23518.60
Diámetro nominal de Pierna (D) (mm)	10
Cedula de tubo para pierna (S, 4, 6, 8, 16) (mm)	80
Longitud de pandeo (l) (mm)	200
Diámetro real de Pierna (D) (mm)	273.05
Espesor de pierna (t) (mm)	15.09
Área de pierna (Ap) (cm ²)	122.29
Radio de giro (i) (cm)	9.14
Peso de pierna de la estructura (Wp) (Kg/m)	96.00
Esfuerzo permisible (Fa) (Kg/cm ²)	1928.64
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) (Kg)	151168.87
Módulo de pandeo (I) []	21.89
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) (Kg)	2666.08
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) (Kg)	4987.35
Área de requerida (Ar) (cm ²)	78.38
Eficiencia (%)	64

dato comparado

disminuir diametro

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilíndrico	0.91

SECCIÓN 8

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-8
Longitud (l) [m]	6
Ancho de parte superior (w ₀) [m]	4.30
Ancho de parte inferior (w ₁) [m]	4.80
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (H) [m]	48
Radio Solido	0.2
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.70
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [m]	3.00
Tipo de Accesorio (plano cilíndrico)	
Numero de charolas	1
Longitud de charola por sección [m]	6
Ancho de charola [m]	0.6
Numero de cables	10
Diámetro nominal de cable [in]	1.5/8
Diámetro real de cable [m]	0.05
Calculo de Fuerza Sobre la Estructura (F) [Kg]	
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.00
Presión de velocidad (qv) [Pa]	1224.83
Factor de respuesta Gust (Gf) [m]	1.13
Coefficiente de fuerza para la estructura (Cf) []	2.60
Area proyectada de los componentes estructurales planos (Ap) [m ²]	1.64
Area proyectada de los componentes estructurales redondos (Ar) [m ²]	3.82
Area gruesa (Ag) [m ²]	27.30
Radio solido reducida (r)	0.20
Area efectiva proyectada de los componentes de la estructura (Ae) [m ²]	3.89
Factor de reducción para los componentes estructurales redondos (Rr) []	0.59
Factor de dirección del viento para elementos planos (Df) []	1.00
Factor de dirección del viento para elementos redondos (Dr) []	1.00
Aspect Ratio []	12.00
Area proyectada de la pierna (Ap) [m ²]	3.00
Area proyectada de la cabeza (Ac) [m ²]	0.00
Coefficiente de fuerza para las pesadas discretas cilíndricas (Cf)	0.91
Momento en la sección (M) [Kg·m]	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	699419.57
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [cm]	24866.59
Cedula de tubo para pierna (K) [40, 60, 100]	12
Longitud de pandeo (Lp) [m]	40
Diámetro real de Pierna (Dp) [mm]	200
Espesor de pierna (t) [mm]	323.85
Area de pierna (Ap) [cm ²]	10.31
Radio de giro (r) [cm]	101.56
Peso estimado de las diagonales y horizontales en la sección [Kg]	11.09
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg·m]	573.99
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg·cm ⁻²]	79.72
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	1934.27
Módulo de pandeo (I) []	168923.85
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	20.00
Area de requerida (Ar) [cm ²]	1434.97
	87.33

dato comparado

disminuir diametro o espesor

Coeficientes de fuerza Ca	
Plano	1.57
Cilindrico	0.91

CÁLCULO DEL CARRIER A 40m

ACCESORIOS	
Antenas Parabólicas	
Longitud de Antenas (d) [ft]	1.82
Ancho de Antenas (a) [ft]	9.23
Área de Antena (Aa) [ft ²]	0.43
Longitud de Tubos (d) [ft]	3.3
Diámetro nominal de tubo (d) [ft]	2
Diámetro externo del tubo (d) [ft]	0.0603
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.7
Altura de la torre (h) [ft]	48
Altura sobre el nivel del mar (al punto medio del elemento (z)) [ft]	40
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [N]	10250.47
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [Kg]	1044.90
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.49
Presión de velocidad (qv) [Pa]	1620.09
Factor de respuesta Gust (Gh) []	1.130
Accesorios para antenas	
Número de antenas	3
Número de tubos	2
Aspect Ratio Antenas	7.91
Aspect Ratio tubos []	54.73
Coefficiente de fuerza para antenas (Ca) []	1.43
Área de antenas (Aa) [ft ²]	1.29
Área de tubos (At) [ft ²]	0.39798
Coefficiente para tubos	1.20
Accesorios para antenas	
Número de antenas	6
Número de tubos	4
Aspect Ratio Antenas	15.83
Aspect Ratio tubos []	27.36
Coefficiente de fuerza para antenas (Ca) []	1.69
Área de antenas (Aa) [ft ²]	1.29
Área de tubos (At) [ft ²]	0.40
Coefficiente para tubos	1.20

Coeficientes de fuerza Ca		
Tipo de miembro	Frontal	Posterior
Plano	1.43	1.69
Cilindrico	1.20	1.20

CÁLCULO DEL MICROONDAS A 35m

Diámetro de Antenas (d) [ft]	15
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Velocidad de viento de diseño de tablas (V) [MPH]	125
Fuerza de viento de tablas []	8919
Altura de la torre (h) [ft]	157.48
Altura sobre el nivel del mar (al punto medio del elemento (z)) [ft]	114.8
Número de Antenas	2
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [lb]	18419.49
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [Kg]	8353.24
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.43
Factor de respuesta Gust (Gh) []	1.130
Accesorios para antenas	
Diámetro de Antenas (d) [ft]	15
Coefficiente de fuerza para accesorios (Ca) []	0.00323
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (h) [ft]	157.48
Altura sobre el nivel del mar (al punto medio del elemento (z)) [ft]	114.8
Número de Antenas	2
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [lb]	18418.57
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [Kg]	8352.82
Coefficiente de exposición (Kz) []	1.428
Área de Antena (A) [ft ²]	176.71
Factor de respuesta Gust (Gh) []	1.130

CÁLCULO DEL CARRIER A 30m

ACCESORIOS	
Antenas de 30m	
Longitud de Antenas (l) [m]	1.62
Ancho de Antenas (w) [m]	0.23
Área de Antena (A) [m ²]	0.43
Longitud de Tubos (l) [m]	3.3
Diámetro nominal del tubo (D) [in]	2
Diámetro externo del tubo (d) [in]	0.0603
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Velocidad de viento de diseño (V) [m/s]	44.7
Altura de la torre (h) [m]	48
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [m]	30
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [N]	9441.63
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [Kg]	962.45
Coefficiente de exposición (Kz)	1.37
Presión de velocidad (q) [Pa]	1676.47
Factor de respuesta Gust (G) [I]	1.130
Antenas de 15m	
Número de antenas	3
Número de tubos	2
Aspect Ratio Antenas	7.91
Aspect Ratio tubos	64.73
Coefficiente de fuerza para antenas (Ca)	1.43
Área de antenas (Aa) [m ²]	1.29
Área de tubos (At) [m ²]	0.39798
Coefficiente para tubos	1.20
Antenas de 6m	
Número de antenas	6
Número de tubos	4
Aspect Ratio Antenas	15.83
Aspect Ratio tubos	27.36
Coefficiente de fuerza para antenas (Ca)	1.69
Área de antenas (Aa) [m ²]	1.29
Área de tubos (At) [m ²]	0.40
Coefficiente para tubos	1.20

Coefficientes de fuerza Ca		
Tipo de miembro	Frontal	Posterior
Plano	1.43	1.69
Cilindrico	1.20	1.20

CÁLCULO DEL MICROONDAS A 25m

Diámetro de Antenas (d) [ft]	6
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Velocidad de viento de diseño de tubos (V) [MPH]	125
Fuerza de viento de diseño (F)	1427
Altura de la torre (h) [ft]	157.48
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [ft]	82
Número de Antenas	3
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [lb]	4015.37
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [Kg]	1820.97
Coefficiente de exposición (Kz)	1.30
Factor de respuesta Gust (G) [I]	1.130

Diámetro de Antenas (d) [ft]	6
Coefficiente de fuerza para accesorios (Ca)	0.00323
Velocidad de viento de diseño (V) [MPH]	100
Altura de la torre (h) [ft]	157.48
Altura sobre el nivel del suelo al punto medio del elemento (z) [ft]	82
Número de Antenas	3
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [lb]	4015.28
Cálculo de Fuerza Sobre la Estructura [Kg]	1820.93
Coefficiente de exposición (Kz) [I]	1.30
Área de Antena (A) [ft ²]	28.27
Factor de respuesta Gust (G) [I]	1.130

TABLAS DE TUBOS COMERCIALES
III.1.1.3.1

TABLA DE TUBOS								
cedula 30								
	external diam. [mm]	t [mm]	G [Kg/m]	Internal diam. [mm]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	W [cm ³]	I [cm]
1/2	21.3	0.000	0.00	21.30	0.00	0.000	0.000	no cedula
3/4	26.7	0.000	0.00	26.70	0.00	0.000	0.000	no cedula
1	33.4	0.000	0.00	33.40	0.00	0.000	0.000	no cedula
1 1/2	48.3	0.000	0.00	48.30	0.00	0.000	0.000	no cedula
2	60.3	0.000	0.00	60.30	0.00	0.000	0.000	no cedula
2 1/2	73	0.000	0.00	73.00	0.00	0.000	0.000	no cedula
3	88.9	0.000	0.00	88.90	0.00	0.000	0.000	no cedula
4	114.3	0.000	0.00	114.30	0.00	0.000	0.000	no cedula
6	168.3	0.000	0.00	168.30	0.00	0.00	0.00	no cedula
8	219.1	7.040	36.82	205.02	46.90	2639.29	240.92	7.50
10	273.05	7.800	51.02	257.45	65.00	5721.32	419.07	9.38
12	323.85	8.380	65.20	307.09	83.05	10339.14	638.51	11.16
14	355.6	0.000	0.00	355.60	0.00	0.00	0.00	no cedula
16	406.4	9.520	93.18	387.36	118.70	23384.30	1150.80	14.04
18	457.2	11.130	122.44	434.94	155.97	38818.11	1698.08	15.78

cedula 40								
external diam. ["]	external diam. [mm]	t [mm]	G [Kg/m]	Internal diam. [mm]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	W [cm ³]	I [cm]
1/2	21.3	2.710	1.24	15.88	1.58	0.698	0.656	0.664
3/4	26.7	2.870	1.69	20.96	2.15	1.547	1.159	0.849
1	33.4	3.380	2.50	26.64	3.19	3.636	2.178	1.068
1 1/2	48.3	3.680	4.05	40.94	5.16	12.925	5.352	1.583
2	60.3	3.910	5.44	52.48	6.93	27.665	9.176	1.998
2 1/2	73	5.160	8.63	62.68	11.00	63.632	17.433	2.405
3	88.9	5.490	11.29	77.92	14.39	125.650	28.268	2.955
4	114.3	6.020	16.08	102.26	20.48	301.052	52.678	3.834
5	141.3	6.550	21.77	128.20	27.73	630.830	89.289	4.770
6	168.3	7.110	28.26	154.08	36.00	1171.62	139.23	5.70
8	219.1	8.180	42.55	202.74	54.20	3018.69	275.55	7.46
10	273.05	9.270	60.30	254.51	76.82	6689.62	489.99	9.33
12	323.85	10.310	79.72	303.23	101.56	12493.00	771.53	11.09
14	355.6	11.130	94.55	333.34	120.45	17883.91	1005.84	12.19
16	406.4	12.700	123.31	381.00	157.08	30465.73	1499.30	13.93
18	457.2	14.270	155.88	428.66	198.57	48746.08	2132.37	15.67

cedula 80								
external diam. ["]	external diam. [mm]	t [mm]	G [Kg/m]	Internal diam. [mm]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	W [cm ³]	i [cm]
1/2	21.3	3.730	1.62	13.84	2.06	0.830	0.780	0.635
3/4	26.7	3.910	2.20	18.88	2.80	1.871	1.401	0.818
1	33.4	4.550	3.24	24.30	4.12	4.397	2.633	1.033
1 1/2	48.3	5.080	5.41	38.14	6.90	16.328	6.761	1.539
2	60.3	5.540	7.48	49.22	9.53	36.090	11.970	1.946
2 1/2	73	7.010	11.41	58.98	14.53	79.999	21.918	2.346
3	88.9	7.620	15.27	73.66	19.46	162.094	36.467	2.886
4	114.3	8.560	22.32	97.18	28.44	400.026	69.996	3.751
5	141.3	9.520	30.94	122.26	39.41	860.015	121.729	4.671
6	168.3	10.970	42.56	146.36	54.22	1685.81	200.33	5.58
8	219.1	12.700	64.64	193.70	82.35	4401.84	401.81	7.31
10	273.05	15.090	96.00	242.87	122.29	10206.81	747.61	9.14
12	323.85	17.480	132.07	288.89	168.24	19803.93	1223.03	10.85
14	355.6	19.050	158.11	317.50	201.42	28608.36	1609.02	11.92
16	406.4	21.440	203.54	363.52	259.29	48181.08	2371.12	13.63
18	457.2	0.000	0.00	457.20	0.00	0.00	0.00	no cedula

cedula 160								
external diam. ["]	external diam. [mm]	t [mm]	G [Kg/m]	Internal diam. [mm]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	W [cm ³]	i [cm]
1/2	21.3	4.780	1.95	11.74	2.48	0.917	0.861	0.608
3/4	26.7	5.560	2.90	15.58	3.69	2.205	1.652	0.773
1	33.4	6.350	4.24	20.70	5.40	5.208	3.118	0.982
1 1/2	48.3	7.140	7.25	34.02	9.23	20.140	8.340	1.477
2	60.3	8.740	11.11	42.82	14.16	48.396	16.052	1.849
2 1/2	73	9.520	14.90	53.96	18.99	97.784	26.790	2.269
3	88.9	11.130	21.35	66.64	27.19	209.796	47.198	2.778
4	114.3	13.490	33.54	87.32	42.72	552.447	96.666	3.596
6	168.3	0.000	0.00	168.30	0.00	0.00	0.00	no cedula
8	219.1	0.000	0.00	219.10	0.00	0.00	0.00	no cedula
10	273.05	0.000	0.00	273.05	0.00	0.00	0.00	no cedula
12	323.85	0.000	0.00	323.85	0.00	0.00	0.00	no cedula
14	355.6	0.000	0.00	355.60	0.00	0.00	0.00	no cedula
16	406.4	0.000	0.00	406.40	0.00	0.00	0.00	no cedula
18	457.2	0.000	0.00	457.20	0.00	0.00	0.00	no cedula

TABLA PARA OBTENER EL ESFUERZO PERMISIBLE (Fa) CONOCIENDO LA LONGITUD DE PANDEO (λ) III.1.1.3.2

TABLA PARA OBTENER Fa
Fy=36 ksi

Longitud de pandeo (λ)	Fa (ksi)	Fa (MPa)
20	20.6	1450.70
21	20.54	1446.48
22	20.48	1442.25
23	20.41	1437.32
24	20.35	1433.10
25	20.28	1428.17
26	20.22	1423.94
27	20.15	1419.01
28	20.08	1414.08
29	20.01	1409.15
30	19.94	1404.23
31	19.87	1399.30
32	19.8	1394.37
33	19.73	1389.44
34	19.65	1383.80
35	19.58	1378.87
36	19.5	1373.24
37	19.42	1367.61
38	19.35	1362.68
39	19.27	1357.04
40	19.19	1351.41
41	19.11	1345.77
42	19.03	1340.14
43	18.95	1334.51
44	18.86	1328.17
45	18.78	1322.54
46	18.7	1316.90
47	18.61	1310.56
48	18.53	1304.93
49	18.44	1298.59
50	18.35	1292.25
51	18.26	1285.92
52	18.17	1279.58
53	18.08	1273.24
54	17.99	1266.90
55	17.9	1260.56
56	17.81	1254.23
57	17.71	1247.18
58	17.62	1240.85
59	17.53	1234.51
60	17.43	1227.46
61	17.33	1220.42
62	17.24	1214.08
63	17.14	1207.04
64	17.04	1200.00
65	16.94	1192.96
66	16.84	1185.92
67	16.74	1178.87
68	16.64	1171.83
69	16.53	1164.08
70	16.43	1157.04
71	16.33	1150.00
72	16.22	1142.25
73	16.12	1135.21
74	16.01	1127.46

75	15 9	1119 72
76	15 79	1111 97
77	15 69	1104 93
78	15 58	1097 18
79	15 47	1089 44
80	15 36	1081 69
81	15 24	1073 24
82	15 13	1065 49
83	15 02	1057 75
84	14 9	1049 30
85	14 79	1041 55
86	14 67	1033 10
87	14 56	1025 35
88	14 44	1016 90
89	14 32	1008 45
90	14 2	1000 00
91	14 09	992 25
92	13 97	983 80
93	13 84	974 65
94	13 72	966 20
95	13 6	957 75
96	13 48	949 30
97	13 35	940 14
98	13 23	931 69
99	13 1	922 54
100	12 98	914 08
101	12 85	904 93
102	12 72	895 77
103	12 59	886 62
104	12 47	878 17
105	12 33	868 31
106	12 2	859 15
107	12 07	850 00
108	11 94	840 85
109	11 81	831 69
110	11 67	821 83
111	11 54	812 68
112	11 4	802 82
113	11 26	792 96
114	11 13	783 80
115	10 99	773 94
116	10 85	764 08
117	10 71	754 23
118	10 57	744 37
119	10 43	734 51
120	10 28	723 94
121	10 14	714 08
122	9 99	703 52
123	9 85	693 66
124	9 7	683 10
125	9 55	672 54
126	9 41	662 68
127	9 26	652 11
128	9 11	641 55
129	8 97	631 69
130	8 84	622 54
131	8 7	612 68
132	8 57	603 52
133	8 44	594 37
134	8 32	585 92
135	8 19	576 76
136	8 07	568 31
137	7 96	560 56
138	7 84	552 11

139	7 73	544 37
140	7 62	536 62
141	7 51	528 87
142	7 41	521 83
143	7 3	514 08
144	7 2	507 04
145	7 1	500 00
146	7 01	493 66
147	6 91	486 62
148	6 82	480 28
149	6 73	473 94
150	6 64	467 61
151	6 55	461 27
152	6 46	454 93
153	6 38	449 30
154	6 3	443 66
155	6 22	438 03
156	6 14	432 39
157	6 06	426 76
158	5 98	421 13
159	5 91	416 20
160	5 83	410 56
161	5 76	405 63
162	5 69	400 70
163	5 62	395 77
164	5 55	390 85
165	5 49	386 62
166	5 42	381 69
167	5 35	376 76
168	5 29	372 54
169	5 23	368 31
170	5 17	364 08
171	5 11	359 86
172	5 05	355 63
173	4 99	351 41
174	4 93	347 18
175	4 88	343 66
176	4 82	339 44
177	4 77	335 92
178	4 71	331 69
179	4 66	328 17
180	4 61	324 65
181	4 56	321 13
182	4 51	317 61
183	4 46	314 08
184	4 41	310 56
185	4 36	307 04
186	4 32	304 23
187	3 27	230 28
188	4 23	297 89
189	4 18	294 37
190	4 14	291 55
191	4 09	288 03
192	4 05	285 21
193	4 01	282 39
194	3 97	279 58
195	3 93	276 76
196	3 89	273 94
197	3 85	271 13
198	3 81	268 31
199	3 77	265 49
200	3 73	262 68

RESUMEN GENERAL

SECCIÓN	ALTURA SUPERIOR (m)	ALTURA INFERIOR (m)	LONGITUD DE LA PIERNA (m)	LONGITUD DE LA PIERNA (m)	LONGITUD DE LA PIERNA (m)	FORZAS DE VIENTO (KG)	FORZAS DE VIENTO (KG)	FORZAS DE VIENTO (KG)
HH-1	48	42	1.8	1.8	0	0	0	
HH-2	42	36	1.8	1.8	40	1044.90	0	
HH-3	36	30	1.8	2.3	35	8353.24	0	
HH-4	30	24	2.3	2.8	30	962.45	25	1820.97
HH-5	24	18	2.8	3.3	0	0	0	
HH-6	18	12	3.3	3.8	0	0	0	
HH-7	12	6	3.8	4.3	0	0	0	
HH-8	6	0	4.3	4.8	0	0	0	

SECCIÓN	ALTURA DE APLICACIÓN DE LA FUERZA (m)	FUERZA DE VIENTO (TANTEO) (KG)	FUERZA DE VIENTO (TANTEO) (KG)	FUERZA DE VIENTO (TANTEO) (KG)	FUERZA DE VIENTO (TANTEO) (KG)	FUERZA DE VIENTO (TANTEO) (KG)	FUERZA DE VIENTO (TANTEO) (KG)
HH-1	35	1459.31	1212.26	4377.94	3636.79	1459.31	1212.26
HH-2	39	1400.85	1300.54	21515.96	18991.59	3905.06	3557.70
HH-3	33	1445.75	1505.69	91049.77	86621.06	13704.05	13416.63
HH-4	27	1573.29	1757.05	185589.61	179987.65	18060.76	17957.10
HH-5	21	1657.96	1866.59	298828.06	293329.99	19718.72	19823.69
HH-6	15	1681.93	1912.35	422266.18	418009.16	21400.65	21736.04
HH-7	9	1654.63	1804.69	555653.96	553899.46	23055.28	23540.73
HH-8	3	1811.31	1996.81	679419.57	701074.29	24866.59	25537.54

SECCIÓN	DIÁMETRO DE LAS PIERNAS (mm)	ESPESOR DE LAS PIERNAS (mm)	FUERZA DEBIDA AL VIENTO EN CADA NUDO (KG)	FUERZA DEBIDA AL VIENTO EN CADA NUDO (KG)	FUERZA DEBIDA AL VIENTO EN CADA NUDO (KG)	FUERZA DEBIDA AL VIENTO EN CADA NUDO (KG)
HH-1	2	3.91	131.82		98.62	98.62
HH-2	2.12	5.16	168.38	348.30	254.01	155.39
HH-3	4	8.56	125.47	2088.31	656.81	401.80
HH-4	6	10.97	145.47	329.82	1255.51	599.70
HH-5	8	12.70	154.66	303.50	2173.93	918.42
HH-6	10	9.27	159.36		3259.39	1085.46
HH-7	10	15.09	150.39		4987.35	1727.96
HH-8	12	10.31	166.40		6422.33	1434.97
TOTAL					6422.33	1434.97

III.1.1.5 Método computarizado para cálculo de diagonales.
SECCIÓN 1

TORRE DE 48 m. VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH		
DATOS		
Sección	HH-1	
Longitud (l) [m]	6000	
Número de divisiones por sección	3	
Configuración de diagonales a utilizar (1, 2, 3 o 4)	2, 3, 4	
Ancho de parte superior (wu) [mm]	1800.00	
Ancho de parte inferior (wi) [mm]	1800.00	
Cortante en la base de la sección (K)	1212.26	
Fuerza en cada cara de la torre	699.90	
Díametro de la pierna de la sección (mm)	60.30	
CALCULO		
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Díametro del barrenado del ángulo (in)	1/2	
Ángulo L (in)	1 1/2	O.K.
Espesor (in)	1.8	
Número de barrenos para pernos en las esquinas del ángulo	2.00	
Distancia entre barrenos (centímetros)	NO APLICA	
Ángulo entre diagonales y la horizontal (B) (rad)	0.8360	
Ángulo B corregido (B) (rad)	0.8360	
Ángulo entre piernas y la vertical (Z) (rad)	0.0000	
Distancia vertical de la diagonal (Y) (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas (Z) (mm)	2691	
Distancia diferencial (B) (mm)	0.000	
Distancia diferencial (C) (mm)	0.000	
Distancia diferencial (D) (mm)	0.000	
Distancia horizontal de centro de barrenado al paño del ángulo (mm)	19	
Distancia vertical de centro de barrenado al paño del ángulo (mm)	19	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales (X) (mm)	2600.72	
Longitud para restar (L) (mm)	102.587	
Longitud entre barrenos para las diagonales (L) (mm)	2486	
CALCULO		
Longitud	2485.55	
Longitud de cara mayor (L) (mm)	1642.776	
Longitud de cara menor (L) (mm)	1642.776	
Longitud x (L) (mm)	1663.164	
Radio de giro en eje X (cm)	1.17	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	0.76	Columna anterior
I máximo	163.52	
I después de entrar a curvas	163.52	
CALCULO		
Area transversal (cm ²)	2.34	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	1.83	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	96.98	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	623.12	
Fa permisible (Kg/cm ²)	627.70	Disminuir angulo
Fa obtenido (Kg/cm ²)	323.04	
Eficiencia %	42.44	
CALCULO		
Perno nominal seleccionado	1/2	
Grado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	623.12	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	732.37	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	4227.43	Correcto
Díametro de barrenado (mm)	16	
Eficiencia %	17.32	

SECCIÓN 2

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH		
Sección	HH-2	
Longitud (l) (m)	6000	
Número de divisiones por sección	3	
Configuración de diagonales a utilizar (1, 2, 3 o 4)	3	
Ancho de parte superior (w _u) (mm)	1800.00	
Ancho de parte inferior (w _d) (mm)	1800.00	
Cortante en la base de la sección (Kg)	3557.70	
Fuerza en cada cara de la torre	2054.04	
Diametro de la pierna de la sección (mm)	73.00	
Laminado		
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diametro del barrenos del ángulo (mm)	1/2	
Angulo (L) (mm)	2	
Espesor (mm)	1/8	OK
Número de tornillos para pernos en las esquinas del ángulo	2.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal [W] (rad)	0.8380	
Angulo entre pernos y la horizontal	0.8380	
Angulo entre pernos y la vertical (rad)	0.0000	
Distancia vertical de la diagonal [Y] (mm)	2000	
Distancia horizontal de centro a centro de piernas [Z] (mm)	2691	
Distancia diferencial [B] (mm)	0.000	
Distancia diferencial [C] (mm)	0.000	
Distancia diferencial [D] (mm)	0.000	
Distancia horizontal de centro de barrenos al paño del ángulo (mm)	19	
Distancia vertical de centro de barrenos al paño del ángulo (mm)	19	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales [X] (mm)	2690.72	
Longitud para estar [L] (mm)	112.079	
Longitud entre barrenos para las diagonales [L'] (mm)	2467	
Longitud	2466.57	
Longitud de trazo mayor [L1] (mm)	1233.283	
Longitud de trazo menor [L2] (mm)	1233.283	
Longitud [L3] (mm)	1849.925	
Radio de giro en eje X (mm)	1.60	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (mm)	1.02	Columna anterior
λ máximo	120.91	
λ despues de entrar a curvas	120.91	
Area transversal (cm ²)	3.15	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	2.46	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	110.91	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	1535.24	
Fa permisible (Kg/cm ²)	965.26	Disminuir angulo
Fa obtenido (Kg/cm ²)	487.56	
Eficiencia %	50.51	
Perno nominal seleccionado	1.2	
Grado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	1535.24	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	2149.33	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	4227.43	Correcto
Diametro de barrenos (mm)	16	
Eficiencia %	50.84	

SECCIÓN 3

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH		
Sección	HH-3	
Longitud (L) (m)	6000	
Número de divisiones por sección	3	
Configuración de diagonales a utilizar (1, 2, 3 o 4)	3	
Ancho de parte superior (w _u) (mm)	1800.00	
Ancho de parte inferior (w _d) (mm)	2300.00	
Cortante en la base de la sección (Kg)	13416.63	
Fuerza en cada una de la parte	7748.10	
Diámetro de la pierna de la sección (mm)	114.30	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diámetro del barrenos del ángulo (mm)	3/4	
Angulo L (mm)	2 1/2	
Espesor (mm)	3/16	
Número de barrenos para pernos en las esquinas del ángulo	2 00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonal en y la horizontal (β) (rad)	0.7157	
Angulo β en grados (β) (grad)	0.7341	
Angulo entre pernos y la vertical (α) (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal (Y) (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas (Z) (mm)	3048	
Distancia diferencial (B) (mm)	83.333	
Distancia diferencial (C) (mm)	62.884	
Distancia diferencial (D) (mm)	54.682	
Distancia horizontal de centros de barrenos al paño del ángulo (mm)	29	
Distancia vertical de centros de barrenos al paño del ángulo (mm)	23	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales (X) (mm)	2985.57	
Longitud para restar (L ₁) (mm)	142.279	
Longitud entre barrenos para las diagonales (L) (mm)	2701	
Longitud	2701.01	
Longitud de eje horizontal (L ₁) (mm)	1406.624	
Longitud de eje vertical (L ₂) (mm)	1294.384	
Longitud x 2 (mm)	2953.816	
Radio de giro en eje X (cm)	1.98	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.24	Columna anterior
λ máximo	113.44	
λ después de entrar a curvas	115.08	
Area transversal (cm ²)	5.87	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	4.61	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	267.02	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	5216.50	
Fa permisible (Kg/cm ²)	1031.92	Correcto
Fa obtenido (Kg/cm ²)	889.34	
Eficiencia %	86.18	
Perno nominal seleccionado	3.4	
Grado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	5216.50	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	7303.10	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	9945.54	Correcto
Diámetro de barrenos (mm)	22	
Eficiencia %	73.43	

OK

SECCIÓN 4

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-4
Longitud (l) (m)	6000
Número de divisiones por sección	3
Configuración de diagonales a utilizar (1, 2, 3 o 4)	
Ancho de parte superior (w _u) (mm)	2300.00
Ancho de parte inferior (w _d) (mm)	2800.00
Cortante en la base de la sección (Kg)	17957.10
Fuerza en cada cara de la torre	10387.53
Díametro de la pierna de la sección (mm)	168.30
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10
Díametro del barrenos del ángulo (mm)	3/4
Ángulo (α) (gr)	3
Espesor (t) (mm)	1/4
Número de barrenos para pernos en las esquinas del ángulo	2.00
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA
Ángulo entre diagonales y la horizontal (β) (rad)	0.6202
Ángulo β corregido (β') (rad)	0.6346
Ángulo entre piernas y la vertical (γ) (rad)	0.0416
Distancia vertical de la diagonal (Y) (mm)	2000
Distancia diagonal de centro a centro de piernas (Z) (mm)	3441
Distancia diferencial (B) (mm)	83.333
Distancia diferencial (C) (mm)	67.811
Distancia diferencial (D) (mm)	48.437
Distancia horizontal de centro de barrenos al plano del ángulo (mm)	29
Distancia vertical de centro de barrenos al plano del ángulo (mm)	29
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales (X) (mm)	3373.47
Longitud para restar (L) (mm)	160.975
Longitud entre barrenos para las diagonales (L') (mm)	3052
Longitud	3051.52
Longitud de cara exterior (L ₁) (mm)	1577.499
Longitud de cara interior (L ₂) (mm)	1474.019
Longitud x ₁ (mm)	2314.508
Radio de giro en eje X (mm)	2.36
Radio de giro en eje Y (mm)	1.59
λ máxima	99.21
λ después de entrar a curvas	104.41
Area transversal (cm ²)	9.20
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	7.29
Peso total de diagonal (Kg)	407.92
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	6437.03
Fa permisible (Kg/cm ²)	1170.89
Fa obtenida (Kg/cm ²)	693.35
Eficiencia %	59.73
Perno nominal seleccionado	3.4
Grado del perno	5
Número de pernos	1.00
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	6437.03
Fuerza actuante en el perno (Kg)	9011.84
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	9945.54
Díametro de barrenos (mm)	22
Eficiencia %	90.61

OK

Columna anterior

Columna anterior

Disminuir ángulo

Correcto

SECCIÓN 5

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH		
Sección	HH-5	
Longitud (L) (m)	6000	
Numero de diagonales por sección	3	
Configuración de diagonales a utilizar (1, 2, 3 o 4)	2, 3 y 4	
Ancho de parte superior (w _u) (mm)	2800.00	
Ancho de parte inferior (w _d) (mm)	3300.00	
Cortante en la base de la sección (Kg)	19823.69	
Fuerza en cada una de la torre	11445.21	
Diametro de la pierna de la sección (mm)	219.10	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diámetro del barrenos del ángulo (m)	3/4	
Angulo L (m)	3	
Espesor (m)	1/4	
Numero de barrenos para pernos en las esquinas del ángulo	2 (0)	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal (β) (rad)	0.5449	
Angulo β (entregado) (m) (rad)	0.5563	
Angulo entre piernas y la vertical (γ) (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal (Y) (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas (Z) (mm)	3859	
Distancia diferencial (B) (mm)	83.333	
Distancia diferencial (C) (mm)	71.266	
Distancia diferencial (D) (mm)	43.192	
Distancia horizontal de centro de barrenos al paño del ángulo (mm)	29	
Distancia vertical de centro de barrenos al paño del ángulo (mm)	29	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales (X) (mm)	3787.74	
Longitud para restar (U) (mm)	160.396	
Longitud entre barrenos para las diagonales (L) (mm)	3427	
Longitud	3426.94	
Longitud de una pierna (L ₁) (mm)	1762.536	
Longitud de otra pierna (L ₂) (mm)	1664.408	
Longitud x (x) (mm)	2594.740	
Radio de giro en eje X (cm)	2.36	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.59	Columna anterior
λ máxima	110.85	
λ después de restar a curvas	113.14	
Área transversal (cm ²)	9.20	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	7.29	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	457.18	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	6738.56	
Fa permisible (Kg/cm ²)	1057.28	Disminuir angulo
Fa obtenido (Kg/cm ²)	732.11	
Eficiencia %	69.24	
Perno nominal seleccionado	3.4	
Grado del perno	5	
Numero de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	6738.56	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	9433.99	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	9945.54	Correcto
Diámetro de barrenos (mm)	22	
Eficiencia %	94.86	

O.K.

SECCIÓN 6

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH		
Sección	HH-6	
Longitud (l) [m]	6000	
Número de divisiones por sección	3	
Configuración de diagonales a utilizar (1, 2, 3 o 4)	2	
Ancho de parte superior (w _u) [mm]	3300.00	
Ancho de parte inferior (w _d) [mm]	3800.00	
Cortante en la base de la sección (Kg)	21736.04	
Fuerza en punta para de la torre	12549.31	
Diámetro de la pierna de la sección (mm)	273.05	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diámetro del barrenado del ángulo (mm)	7/8	
Angulo (L) (mm)	3	
Espesor (mm)	1/4	
Número de barrenos para pernos en las esquinas del ángulo	2.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal (β) (rad)	0.4845	
Angulo β corregido (β') (rad)	0.4937	
Angulo entre piernas y la vertical (γ) (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal (Y) (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas (Z) (mm)	4294	
Distancia diferencial (B) (mm)	83.333	
Distancia diferencial (B') (mm)	73.743	
Distancia diferencial (B'') (mm)	38.812	
Distancia horizontal de centro de barrenos al paño del ángulo (mm)	33	
Distancia vertical de centro de barrenos al paño del ángulo (mm)	33	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales (X) (mm)	4220.62	
Longitud para testar (L') (mm)	209.384	
Longitud entre barrenos para las diagonales (L'') (mm)	3802	
Longitud	3801.85	
Longitud de cara a cara (L ₁) (mm)	1948.241	
Longitud de cara a cara (L ₂) (mm)	1853.609	
Longitud x (L _x) (mm)	2875.046	
Radio de giro en eje X (cm)	2.36	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.59	Columna anterior
λ máximo	122.53	
λ después de entrar a curvas	122.53	
Area transversal (cm ²)	9.20	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	7.29	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	507.63	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	7125.45	
Fa permisible (Kg/cm ²)	938.63	Correcto
Fa obtenida (Kg/cm ²)	774.14	
Eficiencia (%)	82.53	
Perno nominal seleccionado	7.8	
Grado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	7125.45	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	9975.63	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	13753.00	Correcto
Diámetro de barrenos (mm)	25	
Eficiencia %	72.53	

O K

SECCIÓN 7

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH		
Sección	HH-7	
Longitud (l) (m)	6000	
Número de divisiones por sección	3	
Configuración de diagonales a utilizar (1, 2, 3 o 4)	2, 3 o 4	
Ancho de parte superior (wu) (mm)	3800.00	
Ancho de parte inferior (wi) (mm)	4300.00	
Cortante en la base de la sección (Kg)	23540.73	
Fuerza en cada cara de la torre	13591.25	
Díametro de la pierna de la sección (mm)	273.05	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Díametro del barrenado del ángulo (mm)	7/8	
Ángulo L (mm)	3	
Espesor (t) (mm)	3.8	
Número de barrenos para pernos en las esquinas del ángulo	2.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Ángulo entre diagonales y la horizontal (θ) (rad)	0.4354	
Ángulo β corregido (β') (rad)	0.4429	
Ángulo entre piernas y la vertical (α) (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal (Y) (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas (Z) (mm)	4742	
Distancia diferencial (B) (mm)	83.333	
Distancia diferencial (C) (mm)	75.560	
Distancia diferencial (D) (mm)	35.144	
Distancia horizontal de centro de barrenado al paño del ángulo (mm)	33	
Distancia vertical de centro de barrenado al paño del ángulo (mm)	33	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales (X) (mm)	4666.93	
Longitud para restar (L) (mm)	203.009	
Longitud entre barrenos para las diagonales (l') (mm)	4261	
Longitud	4260.92	
Longitud de la cara superior (L1) (mm)	2176.574	
Longitud de la cara inferior (L2) (mm)	2084.343	
Longitud x x' (mm)	3018.746	
Radio de giro en eje X (cm)	2.31	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.47	Columna anterior
z máximo	148.07	
z después de entrar a curvas	148.07	
Area transversal (cm ²)	13.58	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	10.72	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	835.05	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	7521.28	
Fa permisible (Kg/cm ²)	640.38	Correcto
Fa obtenido (Kg/cm ²)	554.03	
Eficiencia %	86.52	
Perno nominal seleccionado	7.8	
Grado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	7521.28	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	10529.79	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	13753.00	Correcto
Díametro de barrenado (mm)	25	
Eficiencia %	76.56	

OK

SECCIÓN 8

TORRE DE 48 m, VELOCIDAD DEL VIENTO 100 MPH	
Sección	HH-8
Longitud (l) [m]	6000
Numero de divisiones por sección	3
Configuración de diagonales a utilizar (1, 2, 3 o 4)	2, 3
Ancho de parte superior (wa) [mm]	4300.00
Ancho de parte inferior (wd) [mm]	4800.00
Cortante en la base de la sección (Kg)	25537.54
Fuerza en cada cara de la torre	14744.11
Diámetro de la pierna de la sección (mm)	323.85
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10
Diámetro del barrenado del ángulo (mm)	7/8
Angulo L (mm)	3
Espesor (mm)	1/2
Numero de barrenos para pernos en las esquinas del ángulo	2.00
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA
Angulo entre diagonales y la horizontal (B) (grados)	0.3948
Angulo B corregido (Bc) (grados)	0.4010
Angulo entre pernos y la vertical (C) (grados)	0.0416
Distancia vertical de la diagonal (Y) (mm)	2000
Distancia diagonal de centro a centro de piernas (Z) (mm)	5200
Distancia diferencial (B) (mm)	83.333
Distancia diferencial (C) (mm)	76.923
Distancia diferencial (D) (mm)	32.051
Distancia horizontal de centro de barrenos al paño del ángulo (mm)	33
Distancia vertical de centro de barrenos al paño del ángulo (mm)	33
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales (X) (mm)	5123.18
Longitud para restar (a) (mm)	226.074
Longitud entre barrenos para las diagonales (L) (mm)	4671
Longitud	4671.03
Longitud de la pierna superior (mm)	2380.772
Longitud de la pierna inferior (mm)	2290.257
Longitud (L) (mm)	3525.901
Radio de giro en el ángulo (mm)	2.29
Radio de giro en el ángulo (mm)	1.47
λ máximo	161.96
λ después de entrar a curvas	161.96
Area transversal (cm²)	17.74
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	13.99
Peso total de diagonal (Kg)	1193.05
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	8007.42
Fa permisible (Kg/cm²)	540.85
Fa obtenida (Kg/cm²)	451.33
Eficiencia %	83.45
Perno nominal seleccionado	7.8
Grado del perno	5
Numero de pernos	1.00
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	8007.42
Fuerza actuante en el perno (Kg)	11210.39
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	13753.00
Diámetro de barrenos (mm)	25
Eficiencia %	81.51

OK

Columna anterior

Columna anterior

Columna anterior

Columna anterior

Correcto

Correcto

TABLA DE ÁNGULOS III.1.1.3.1

Ángulos de acero (mm)										
DIMENSIONES			PESO		ÁREA	EJE X-X Y EJE Y-Y			EJE Z-Z	
Ángulo mm	Espesor ln	Espesor mm	Kg/m	lbs/pie	cm ²	I cm ⁴	r cm	S cm ³	rz cm	
3/4 x 3/4										
19	1/8	3.2	0.88	0.6	1.11	0.37		0.58	0.28	0.38
1 x 1										
25.4	1/8	3.2	1.19	0.8	1.52	0.92		0.79	0.51	0.51
25.4	3/16	4.8	1.73	1.2	2.21	1.25		0.76	0.72	0.48
25.4	1/4	6.3	2.22	1.5	2.80	1.54		0.74	0.92	0.48
1 1/4 x 1 1/4										
31.7	1/8	3.2	1.5	1.0	1.93	1.83		0.97	0.8	0.64
31.7	3/16	4.8	2.2	1.5	2.81	2.54		0.97	1.16	0.61
31.7	1/4	6.3	2.86	1.9	3.60	3.21		0.94	1.49	0.61
1 1/2 x 1 1/2										
38.1	1/8	3.2	1.83	1.2	2.34	3.25		1.17	1.18	0.76
38.1	3/16	4.8	2.68	1.8	3.43	4.58		1.17	1.64	0.74
38.1	1/4	6.3	3.48	2.4	4.40	5.83		1.14	2.2	0.74
38.1	5/16	7.9	4.26	2.9	5.40	6.66		1.12	2.62	0.74
38.1	3/8	9.5	4.99	3.4	6.34	7.91		1.12	3.11	0.74
2 x 2										
50.8	1/8	3.2	2.46	1.7	3.15	7.91		1.6	2.13	1.02
50.8	3/16	4.8	3.63	2.5	4.65	11.45		1.57	3.11	1.02
50.8	1/4	6.3	4.75	3.2	6.00	14.57		1.55	4.1	0.99
50.8	5/16	7.9	5.83	4.0	7.40	17.46		1.52	4.92	0.99
50.8	3/8	9.5	6.99	4.8	8.75	19.98		1.5	5.74	0.99
2 1/2 x 2 1/2										
63.5	3/16	4.8	4.61	3.1	5.87	22.89		1.98	4.92	1.24
63.5	1/4	6.3	6.1	4.2	7.60	29.14		1.96	6.39	1.24
63.5	5/16	7.9	7.44	5.1	9.41	35.38		1.93	7.87	1.22
63.5	3/8	9.5	8.78	6.0	11.16	40.79		1.91	9.34	1.22
3 x 3										
76.2	1/4	6.3	7.29	5.0	9.20	51.6		2.36	9.5	1.59
76.2	5/16	7.9	9.08	6.2	11.42	62.9		2.34	11.6	1.5
76.2	3/8	9.5	10.72	7.3	13.58	73.3		2.31	13.6	1.47
76.2	1/2	12.7	13.99	9.5	17.74	92.4		2.29	17.5	1.47
76.2	5/8	15.9	17.11	11.7	21.70	109.1		2.24	21.3	1.45
4 x 4										
101.6	1/4	6.3	9.82	6.7	12.40	124.9		3.18	17.2	2.01
101.6	5/16	7.9	12.2	8.3	15.43	154.4		3.15	21.1	2.01
101.6	3/8	9.5	14.58	9.9	18.40	181.5		3.12	24.9	2.01
101.6	1/2	12.7	19.05	13.0	24.19	231.4		3.1	32.3	1.98
101.6	5/8	15.9	23.36	15.9	29.78	277.2		3.05	39.3	1.95
101.6	3/4	19	27.53	18.8	35.00	318.8		3.02	46	1.95
6 x 6										
152.4	3/8	9.5	22.17	15.1	28.05	640.6		4.78	57.8	3.02
152.4	1/2	12.7	29.17	19.9	37.10	828.7		4.72	75.5	3
152.4	5/8	15.9	36.01	24.6	45.94	1005.6		4.67	92.8	3

RESUMEN GENERAL

SECCIÓN	ALTURA SUPERIOR (m)	ALTURA INFERIOR (m)	ANCHO SUPERIOR (m)	ANCHO INFERIOR (m)	ALTURA DE APLICACIÓN DE F_a (m)	CORTANTE ACUMULADO (Kg)	FUERZA SOBRE LAS DIAGONALES (Kg)	FUERZA SOBRE CADA PERNO (Kg)
HH-1	48	42	1.8	1.8	42	1212.3	523.1	732.37
HH-2	42	36	1.8	1.8	36	3557.7	1535.2	2149.33
HH-3	36	30	1.8	2.3	30	13416.6	5216.5	7303.10
HH-4	30	24	2.3	2.8	24	17945.7	6432.9	9006.10
HH-5	24	18	2.8	3.3	18	19831.6	6731.0	9423.46
HH-6	18	12	3.3	3.8	12	21713.9	7116.2	9965.47
HH-7	12	6	3.8	4.3	6	23518.6	7514.2	10519.89
HH-8	6	0	4.3	4.8	0	25515.4	8000.5	11200.68

SECCIÓN	CONFIGURACIÓN UTILIZADA	DIAGONALES (ln)	ESPESOR (ln)	PERNO UTILIZADO (ln)	BARRENO (mm)	PESO (Kg)	PESO ACUMULADO (Kg)
HH-1	3	1 1/2	1/8	1/2	16	97	97
HH-2	3	2	1/8	1/2	16	111	208
HH-3	3	2 1/2	3/16	3/4	22	267	475
HH-4	3	3	1/4	3/4	22	408	883
HH-5	3	3	1/4	3/4	22	457	1340
HH-6	3	3	1/4	7/8	25	508	1848
HH-7	3	3	3/8	7/8	25	835	2683
HH-8	3	3	1/2	7/8	25	1193	3878

III.1.1.5 Cálculo mediante STAAD PRO.

```

*****
*
*          STAAD.Pro
*          Version 2001   Bld 1005 Patch Nov 01
*          Proprietary Program of
*          Research Engineers, Intl.
*          Date=   JAN 27, 2002
*          Time=   15:22: 6
*
*          USER ID: INFRACOMEX
*****
    
```

1. STAAD SPACE TORREHH TIA
2. START JOB INFORMATION
3. JOB NAME TESIS
4. JOB CLIENT HIRAM GARCIA Y HECTOR MORENO
5. JOB NO ANALISIS Y DISEÑO DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELECOMUNICACIONES
6. JOB PART CAPITULO III
7. ENGINEER NAME HIRAM
8. ENGINEER DATE 11-NOV-01
9. END JOB INFORMATION
10. INPUT WIDTH 79
11. UNIT METER KG
12. JOINT COORDINATES
13. 2 -2.4 0 1.38564; 3 2.4 0 1.3856; 4 -0.750002 36.0001 0.433001
14. 5 0.750002 36.0001 0.433001; 6 -0.750002 48.0001 0.433001
15. 7 0.750002 48.0001 0.433001; 76 -1.025 30.0001 0.591775; 77 -1.3 24 0.750548
16. 78 1.575 18 0.909322; 79 -1.85 12 1.0681; 80 -2.125 6.00001 1.22687
17. 81 1.025 30.0001 0.591768; 82 1.3 24 0.750535; 83 1.575 18 0.909302
18. 84 1.85 12 1.06807; 85 2.125 6.00001 1.22684; 86 -2.21667 4.00001 1.27979
19. 87 -2.30834 2 1.33272; 88 -1.94167 10 1.12102; 89 -2.03334 8.00002 1.17394
20. 90 -1.66667 16 0.962246; 91 -1.75834 14 1.01517; 92 -1.39167 22 0.803473
21. 93 -1.48334 20 0.856397; 94 -1.11667 28.0001 0.644699
22. 95 -1.20834 26.0001 0.697624; 96 -0.841668 34.0001 0.485925
23. 97 -0.933335 32.0001 0.53885; 98 0.841668 34.0001 0.485923
24. 99 0.933335 32.0001 0.538846; 100 1.11667 28.0001 0.64469
25. 101 1.20834 26.0001 0.697613; 102 1.39167 22 0.803457; 103 1.48334 20 0.856379
26. 104 1.66667 16 0.962224; 105 1.75834 14 1.01515; 106 1.94167 10 1.12099
27. 107 2.03334 8.00002 1.17391; 108 2.21667 4.00001 1.27976
28. 109 2.30834 2 1.33268; 110 -0.750002 42.0001 0.433001
29. 111 0.750002 42.0001 0.433001; 112 -0.750002 40.0001 0.433001
30. 113 -0.750002 48.0001 0.433001; 114 0.750002 46.0001 0.433001
31. 115 -0.750002 44.0001 0.433001; 116 0.750002 40.0001 0.433001
32. 117 0.750002 38.0001 0.433001; 118 0.750002 46.0001 0.433001
33. 119 0.750002 44.0001 0.433001; 120 -7.67011E-008 1.01947 1.35865
34. 121 1.88606E-007 3.022026 1.3057; 122 1.60794E-007 5.02112 1.25276
35. 123 -4.22837E-008 7.02206 1.19981; 124 -1.68857E-007 9.02308 1.14686
36. 125 9.14657E-008 11.0242 1.0939; 126 1.28337E-007 13.0254 1.04095
37. 127 -2.65762E-007 15.0268 0.987989; 128 -2.02429E-007 17.0283 0.935025
38. 129 1.75248E-007 19.03 0.882057; 130 2.4899E-007 21.0319 0.829083
39. 131 2.32555E-007 23.0341 0.776102; 132 3.32363E-007 25.0366 0.723112
40. 133 -4.58451E-007 27.0395 0.670113; 134 5.96897E-007 29.0429 0.6171
41. 135 -2.12535E-007 31.0469 0.564071; 136 -6.85527E-008 33.0517 0.511019

42. 137 1.36746E-007 35.0577 0.457939; 138 7.76329E-007 37.0001 0.433001
 43. 139 1.80478E-016 39.0001 0.433001; 140 7.76329E-007 41.0001 0.433001
 44. 141 -7.76329E-007 43.0001 0.433001; 142 -1.80478E-016 45.0001 0.433001
 45. 143 -7.76329E-007 47.0001 0.433001; 144 -3.53026E-005 0 -2.77126
 46. 145 -1.11232E-005 36.0001 -0.866021; 146 -1.11232E-005 48.0001 -0.866021
 47. 147 -1.38383E-005 39.0001 -1.18356; 148 -1.76193E-005 24 -1.5011
 48. 149 -2.13583E-005 18 -1.81864; 150 -2.42163E-005 12 -2.13618
 49. 151 -2.5383E-005 6.00001 -2.45372; 152 -1.2352E-005 34.0001 -0.971867
 50. 153 -1.31843E-005 32.0001 -1.07771; 154 -1.7102E-005 28.0001 -1.28941
 51. 155 -1.94845E-005 26.0001 -1.39526; 156 -2.07925E-005 22 -1.60695
 52. 157 -2.40562E-005 20 -1.7128; 158 -2.45735E-005 16 -1.92449
 53. 159 -2.43483E-005 14 -2.03034; 160 -2.90967E-005 10 -2.24203
 54. 161 -3.40871E-005 8.00002 -2.34788; 162 -3.03733E-005 4.00001 -2.55957
 55. 163 -3.53507E-005 2 -2.66542; 164 -1.11232E-005 42.0001 -0.866021
 56. 165 -1.11232E-005 40.0001 -0.866021; 166 -1.11232E-005 38.0001 -0.866021
 57. 167 -1.11232E-005 46.0001 -0.866021; 168 -1.11232E-005 44.0001 -0.866021
 58. 169 1.17663 1.01947 -0.679325; 170 1.13077 3.02026 -0.65285
 59. 171 1.08492 5.02112 -0.62638; 172 1.03907 7.02206 -0.599905
 60. 173 0.99321 9.02308 -0.57343; 174 0.947345 11.0242 -0.54695
 61. 175 0.901489 13.0254 -0.520475; 176 0.855624 15.0268 -0.493994
 62. 177 0.809755 17.0283 -0.467512; 178 0.763884 19.03 -0.441028
 63. 179 0.718007 21.0319 -0.414541; 180 0.672124 23.0341 -0.388051
 64. 181 0.626233 25.0366 -0.361556; 182 0.580335 27.0395 -0.335056
 65. 183 0.534424 29.0429 -0.308551; 184 0.4885 31.0469 -0.282035
 66. 185 0.442555 33.0517 -0.255509; 186 0.396587 35.0577 -0.22897
 67. 187 0.37499 37.0001 -0.216501; 188 0.37499 39.0001 -0.216501
 68. 189 0.37499 41.0001 -0.216501; 190 0.37499 43.0001 -0.2165
 69. 191 0.37499 45.0001 -0.216501; 192 0.37499 47.0001 -0.2165
 70. 193 -1.17663 1.01947 -0.679325; 194 -1.13077 3.02026 -0.65285
 71. 195 -1.08492 5.02112 -0.62638; 196 -1.03907 7.02206 -0.599905
 72. 197 -0.99321 9.02308 -0.57343; 198 -0.947345 11.0242 -0.54695
 73. 199 -0.901489 13.0254 -0.520475; 200 -0.855624 15.0268 -0.493995
 74. 201 -0.809755 17.0283 -0.467513; 202 -0.763884 19.03 -0.441029
 75. 203 -0.718007 21.0319 -0.414541; 204 -0.672124 23.0341 -0.388051
 76. 205 -0.626234 25.0366 -0.361556; 206 -0.580335 27.0395 -0.335057
 77. 207 -0.534425 29.0429 -0.308549; 208 -0.4885 31.0469 -0.282036
 78. 209 -0.442555 33.0517 -0.25551; 210 -0.396587 35.0577 -0.228969
 79. 211 -0.37499 37.0001 -0.2165; 212 -0.37499 39.0001 -0.216501
 80. 213 -0.37499 41.0001 -0.2165; 214 -0.37499 43.0001 -0.216501
 81. 215 -0.37499 45.0001 -0.216501; 216 -0.37499 47.0001 -0.216501
 82. MEMBER INCIDENCES
 83. 1 4 96; 2 5 98; 3 7 94; 4 77 92; 5 78 90; 6 79 88; 7 80 86; 8 81 100
 84. 9 82 102; 10 83 104; 11 84 106; 12 85 108; 13 86 87; 14 87 2; 15 88 89
 85. 16 89 80; 17 90 91; 18 91 79; 19 92 93; 20 93 78; 21 94 95; 22 95 77; 23 96 97
 86. 24 97 76; 25 98 99; 26 99 81; 27 100 101; 28 101 82; 29 102 103; 30 103 83
 87. 31 104 105; 32 105 84; 33 106 107; 34 107 85; 35 108 109; 36 109 3; 37 3 120
 88. 38 87 121; 39 108 122; 40 80 123; 41 107 124; 42 88 125; 43 84 126; 44 91 127
 89. 45 104 128; 46 78 129; 47 103 130; 48 92 131; 49 82 132; 50 95 133; 51 100 134
 90. 52 76 135; 53 99 136; 54 96 137; 55 2 120; 56 109 121; 57 86 122; 58 85 123
 91. 59 89 124; 60 106 125; 61 79 126; 62 105 127; 63 90 128; 64 83 129; 65 93 130
 92. 66 102 131; 67 77 132; 68 101 133; 69 94 134; 70 81 135; 71 97 136; 72 98 137
 93. 73 4 5; 74 6 114; 75 7 118; 76 110 112; 77 111 116; 78 112 113; 79 113 4
 94. 80 114 115; 81 115 110; 82 116 117; 83 117 5; 84 118 119; 85 119 111; 86 5 138
 95. 87 113 139; 88 116 140; 89 110 141; 90 119 142; 91 114 143; 92 4 138
 96. 93 117 139; 94 112 140; 95 111 141; 96 115 142; 97 118 143; 98 6 7; 99 120 87
 97. 100 120 109; 101 121 108; 102 121 86; 103 122 80; 104 122 85; 105 123 107

98. 106 123 89; 107 124 88; 108 124 106; 109 125 84; 110 125 79; 111 126 91
 99. 112 126 105; 113 127 104; 114 127 90; 115 128 78; 116 128 83; 117 129 103
 100. 118 129 93; 119 130 92; 120 130 102; 121 131 82; 122 131 77; 123 132 95
 101. 124 132 101; 125 133 100; 126 133 94; 127 134 76; 128 134 81; 129 135 99
 102. 130 135 97; 131 136 96; 132 136 98; 133 137 5; 134 137 4; 135 138 113
 103. 136 138 117; 137 139 116; 138 139 112; 139 140 110; 140 140 111; 141 141 119
 104. 142 141 115; 143 142 114; 144 142 118; 145 143 7; 146 143 6; 147 145 152
 105. 148 147 154; 149 148 156; 150 149 158; 151 150 160; 152 151 162; 153 152 153
 106. 154 153 147; 155 154 155; 156 155 148; 157 156 157; 158 157 149; 159 158 159
 107. 160 159 150; 161 160 161; 162 161 151; 163 162 163; 164 163 144; 165 144 169
 108. 166 109 170; 167 162 171; 168 85 172; 169 161 173; 170 106 174; 171 150 175
 109. 172 105 176; 173 156 177; 174 83 178; 175 157 179; 176 102 180; 177 148 181
 110. 178 101 182; 179 154 183; 180 81 184; 181 153 185; 182 98 186; 183 3 169
 111. 184 163 170; 185 108 171; 186 151 172; 187 107 173; 188 160 174; 189 84 175
 112. 190 159 176; 191 104 177; 192 149 178; 193 103 179; 194 156 180; 195 82 181
 113. 196 155 182; 197 105 183; 198 147 184; 199 99 185; 200 152 186; 201 5 145
 114. 202 146 167; 203 164 165; 204 165 166; 205 166 145; 206 167 168; 207 168 164
 115. 208 145 187; 209 117 188; 210 165 189; 211 111 190; 212 168 191; 213 118 192
 116. 214 5 187; 215 166 188; 216 116 189; 217 164 190; 218 119 191; 219 167 192
 117. 220 7 146; 221 169 189; 222 169 163; 223 170 162; 224 170 168; 225 171 85
 118. 226 171 161; 227 172 161; 228 172 107; 229 173 106; 230 173 160; 231 174 150
 119. 232 174 84; 233 175 105; 234 175 159; 235 176 158; 236 176 104; 237 177 83
 120. 238 177 149; 239 178 157; 240 178 103; 241 179 102; 242 179 156; 243 180 148
 121. 244 180 82; 245 181 101; 246 181 155; 247 182 154; 248 182 100; 249 183 81
 122. 250 183 147; 251 184 153; 252 184 99; 253 185 98; 254 185 152; 255 186 145
 123. 256 186 5; 257 187 117; 258 187 166; 259 188 165; 260 188 116; 261 189 111
 124. 262 189 164; 263 190 168; 264 190 119; 265 191 118; 266 191 167; 267 192 146
 125. 268 192 7; 269 2 194; 270 163 194; 271 86 195; 272 151 196; 273 89 197
 126. 274 160 198; 275 79 199; 276 159 200; 277 90 201; 278 149 202; 279 93 203
 127. 280 156 204; 281 77 205; 282 155 206; 283 94 207; 284 147 208; 285 97 209
 128. 286 152 210; 287 144 193; 288 87 194; 289 162 195; 290 80 196; 291 161 197
 129. 292 88 198; 293 150 199; 294 91 200; 295 158 201; 296 78 202; 297 157 203
 130. 298 92 204; 299 148 205; 300 95 206; 301 154 207; 302 76 208; 303 153 209
 131. 304 96 210; 305 145 4; 306 4 211; 307 166 212; 308 112 213; 309 164 214
 132. 310 115 216; 311 167 216; 312 145 211; 313 113 212; 314 165 213; 315 110 214
 133. 316 168 215; 317 114 216; 318 146 6; 319 193 163; 320 193 87; 321 194 86
 134. 322 194 162; 323 195 151; 324 195 80; 325 196 89; 326 196 161; 327 197 160
 135. 328 197 88; 329 198 79; 330 198 150; 331 199 159; 332 199 91; 333 200 90
 136. 334 200 158; 335 201 149; 336 201 78; 337 202 93; 338 202 157; 339 203 156
 137. 340 203 92; 341 204 77; 342 204 148; 343 205 155; 344 205 95; 345 206 94
 138. 346 206 154; 347 207 147; 348 207 76; 349 208 97; 350 208 153; 351 209 152
 139. 352 209 96; 353 210 4; 354 210 145; 355 211 166; 356 211 113; 357 212 112
 140. 358 212 165; 359 213 164; 360 213 110; 361 214 115; 362 214 168; 363 215 167
 141. 364 215 114; 365 216 6; 366 216 146
 142. MEMBER PROPERTY AMERICAN
 143. 7 12 TO 14 35 36 152 163 164 TABLE ST PIPE OD 0.32385 ID 0.30318
 144. 6 11 15 16 33 34 151 161 162 TABLE ST PIPE OD 0.27305 ID 0.24282
 145. 5 10 17 18 31 32 150 159 160 TABLE ST PIPE OD 0.27305 ID 0.25446
 146. 4 9 19 20 29 30 149 157 158 TABLE ST PIPE OD 0.2191 ID 0.1937
 147. 3 8 21 22 27 28 148 155 156 TABLE ST PIPE OD 0.1683 ID 0.14636
 148. 1 2 23 TO 26 147 153 154 TABLE ST PIPE OD 0.1143 ID 0.09718
 149. 76 TO 79 82 83 203 TO 205 TABLE ST PIPE OD 0.073 ID 0.06268
 150. 74 75 80 81 84 85 202 206 207 TABLE ST PIPE OD 0.0603 ID 0.05248
 151. 37 TO 39 55 TO 57 99 TO 104 165 TO 167 183 TO 185 221 TO 226 269 TO 271 -
 152. 287 TO 289 319 TO 324 TABLE ST L30308
 153. 40 TO 42 58 TO 60 104 TO 110 168 TO 170 186 TO 188 227 TO 232 272 TO 274 -

154. 290 TO 292 325 TO 330 TABLE ST L30306
 155. 43 TO 45 61 TO 63 111 TO 116 171 TO 173 189 TO 191 233 TO 238 275 TO 277 -
 156. 293 TO 295 331 TO 336 TABLE ST L30304
 157. 46 TO 48 64 TO 66 117 TO 122 174 TO 176 192 TO 194 239 TO 244 278 TO 280 -
 158. 296 TO 298 337 TO 342 TABLE ST L30304
 159. 49 TO 51 67 TO 69 123 TO 128 177 TO 179 195 TO 197 245 TO 250 281 TO 283 -
 160. 299 TO 301 343 TO 348 TABLE ST L30304
 161. 52 TO 54 70 TO 73 129 TO 134 180 TO 182 198 TO 201 251 TO 256 284 TO 286 -
 162. 302 TO 305 349 TO 354 TABLE ST L25253
 163. 86 TO 88 92 TO 94 135 TO 140 208 TO 210 214 TO 216 257 TO 262 306 TO 308 -
 164. 312 TO 314 355 TO 360 TABLE ST L20202
 165. MEMBER PROPERTY BRITISH
 166. 89 TO 91 95 TO 98 141 TO 146 211 TO 213 217 TO 220 263 TO 268 309 TO 311 -
 167. 315 TO 318 361 TO 366 TABLE ST UA40X40X3
 168. UNIT INCHES KIP
 169. CONSTANTS
 170. E 29000 MEMB 1 TO 366
 171. POISSON 0.3 MEMB 1 TO 366
 172. DENSITY 0.000283 MEMB 1 TO 366
 173. ALPHA 6.5E-006 MEMB 1 TO 366
 174. UNIT METER KG
 175. MEMBER RELEASE
 176. 73 98 TO 146 201 220 TO 268 305 318 TO 366 END MX MY MZ
 177. 37 TO 73 86 TO 98 165 TO 201 208 TO 220 269 TO 318 START MX MY MZ
 178. SUPPORTS
 179. 2 3 144 PINNED
 180. LOAD 1 PESO PROPIO
 181. SELFWEIGHT Y -1
 182. LOAD 2 CARGA MUERTA
 183. JOINT LOAD
 184. 112 116 165 FY 113.434
 185. 4 5 96 98 FY -403.5
 186. 76 81 147 FY -113.434
 187. 77 82 95 101 148 155 FY -63.5
 188. 86 TO 109 112 TO 119 FY -25.75
 189. LOAD 4 CARGA DE VIENTO
 190. JOINT LOAD
 191. 6 7 FZ -101.02
 192. 114 115 118 119 FZ -202.04
 193. 110 111 FZ -209.4
 194. 112 113 116 117 FZ -216.76
 195. 4 5 FZ -233.85
 196. 96 TO 98 FZ -250.94
 197. 76 81 FZ -271.89
 198. 94 95 100 101 FZ -292.84
 199. 77 82 FZ -301.97
 200. 92 93 102 103 FZ -311.1
 201. 78 83 FZ -314.91
 202. 90 91 104 105 FZ -318.72
 203. 79 84 FZ -309.75
 204. 88 89 106 107 FZ -300.78
 205. 80 85 FZ -316.79
 206. 86 87 108 109 FZ -332.8
 207. 2 3 FZ -166.4
 208. LOAD 5 VIENTO SOBRE ANTENAS
 209. JOINT LOAD

TORREHH-TIA

-- PAGE NO. 5

210. 112 116 165 FZ -348.3
 211. 4 5 96 98 FZ -2088.31
 212. 76 81 147 FZ -320.82
 213. 77 82 95 101 148 155 FZ -303.5
 214. LOAD COMB 6 0.75 (CV + CM + PP + VIENTO)
 215. 1 0.75 2 0.75 4 0.75 5 0.75
 216. PERFORM ANALYSIS

P R O B L E M S T A T I S T I C S

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 147/ 366/ 3
 ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH= 142/ 9/ 60 DOF
 TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 4, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 873
 SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 53 DOUBLE KILO-WORDS
 REQD/AVAIL. DISK SPACE = 13.1/ 9644.6 MB, EXMEM = 1529.8 MB

217. LOAD LIST 6
 218. PARAMETER
 219. CODE AISC
 220. BEAM 1 ALL
 221. CHECK CODE ALL

STEEL DESIGN

STAAD.Pro CODE CHECKING - (AISC)

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ PX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
1	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.189	6
		6588.22 T	0.00	43.13	2.00	
2	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.189	6
		6588.02 T	0.00	43.13	2.00	
3	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.275	6
		19209.97 T	0.00	139.40	2.00	
4	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.272	6
		30155.69 T	0.00	209.54	2.00	
5	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.385	6
		39686.70 T	0.00	371.73	2.00	
6	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.295	6
		47757.79 T	0.00	474.79	0.00	
7	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.393	6
		54409.81 T	0.00	527.73	0.00	
8	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.275	6
		19209.42 T	0.00	139.39	2.00	
9	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.272	6
		30154.84 T	0.00	209.55	2.00	
10	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.385	6
		39685.53 T	0.00	371.79	2.00	
11	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.295	6
		47756.39 T	0.00	474.85	0.00	
12	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.393	6
		54408.44 T	0.00	527.67	0.00	
13	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.424	6
		56377.64 T	0.00	764.07	2.00	
14	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.437	6
		58462.76 T	0.00	764.07	0.00	
15	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.296	6
		49965.57 T	0.00	346.97	2.00	
16	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.323	6
		52167.52 T	0.00	527.73	2.00	
17	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.413	6
		42483.23 T	0.00	405.44	2.00	
18	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.443	6
		45086.37 T	0.00	474.79	2.00	
19	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.301	6
		33573.76 T	0.00	216.63	1.84	
20	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.336	6
		36747.06 T	0.00	284.14	2.00	
21	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.322	6
		23055.21 T	0.00	139.40	0.00	

STAAD.Pro CODE CHECKING - (AISC)

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION	
1	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.189	6
		6588.22 T	0.00	43.13	2.00	
2	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.189	6
		6588.00 T	0.00	43.13	2.00	
3	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.275	6
		19209.97 T	0.00	139.40	2.00	
4	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.272	6
		30155.69 T	0.00	209.54	2.00	
5	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.385	6
		39686.70 T	0.00	371.73	2.00	
6	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.295	6
		47757.79 T	0.00	474.79	0.00	
7	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.393	6
		54409.81 T	0.00	527.73	0.00	
8	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.275	6
		19209.40 T	0.00	139.39	2.00	
9	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.272	6
		30154.84 T	0.00	209.55	2.00	
10	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.385	6
		39685.53 T	0.00	371.79	2.00	
11	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.295	6
		47756.39 T	0.00	474.85	0.00	
12	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.393	6
		54408.44 T	0.00	527.67	0.00	
13	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.424	6
		56377.64 T	0.00	764.07	2.00	
14	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.437	6
		58462.76 T	0.00	764.07	0.00	
15	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.296	6
		49965.57 T	0.00	346.97	2.00	
16	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.323	6
		52167.50 T	0.00	527.73	2.00	
17	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.413	6
		42483.23 T	0.00	405.44	2.00	
18	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.443	6
		45086.37 T	0.00	474.79	2.00	
19	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.301	6
		33573.76 T	0.00	216.63	1.84	
20	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.336	6
		36747.06 T	0.00	284.14	2.00	
21	ST	PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.322	6
		23055.21 T	0.00	139.40	0.00	

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
22	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.363	6
		26600.66 T	0.00	132.46	2.00
23	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.335	6
		10577.78 T	0.00	105.24	2.00
24	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.438	6
		15031.76 T	0.00	105.24	0.00
25	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.335	6
		10577.47 T	0.00	105.24	2.00
26	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.438	6
		15031.31 T	0.00	105.24	0.00
27	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.322	6
		23054.38 T	0.00	139.39	0.00
28	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.363	6
		26599.84 T	0.00	132.45	2.00
29	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.301	6
		33572.60 T	0.00	216.65	1.84
30	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.336	6
		36745.90 T	0.00	284.10	2.00
31	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.413	6
		42481.94 T	0.00	405.37	2.00
32	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.443	6
		45085.12 T	0.00	474.85	2.00
33	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.296	6
		49963.79 T	0.00	347.04	2.00
34	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.323	6
		52165.89 T	0.00	527.67	2.00
35	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.424	6
		56375.85 T	0.00	764.16	2.00
36	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.437	6
		58460.82 T	0.00	764.16	0.00
37	ST L30 308	PASS	AISC- H2-1	0.038	6
		642.13 T	-0.38	-4.41	0.87
38	ST L30 308	PASS	AISC- H1-3	0.051	6
		139.63 C	1.10	8.72	2.52
39	ST L30 308	PASS	AISC- H2-1	0.028	6
		94.60 T	-1.03	8.29	2.44
40	ST L30 306	PASS	AISC- H2-1	0.027	6
		14.21 T	0.73	5.76	2.36
41	ST L30 306	PASS	AISC- H2-1	0.025	6
		60.13 T	-0.68	5.41	2.28
42	ST L30 306	PASS	AISC- H1-3	0.027	6
		23.18 C	0.64	4.99	2.20
43	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.027	6
		166.22 T	-0.41	3.41	2.12
44	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.027	6
		19.20 T	0.39	3.44	2.04

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
45	ST L30 304	PASS 97.22 T	AISC- H2-1 -0.36	0.025 3.21	6 1.96
46	ST L30 304	PASS 36.40 T	AISC- H2-1 0.33	0.023 2.96	6 1.88
47	ST L30 304	PASS 104.98 T	AISC- H2-1 -0.31	0.022 2.81	6 1.81
48	ST L30 304	PASS 48.48 T	AISC- H2-1 0.29	0.020 2.51	6 1.73
49	ST L30 304	PASS 247.43 T	AISC- H2-1 -0.27	0.021 2.61	6 1.66
50	ST L30 304	PASS 59.94 T	AISC- H2-1 0.27	0.022 2.82	6 1.59
51	ST L30 304	PASS 180.52 T	AISC- H2-1 -0.24	0.020 2.49	6 1.53
52	ST L25 253	PASS 1.07 C	AISC- H2-1 0.13	0.017 1.13	6 1.47
53	ST L25 253	PASS 369.17 T	AISC- H2-1 -0.17	0.042 2.14	6 1.41
54	ST L25 253	PASS 1105.85 T	AISC- H2-1 0.03	0.128 -0.27	6 0.45
55	ST L30 308	PASS 642.19 T	AISC- H2-1 0.38	0.038 -4.41	6 0.87
56	ST L30 308	PASS 139.79 C	AISC- H1-3 -1.10	0.051 8.72	6 2.52
57	ST L30 308	PASS 94.63 T	AISC- H2-1 1.03	0.028 8.29	6 2.44
58	ST L30 306	PASS 14.15 T	AISC- H2-1 -0.73	0.027 5.76	6 2.36
59	ST L30 306	PASS 60.13 T	AISC- H2-1 0.68	0.025 5.41	6 2.28
60	ST L30 306	PASS 23.24 C	AISC- H1-3 -0.64	0.027 4.99	6 2.20
61	ST L30 304	PASS 166.35 T	AISC- H2-1 0.41	0.027 3.41	6 2.12
62	ST L30 304	PASS 19.16 T	AISC- H2-1 -0.39	0.027 3.44	6 2.04
63	ST L30 304	PASS 97.24 T	AISC- H2-1 0.36	0.025 3.21	6 1.96
64	ST L30 304	PASS 36.32 T	AISC- H2-1 -0.33	0.023 2.96	6 1.88
65	ST L30 304	PASS 105.03 T	AISC- H2-1 0.31	0.022 2.81	6 1.81
66	ST L30 304	PASS 48.42 T	AISC- H2-1 -0.29	0.020 2.51	6 1.73
67	ST L30 304	PASS 247.50 T	AISC- H2-1 0.27	0.021 2.61	6 1.66

TORREHH-TIA

-- PAGE NO. 9

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
68	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.022	6
		59.88 T	-0.27	2.82	1.59
69	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.020	6
		180.58 T	0.24	2.49	1.53
70	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.017	6
		1.01 C	-0.13	1.13	1.47
71	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.042	6
		369.23 T	0.17	2.14	1.41
72	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.128	6
		1105.82 T	-0.03	-0.27	0.45
73	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.055	6
		381.26 T	0.00	-0.96	0.75
74	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.016	6
		72.02 T	0.00	1.40	2.00
75	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.016	6
		72.03 T	0.00	1.40	2.00
76	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.129	6
		1305.87 T	0.00	14.94	2.00
77	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.129	6
		1305.83 T	0.00	14.94	2.00
78	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.211	6
		2454.71 T	0.00	18.57	2.00
79	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.318	6
		4249.86 T	0.00	18.57	0.00
80	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.046	6
		212.75 T	0.00	3.99	2.00
81	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.126	6
		711.18 T	0.00	8.97	2.00
82	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.211	6
		2454.64 T	0.00	18.57	2.00
83	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.318	6
		4249.73 T	0.00	18.57	0.00
84	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.046	6
		212.74 T	0.00	3.99	2.00
85	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.126	6
		711.16 T	0.00	8.97	2.00
86	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.021	6
		79.67 T	0.00	-0.13	0.42
87	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.036	6
		130.25 T	0.00	0.98	1.25
88	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.055	6
		218.32 T	0.00	-0.30	0.73
89	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.055	6
		32.68 C	0.00	0.36	1.25
90	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.048	6
		158.95 T	0.00	-0.12	0.52

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
91	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.019	6
		8.34 C	0.00	0.19	1.25
92	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.021	6
		79.69 T	0.00	-0.13	0.42
93	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.036	6
		130.24 T	0.00	0.98	1.25
94	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.055	6
		218.32 T	0.00	-0.30	0.73
95	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.055	6
		32.69 C	0.00	0.36	1.25
96	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.048	6
		158.96 T	0.00	-0.12	0.52
97	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.019	6
		8.34 C	0.00	0.19	1.25
98	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.033	6
		46.77 T	0.00	-0.41	0.75
99	ST L30 308	PASS	AISC- H2-1	0.042	6
		726.10 T	-0.45	-4.92	1.46
100	ST L30 308	PASS	AISC- H2-1	0.042	6
		726.15 T	0.45	-4.92	1.46
101	ST L30 308	PASS	AISC- H1-3	0.033	6
		67.11 C	0.42	-4.40	1.41
102	ST L30 308	PASS	AISC- H1-3	0.033	6
		67.17 C	0.42	-4.40	1.41
103	ST L30 308	PASS	AISC- H2-1	0.022	6
		162.00 T	-0.39	-4.08	1.36
104	ST L30 308	PASS	AISC- H2-1	0.022	6
		162.03 T	0.39	-4.08	1.36
105	ST L30 306	PASS	AISC- H2-1	0.019	6
		61.85 T	0.28	-2.90	1.32
106	ST L30 306	PASS	AISC- H2-1	0.019	6
		61.80 T	-0.28	-2.90	1.32
107	ST L30 306	PASS	AISC- H2-1	0.018	6
		104.05 T	-0.26	-2.71	1.27
108	ST L30 306	PASS	AISC- H2-1	0.018	6
		104.05 T	0.26	-2.71	1.27
109	ST L30 306	PASS	AISC- H2-1	0.017	6
		17.00 T	0.24	-2.57	1.22
110	ST L30 306	PASS	AISC- H2-1	0.017	6
		16.94 T	-0.24	-2.57	1.22
111	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.026	6
		191.07 T	-0.14	-1.83	1.17
112	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.026	6
		191.20 T	0.14	-1.83	1.17
113	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.016	6
		42.21 T	0.13	-1.65	1.13

TORREHH-TIA

-- PAGE NO. 11

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
114	ST L30 304	PASS 42.17 T	AISC- H2-1 -0.13	0.016 -1.65	6 1.13
115	ST L30 304	PASS 118.08 T	AISC- H2-1 -0.12	0.019 -1.55	6 1.08
116	ST L30 304	PASS 118.11 T	AISC- H2-1 0.12	0.019 -1.55	6 1.08
117	ST L30 304	PASS 54.84 T	AISC- H2-1 0.13	0.014 -1.42	6 0.89
118	ST L30 304	PASS 54.76 T	AISC- H2-1 -0.13	0.014 -1.42	6 0.89
119	ST L30 304	PASS 121.64 T	AISC- H2-1 -0.12	0.017 -1.30	6 0.85
120	ST L30 304	PASS 121.70 T	AISC- H2-1 0.12	0.017 -1.30	6 0.85
121	ST L30 304	PASS 63.16 T	AISC- H2-1 0.11	0.013 -1.30	6 0.81
122	ST L30 304	PASS 63.10 T	AISC- H2-1 -0.11	0.013 -1.30	6 0.81
123	ST L30 304	PASS 259.74 T	AISC- H2-1 -0.10	0.029 -1.54	6 0.64
124	ST L30 304	PASS 259.81 T	AISC- H2-1 0.10	0.029 -1.54	6 0.64
125	ST L30 304	PASS 71.28 T	AISC- H2-1 0.09	0.014 -1.28	6 0.61
126	ST L30 304	PASS 71.22 T	AISC- H2-1 -0.09	0.014 -1.28	6 0.61
127	ST L30 304	PASS 190.41 T	AISC- H2-1 -0.08	0.021 -1.18	6 0.58
128	ST L30 304	PASS 190.46 T	AISC- H2-1 0.08	0.021 -1.18	6 0.58
129	ST L25 253	PASS 4.80 T	AISC- H2-1 0.04	0.023 -1.28	6 0.22
130	ST L25 253	PASS 4.74 T	AISC- H2-1 -0.04	0.023 -1.28	6 0.22
131	ST L25 253	PASS 375.86 T	AISC- H2-1 -0.04	0.045 -0.18	6 0.85
132	ST L25 253	PASS 375.92 T	AISC- H2-1 0.04	0.045 -0.18	6 0.85
133	ST L25 253	PASS 1112.47 T	AISC- H2-1 0.04	0.129 -0.31	6 0.60
134	ST L25 253	PASS 1112.44 T	AISC- H2-1 -0.04	0.129 -0.31	6 0.60
135	ST L20 202	PASS 82.02 T	AISC- H2-1 0.00	0.035 -0.57	6 0.21
136	ST L20 202	PASS 82.04 T	AISC- H2-1 0.00	0.035 -0.57	6 0.21

TORREHH-TIA

-- PAGE NO. 12

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
137	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.029	6
		133.76 T	0.00	-0.02	1.04
138	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.029	6
		133.75 T	0.00	-0.02	1.04
139	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.058	6
		220.47 T	0.00	-0.37	0.42
140	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.058	6
		220.48 T	0.00	-0.37	0.42
141	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.048	6
		31.50 C	0.00	0.25	0.00
142	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.048	6
		31.51 C	0.00	0.25	0.00
143	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.048	6
		161.60 T	0.00	-0.11	0.73
144	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.048	6
		161.61 T	0.00	-0.11	0.73
145	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.017	6
		7.31 C	0.00	0.18	0.00
146	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.017	6
		7.31 C	0.00	0.18	0.00
147	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.404	6
		13096.42 C	0.00	49.14	2.00
148	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.582	6
		40944.34 C	0.00	110.46	0.00
149	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.587	6
		64608.09 C	0.00	243.27	2.00
150	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.808	6
		84925.19 C	0.00	398.96	2.00
151	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.616	6
		102133.92 C	0.00	520.55	0.00
152	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.832	6
		117485.06 C	0.00	570.64	0.00
153	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.671	6
		22568.48 C	0.00	49.14	0.00
154	ST PIP E	FAIL	AISC- H1-1	1.028	6
		32844.80 C	0.00	110.46	2.00
155	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.695	6
		49379.42 C	0.00	108.97	2.00
156	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.801	6
		56820.96 C	0.00	125.87	2.00
157	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.649	6
		71720.06 C	0.00	243.27	0.00
158	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.714	6
		78656.12 C	0.00	286.43	2.00
159	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.862	6
		90878.59 C	0.00	398.96	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
160	ST PIP E	PASS 96606.38 C	AISC- H1-1 0.00	0.927 520.55	6 2.00
161	ST PIP E	PASS 107521.68 C	AISC- H1-1 0.00	0.635 353.57	6 0.00
162	ST PIP E	PASS 112765.45 C	AISC- H1-1 0.00	0.680 570.64	6 2.00
163	ST PIP E	PASS 122414.06 C	AISC- H1-1 0.00	0.863 541.98	6 0.00
164	ST PIP E	PASS 126992.77 C	AISC- H1-1 0.00	0.891 505.53	6 0.00
165	ST L30 308	PASS 3622.17 C	AISC- H1-1 -0.11	0.660 -5.37	6 1.09
166	ST L30 308	PASS 2742.95 T	AISC- H2-1 0.35	0.114 -3.86	6 0.84
167	ST L30 308	PASS 2966.54 C	AISC- H1-1 -0.45	0.471 -5.02	6 1.02
168	ST L40 306	PASS 2607.47 T	AISC- H2-1 0.25	0.137 -2.53	6 0.79
169	ST L30 306	PASS 2901.40 C	AISC- H1-1 -0.26	0.508 -3.30	6 0.95
170	ST L30 306	PASS 2817.27 T	AISC- H2-1 0.26	0.145 -2.08	6 0.73
171	ST L30 304	PASS 2925.23 C	AISC- H1-1 -0.01	0.640 -2.30	6 1.06
172	ST L30 304	PASS 2783.92 T	AISC- H2-1 0.11	0.205 -1.03	6 0.68
173	ST L30 304	PASS 2951.78 C	AISC- H1-1 -0.12	0.551 -2.19	6 0.98
174	ST L40 304	PASS 2820.92 T	AISC- H2-1 0.12	0.206 -0.80	6 0.63
175	ST L30 304	PASS 3146.11 C	AISC- H1-1 -0.14	0.501 -1.96	6 0.90
176	ST L30 304	PASS 3010.27 T	AISC- H2-1 0.14	0.217 -0.56	6 0.43
177	ST L30 304	PASS 3208.79 C	AISC- H1-1 0.27	0.457 -2.33	6 1.11
178	ST L30 304	PASS 2887.88 T	AISC- H2-1 0.08	0.207 -0.28	6 0.40
179	ST L30 304	PASS 3293.41 C	AISC- H1-1 -0.45	0.426 -2.33	6 1.15
180	ST L25 253	PASS 3162.73 T	AISC- H2-1 1.95	0.357 1.79	6 1.34
181	ST L25 253	PASS 3780.78 C	AISC- H1-1 -3.40	0.979 -2.06	6 1.41
182	ST L25 253	PASS 1201.99 T	AISC- H2-1 1.08	0.136 1.86	6 1.35

TORREHH-TIA

-- PAGE NO. 14

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
183	ST L30 308	PASS 2703.78 T	AISC- H2-1 0.66	0.113 -4.05	6 0.87
184	ST L30 308	PASS 2775.89 C	AISC- H1-1 -0.43	0.473 -5.27	6 1.05
185	ST L30 308	PASS 2646.20 T	AISC- H2-1 0.28	0.109 -3.55	6 0.81
186	ST L30 306	PASS 2781.84 C	AISC- H1-1 -0.28	0.524 -3.49	6 0.98
187	ST L30 306	PASS 2682.78 T	AISC- H2-1 0.22	0.140 -2.31	6 0.76
188	ST L30 306	PASS 2947.52 C	AISC- H1-1 -0.17	0.478 -3.10	6 0.91
189	ST L30 304	PASS 2618.43 T	AISC- H2-1 0.25	0.193 -1.13	6 0.71
190	ST L30 304	PASS 2923.33 C	AISC- H1-1 -0.17	0.592 -2.29	6 1.02
191	ST L30 304	PASS 2728.35 T	AISC- H2-1 0.13	0.200 -0.90	6 0.65
192	ST L30 304	PASS 2981.31 C	AISC- H1-1 -0.11	0.512 -2.04	6 0.94
193	ST L30 304	PASS 2907.01 T	AISC- H2-1 0.08	0.211 -0.70	6 0.60
194	ST L30 304	PASS 3143.13 C	AISC- H1-1 0.04	0.466 -1.82	6 0.87
195	ST L30 304	PASS 2776.21 T	AISC- H2-1 0.21	0.199 -0.33	6 0.42
196	ST L30 304	PASS 2932.36 C	AISC- H1-1 -0.04	0.397 -2.29	6 1.06
197	ST L30 304	PASS 2781.90 T	AISC- H2-1 -0.07	0.199 -0.30	6 0.38
198	ST L25 253	PASS 2927.61 C	AISC- H1-1 1.43	0.731 -1.24	6 1.10
199	ST L25 253	PASS 2836.34 T	AISC- H2-1 -1.37	0.324 -0.34	6 0.59
200	ST L25 253	PASS 3327.22 C	AISC- H1-1 0.41	0.700 -0.39	6 0.68
201	ST L25 253	PASS 367.86 C	AISC- H1-3 0.00	0.104 -0.96	6 0.75
202	ST PIP E	PASS 86.83 C	AISC- H1-3 0.00	0.018 0.58	6 2.00
203	ST PIP E	PASS 2744.35 C	AISC- H1-1 0.00	0.260 6.67	6 2.00
204	ST PIP E	PASS 5422.63 C	AISC- H1-1 0.00	0.496 6.67	6 0.00
205	ST PIP E	PASS 9078.06 C	AISC- H1-1 0.00	0.847 10.02	6 2.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
206	ST PIP E	PASS 418.83 C	AISC- H1-3 0.00	0.076 1.54	6 2.00
207	ST PIP E	PASS 1532.93 C	AISC- H1-1 0.00	0.255 1.73	6 2.00
208	ST L20 202	PASS 1292.98 C	AISC- H1-1 0.92	0.673 -0.44	6 1.04
209	ST L20 202	PASS 937.65 T	AISC- H2-1 -0.68	0.202 -0.14	6 0.52
210	ST L20 202	PASS 677.54 C	AISC- H1-1 1.17	0.353 0.22	6 1.25
211	ST UA40X40X3	PASS 343.71 T	AISC- H2-1 -0.16	0.097 -0.10	6 0.52
212	ST UA40X40X3	PASS 342.38 C	AISC- H1-1 0.13	0.382 0.18	6 1.25
213	ST UA40X40X3	PASS 44.08 T	AISC- H2-1 0.00	0.016 -0.09	6 0.42
214	ST L20 202	PASS 1125.06 T	AISC- H2-1 1.10	0.237 0.85	6 1.25
215	ST L20 202	PASS 1138.86 C	AISC- H1-1 -1.62	0.618 -0.57	6 1.25
216	ST L20 202	PASS 366.10 T	AISC- H2-1 0.19	0.078 -0.02	6 0.21
217	ST UA40X40X3	PASS 377.06 C	AISC- H1-1 -0.23	0.423 -0.16	6 0.73
218	ST UA40X40X3	PASS 96.78 T	AISC- H2-1 0.04	0.030 -0.08	6 0.42
219	ST UA40X40X3	PASS 100.17 C	AISC- H1-3 -0.01	0.117 0.17	6 1.25
220	ST UA40X40X3	PASS 28.01 C	AISC- H1-3 0.00	0.067 -0.41	6 0.75
221	ST L30 308	PASS 3536.53 C	AISC- H1-1 -0.12	0.586 -4.51	6 1.46
222	ST L30 308	PASS 2789.98 T	AISC- H2-1 0.67	0.114 -3.30	6 1.67
223	ST L30 308	PASS 2822.90 T	AISC- H2-1 0.36	0.114 -3.07	6 1.62
224	ST L30 308	PASS 2696.40 C	AISC- H1-1 -0.44	0.418 -4.37	6 1.41
225	ST L30 308	PASS 2892.36 C	AISC- H1-1 -0.46	0.417 -4.13	6 1.36
226	ST L30 308	PASS 2720.69 T	AISC- H2-1 0.29	0.110 -2.78	6 1.56
227	ST L30 306	PASS 2660.84 T	AISC- H2-1 0.25	0.137 -1.99	6 1.50
228	ST L30 306	PASS 2728.76 C	AISC- H1-1 -0.29	0.466 -2.88	6 1.32

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
229	ST L30 306	PASS 2851.98 C	AISC- H1-1 -0.26	0.450 -2.68	6 1.27
230	ST L30 306	PASS 2732.36 T	AISC- H2-1 0.23	0.140 -1.77	6 1.45
231	ST L30 306	PASS 2863.29 T	AISC- H2-1 0.27	0.145 -1.53	6 1.39
232	ST L30 306	PASS 2901.47 C	AISC- H1-1 -0.18	0.422 -2.47	6 1.22
233	ST L30 304	PASS 2896.11 C	AISC- H1-1 -0.02	0.561 -1.69	6 1.17
234	ST L30 304	PASS 2647.74 T	AISC- H2-1 0.19	0.192 -0.67	6 1.51
235	ST L30 304	PASS 2810.68 T	AISC- H2-1 0.09	0.203 -0.57	6 1.45
236	ST L30 304	PASS 2896.45 C	AISC- H1-1 -0.15	0.516 -1.63	6 1.13
237	ST L30 304	PASS 2926.86 C	AISC- H1-1 -0.11	0.479 -1.52	6 1.08
238	ST L30 304	PASS 2752.97 T	AISC- H2-1 0.10	0.198 -0.45	6 1.39
239	ST L30 304	PASS 2852.80 T	AISC- H2-1 0.10	0.205 -0.38	6 1.33
240	ST L30 304	PASS 2958.27 C	AISC- H1-1 -0.10	0.448 -1.39	6 1.03
241	ST L30 304	PASS 3125.31 C	AISC- H1-1 -0.15	0.443 -1.30	6 0.85
242	ST L30 304	PASS 2927.58 T	AISC- H2-1 0.07	0.210 -0.29	6 1.27
243	ST L30 304	PASS 3029.99 T	AISC- H2-1 0.10	0.216 -0.20	6 1.35
244	ST L30 304	PASS 3123.68 C	AISC- H1-1 0.03	0.415 -1.15	6 0.81
245	ST L30 304	PASS 3190.98 C	AISC- H1-1 0.18	0.405 -1.33	6 0.77
246	ST L30 304	PASS 2793.89 T	AISC- H2-1 0.07	0.198 -0.01	6 1.42
247	ST L30 304	PASS 2904.35 T	AISC- H2-1 0.00	0.206 0.00	6 1.47
248	ST L30 304	PASS 2915.91 C	AISC- H1-1 -0.06	0.352 -1.20	6 0.74
249	ST L30 304	PASS 3280.14 C	AISC- H1-1 -0.43	0.382 -1.37	6 0.47
250	ST L30 304	PASS 2795.71 T	AISC- H2-1 -0.02	0.198 -0.01	6 1.29
251	ST L25 253	PASS 3168.97 T	AISC- H2-1 0.00	0.357 0.00	6 1.33

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
252	ST L25 253	PASS 2919.23 C	AISC- H1-1 1.85	0.611 0.29	6 0.00
253	ST L25 253	PASS 3777.02 C	AISC- H1-1 -3.41	0.818 -1.66	6 0.00
254	ST L25 253	PASS 2841.08 T	AISC- H2-1 -0.82	0.322 -0.12	6 0.95
255	ST L25 253	PASS 1206.48 T	AISC- H2-1 0.09	0.136 0.00	6 1.10
256	ST L25 253	PASS 3319.39 C	AISC- H1-1 0.56	0.625 -0.50	6 0.40
257	ST L20 202	PASS 1289.20 C	AISC- H1-1 0.74	0.643 -0.18	6 0.42
258	ST L20 202	PASS 1127.13 T	AISC- H2-1 0.00	0.238 0.00	6 1.25
259	ST L20 202	PASS 940.08 T	AISC- H2-1 -0.54	0.200 -0.07	6 0.83
260	ST L20 202	PASS 1137.16 C	AISC- H1-1 -1.62	0.600 -0.36	6 0.00
261	ST L20 202	PASS 675.59 C	AISC- H1-1 1.17	0.354 0.26	6 0.00
262	ST L20 202	PASS 370.31 T	AISC- H2-1 0.19	0.079 -0.01	6 1.04
263	ST UA40X40X3	PASS 346.31 T	AISC- H2-1 -0.13	0.097 -0.08	6 0.83
264	ST UA40X40X3	PASS 374.75 C	AISC- H1-1 -0.23	0.418 -0.13	6 0.52
265	ST UA40X40X3	PASS 341.30 C	AISC- H1-1 0.13	0.379 0.15	6 0.00
266	ST UA40X40X3	PASS 99.71 T	AISC- H2-1 0.04	0.031 -0.09	6 0.83
267	ST UA40X40X3	PASS 46.91 T	AISC- H2-1 -0.01	0.017 -0.09	6 0.73
268	ST UA40X40X3	PASS 99.14 C	AISC- H1-3 -0.01	0.115 0.16	6 0.00
269	ST L30 308	PASS 2703.59 T	AISC- H2-1 -0.66	0.113 -4.05	6 0.87
270	ST L30 308	PASS 2776.11 C	AISC- H1-1 0.43	0.473 -5.27	6 1.05
271	ST L30 308	PASS 2646.79 T	AISC- H2-1 -0.29	0.109 -3.55	6 0.81
272	ST L30 306	PASS 2781.50 C	AISC- H1-1 0.28	0.524 -3.49	6 0.98
273	ST L30 306	PASS 2682.65 T	AISC- H2-1 -0.23	0.140 -2.31	6 0.76
274	ST L30 306	PASS 2947.63 C	AISC- H1-1 0.17	0.478 -3.10	6 0.91

TORREHH-TIA

-- PAGE NO. 18

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
275	ST L30 304	PASS 2618.46 T	AISC- H2-1 -0.25	0.193 -1.13	6 0.71
276	ST L30 304	PASS 2923.34 C	AISC- H1-1 0.17	0.592 -2.29	6 1.02
277	ST L30 304	PASS 2728.47 T	AISC- H2-1 -0.13	0.200 -0.90	6 0.65
278	ST L30 304	PASS 2981.18 C	AISC- H1-1 0.10	0.512 -2.04	6 0.94
279	ST L30 304	PASS 2906.99 T	AISC- H2-1 -0.08	0.211 -0.70	6 0.60
280	ST L30 304	PASS 3143.07 C	AISC- H1-1 -0.04	0.466 -1.82	6 0.87
281	ST L30 304	PASS 2776.18 T	AISC- H2-1 -0.21	0.199 -0.33	6 0.42
282	ST L30 304	PASS 2932.48 C	AISC- H1-1 0.04	0.397 -2.29	6 1.06
283	ST L30 304	PASS 2782.07 T	AISC- H2-1 0.07	0.199 -0.30	6 0.38
284	ST L25 253	PASS 2927.60 C	AISC- H1-1 -1.43	0.731 -1.24	6 1.10
285	ST L25 253	PASS 2836.40 T	AISC- H2-1 1.37	0.324 -0.34	6 0.59
286	ST L25 253	PASS 3327.18 C	AISC- H1-1 -0.41	0.700 -0.39	6 0.68
287	ST L30 308	PASS 3622.34 C	AISC- H1-1 0.12	0.660 -5.37	6 1.09
288	ST L30 308	PASS 2742.98 T	AISC- H2-1 -0.35	0.114 -3.86	6 0.84
289	ST L30 308	PASS 2966.25 C	AISC- H1-1 0.45	0.471 -5.02	6 1.02
290	ST L30 306	PASS 2607.13 T	AISC- H2-1 -0.24	0.137 -2.53	6 0.79
291	ST L30 306	PASS 2901.82 C	AISC- H1-1 0.26	0.508 -3.30	6 0.95
292	ST L30 306	PASS 2817.61 T	AISC- H2-1 -0.26	0.145 -2.08	6 0.73
293	ST L30 304	PASS 2924.98 C	AISC- H1-1 0.01	0.640 -2.30	6 1.06
294	ST L30 304	PASS 2783.90 T	AISC- H2-1 -0.11	0.205 -1.03	6 0.68
295	ST L30 304	PASS 2951.78 C	AISC- H1-1 0.13	0.551 -2.19	6 0.98
296	ST L30 304	PASS 2829.65 T	AISC- H2-1 -0.12	0.206 -0.80	6 0.63
297	ST L30 304	PASS 3146.29 C	AISC- H1-1 0.14	0.501 -1.96	6 0.90

TORREHH-TIA

-- PAGE NO. 19

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
298	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.217	6
		3010.50 T	-0.14	-0.56	0.43
299	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.457	6
		3208.69 C	-0.27	-2.33	1.11
300	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.207	6
		2887.85 T	-0.08	-0.28	0.40
301	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.426	6
		3293.41 C	0.45	-2.33	1.15
302	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.357	6
		3162.74 T	-1.95	1.79	1.34
303	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.979	6
		3780.78 C	3.40	-2.06	1.41
304	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.136	6
		1202.04 T	-1.09	1.86	1.35
305	ST L25 253	PASS	AISC- H1-3	0.104	6
		367.92 C	0.00	-0.96	0.75
306	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.237	6
		1125.14 T	-1.11	0.85	1.25
307	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.618	6
		1138.86 C	1.63	-0.57	1.25
308	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.078	6
		366.11 T	-0.19	-0.02	0.21
309	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.423	6
		377.05 C	0.23	-0.16	0.73
310	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.030	6
		96.78 T	-0.04	-0.08	0.42
311	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.117	6
		100.17 C	0.01	0.17	1.25
312	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.673	6
		1293.00 C	-0.92	-0.44	1.04
313	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.202	6
		937.67 T	0.68	-0.14	0.52
314	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.353	6
		677.95 C	-1.16	0.22	1.25
315	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.097	6
		343.72 T	0.16	-0.10	0.52
316	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.382	6
		342.39 C	-0.12	0.18	1.25
317	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.016	6
		44.09 T	0.00	-0.09	0.42
318	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.067	6
		28.02 C	0.00	-0.41	0.75
319	ST L30 308	PASS	AISC- H2-1	0.114	6
		2789.72 T	-0.67	-3.30	1.67
320	ST L30 308	PASS	AISC- H1-1	0.586	6
		3536.78 C	0.12	-4.51	1.46

TORREHH-TIA

-- PAGE NO. 20

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
321	ST L30 308	PASS 2696.68 C	AISC- H1-1 0.44	0.419 -4.37	6 1.41
322	ST L30 308	PASS 2822.86 T	AISC- H2-1 -0.36	0.114 -3.07	6 1.62
323	ST L30 308	PASS 2721.22 T	AISC- H2-1 -0.29	0.110 -2.78	6 1.56
324	ST L30 308	PASS 2892.12 C	AISC- H1-1 0.46	0.417 -4.13	6 1.36
325	ST L30 306	PASS 2728.49 C	AISC- H1-1 0.28	0.466 -2.88	6 1.32
326	ST L30 306	PASS 2660.44 T	AISC- H2-1 -0.25	0.137 -1.99	6 1.50
327	ST L30 306	PASS 2732.17 T	AISC- H2-1 -0.23	0.140 -1.77	6 1.45
328	ST L30 306	PASS 2852.46 C	AISC- H1-1 0.26	0.450 -2.68	6 1.27
329	ST L30 306	PASS 2901.64 C	AISC- H1-1 0.18	0.422 -2.47	6 1.22
330	ST L30 306	PASS 2863.57 T	AISC- H2-1 -0.27	0.145 -1.53	6 1.39
331	ST L30 304	PASS 2647.72 T	AISC- H2-1 -0.19	0.192 -0.67	6 1.51
332	ST L30 304	PASS 2895.92 C	AISC- H1-1 0.02	0.561 -1.69	6 1.17
333	ST L30 304	PASS 2896.52 C	AISC- H1-1 0.15	0.516 -1.63	6 1.13
334	ST L30 304	PASS 2810.60 T	AISC- H2-1 -0.09	0.203 -0.57	6 1.45
335	ST L30 304	PASS 2753.03 T	AISC- H2-1 -0.10	0.198 -0.45	6 1.39
336	ST L30 304	PASS 2926.91 C	AISC- H1-1 0.12	0.479 -1.52	6 1.08
337	ST L30 304	PASS 2958.19 C	AISC- H1-1 0.10	0.448 -1.39	6 1.03
338	ST L30 304	PASS 2852.18 T	AISC- H2-1 -0.10	0.205 -0.38	6 1.33
339	ST L30 304	PASS 2927.51 T	AISC- H2-1 -0.07	0.210 -0.29	6 1.27
340	ST L30 304	PASS 3125.53 C	AISC- H1-1 0.16	0.443 -1.30	6 0.85
341	ST L30 304	PASS 3123.67 C	AISC- H1-1 -0.02	0.415 -1.15	6 0.81
342	ST L30 304	PASS 3030.17 T	AISC- H2-1 -0.10	0.216 -0.20	6 1.35
343	ST L30 304	PASS 2793.82 T	AISC- H2-1 -0.07	0.198 -0.01	6 1.42

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
344	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.405	6
		3190.92 C	-0.18	-1.33	0.77
345	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.352	6
		2916.07 C	0.06	-1.20	0.74
346	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.206	6
		2904.28 T	0.00	0.00	1.47
347	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.199	6
		2795.85 T	0.02	-0.01	1.29
348	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.382	6
		3280.16 C	0.43	-1.37	0.47
349	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.611	6
		2919.26 C	-1.85	0.29	0.00
350	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.357	6
		3168.95 T	0.00	0.00	1.33
351	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.322	6
		2841.11 T	0.82	-0.12	0.95
352	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.818	6
		3777.04 C	3.42	-1.66	0.00
353	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.625	6
		3319.36 C	-0.55	-0.50	0.40
354	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.136	6
		1206.41 T	-0.09	0.00	1.10
355	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.238	6
		1127.21 T	0.00	0.00	1.25
356	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.643	6
		1289.21 C	-0.74	-0.18	0.42
357	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.600	6
		1137.16 C	1.63	-0.36	0.00
358	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.200	6
		940.10 T	0.54	-0.07	0.83
359	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.079	6
		370.41 T	-0.19	-0.01	1.04
360	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.354	6
		675.60 C	-1.16	0.26	0.00
361	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.418	6
		374.75 C	0.23	-0.13	0.52
362	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.097	6
		346.32 T	0.13	-0.08	0.83
363	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.031	6
		99.71 T	-0.04	-0.09	0.83
364	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.379	6
		341.30 C	-0.12	0.15	0.00
365	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.115	6
		99.13 C	0.01	0.16	0.00
366	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.017	6
		46.92 T	0.01	-0.09	0.73

TORREHH-TIA

-- PAGE NO. 22

222. STEEL TAKE OFF

STEEL TAKE-OFF

```

-----
PROFILE                LENGTH (METS)    WEIGHT (KG )

ST PIP E                18.03            401.508
ST PIP E                18.03            765.608
ST PIP E                18.03            1162.771
ST PIP E                18.03            1087.506
ST PIP E                18.03            1729.414
ST PIP E                18.03            1437.308
ST L30 308              89.06            1237.789
ST L30 306              80.11            853.859
ST L30 304              189.72           1378.740
ST L25 253              52.68            240.964
ST PIP E                18.00            97.668
ST PIP E                18.00            155.063
ST L20 202              45.00            110.072
ST UA40X40X3           49.50            95.775
PRISMATIC              0.00              0.000
-----
TOTAL =                  10754.045

```

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

223. FINISH

***** END OF THE STAAD.Pro RUN *****

**** DATE= JAN 27,2002 TIME= 15:22:10 ****

```

*****
*   For questions on STAAD.Pro, please contact :   *
*   By Email - North America : supportareiusa.com   *
*   By Email - International : supportareiworld.com  *
*   Tel. (USA) : 714-974-2500 ; Fax (USA) : 714-974-4771 *
*****

```

III.1.1.6 Cálculo de placas y bridas.

Lás fórmulas y procedimientos para el cálculo de las bridas se muestran en el capítulo anterior, por esto aquí presentamos una hoja de cálculo mediante cual determinas las bridas para la torre HH así como una breve descripción de cada una.

En la tabla III.1.1.5.1 podemos apreciar como se elige la geometría de las bridas con base en el número de pernos que se obtuvieron en los cálculos previos.

TABLA III.1.1.5.1

SECCIÓN	FUERZA EN CADA PIERNA Fp (Kg)	PERNOS UTILIZADOS (in)	NÚMERO DE PERNOS	FUERZA PERMISIBLE (Kg)	EVALUACIÓN	GEOMETRÍA DE BRIDA
III-1	1264	1.2	4	11253.7	OK	CUADRADA
III-2	5815	1.2	4	11253.7	OK	CUADRADA
III-3	21923	3/4	4	26475.7	OK	CUADRADA
III-4	36575	3/4	6	39713.6	OK	CIRCULAR
III-5	48914	7/8	6	54917.1	OK	CIRCULAR
III-6	59046	1	6	72055.7	OK	CIRCULAR
III-7	65491	1	6	72055.7	OK	CIRCULAR
III-8	70788	1 1/8	6	79491.4	OK	CIRCULAR

A continuación podemos apreciar los parámetros necesarios para la realización del cálculo de la geometría final y el espesor de las bridas en la tabla III.1.1.5.2

TABLA III.1.1.5.2

SECCION	LADO	DIAMETRO DE SECCIÓN (mm)	DIAMETRO DE PERFORACIÓN (mm)	BARRENO (mm)	DISTANCIA DESPUES DEL BARRENO (mm)	ACTUALIZACIÓN DE CALCULO (mm)	RONDANA PLANA (mm)	CIRCULO DE PERNOS (mm)	CIRCULO DE PERNOS CORREGIDO (mm)	BRIDA (mm)	ESPESOR (in)
HH-1	SUP	60.3	63	15	22.5	25	27	78	82	132	1/2
HH-1	INF	73	76	15	22.5	25	27	87	91	176	1/2
HH-2	SUP	73	76	15	22.5	25	27	123	126	176	1/2
HH-2	INF	114.3	117	15	22.5	25	27	164	167	217	1/2
HH-3	SUP	114.3	117	15	22.5	25	27	164	167	217	1/2
HH-3	INF	168.3	171	22	33	35	37	228	232	302	3/4
HH-4	SUP	168.3	171	22	33	35	37	228	232	302	3/4
HH-4	INF	219.1	222	22	33	35	37	279	283	353	3/4
HH-5	SUP	219.1	222	22	33	35	37	279	283	353	3/4
HH-5	INF	273.05	276	25	37.5	40	44	340	344	424	7/8
HH-6	SUP	273.05	276	25	37.5	40	44	340	344	424	7/8
HH-6	INF	273.05	276	28	42	45	51	347	350	440	1
HH-7	SUP	273.05	276	28	42	45	51	347	350	440	1
HH-7	INF	323.85	326	28	42	45	51	397	400	490	1
HH-8	SUP	323.85	326	28	42	45	51	397	400	490	1
HH-8	INF	323.85	326	31	46.5	50	57	403	407	507	1

III.1.1.6 Cálculo de placas y bridas.

Lás fórmulas y procedimientos para el cálculo de las bridas se muestran en el capítulo anterior, por esto aquí presentamos una hoja de cálculo mediante cual determinas las bridas para la torre HH así como una breve descripción de cada una.

En la tabla III.1.1.5.1 podemos apreciar como se elige la geometría de las bridas con base en el número de pernos que se obtuvieron en los cálculos previos.

TABLA III.1.1.5.1

SECCIÓN	FUERZA EN CADA PIERNA Fp (Kg)	PERNOS UTILIZADOS (in)	NÚMERO DE PERNOS	FUERZA PERMISIBLE (Kg)	EVALUACIÓN	GEOMETRÍA DE BRIDA
HH-1	1264	1/2	4	11253.7	OK	CUADRADA
HH-2	5815	1/2	4	11253.7	OK	CUADRADA
HH-3	21923	3/4	4	26475.7	OK	CUADRADA
HH-4	36575	3/4	6	39713.6	OK	CIRCULAR
HH-5	48914	7/8	6	54917.1	OK	CIRCULAR
HH-6	59046	1	6	72055.7	OK	CIRCULAR
HH-7	65491	1	6	72055.7	OK	CIRCULAR
HH-8	70788	1 1/8	6	79491.4	OK	CIRCULAR

A continuación podemos apreciar los parámetros necesarios para la realización del cálculo de la geometría final y el espesor de las bridas en la tabla III.1.1.5.2

TABLA III.1.1.5.2

SECCIÓN	LADO	DIAMETRO DE SECCIÓN (mm)	DIAMETRO DE PERFORACIÓN (mm)	BARRENO (mm)	DISTANCIA DESPUES DEL BARRENO (mm)	ACTUALIZACIÓN DE CALCULO (mm)	RONDANA PLANA (mm)	CIRCULO DE PERNOS (mm)	CIRCULO DE PERNOS CORREGIDO (mm)	BRIDA (mm)	ESPESOR (in)
HH-1	SUP	60.3	63	15	22.5	25	27	78	82	132	1/2
HH-1	INF	73	76	15	22.5	25	27	87	91	176	1/2
HH-2	SUP	73	76	15	22.5	25	27	123	126	176	1/2
HH-2	INF	114.3	117	15	22.5	25	27	164	167	217	1/2
HH-3	SUP	114.3	117	15	22.5	25	27	164	167	217	1/2
HH-3	INF	168.3	171	22	33	35	37	228	232	302	3/4
HH-4	SUP	168.3	171	22	33	35	37	228	232	302	3/4
HH-4	INF	219.1	222	22	33	35	37	279	283	353	3/4
HH-5	SUP	219.1	222	22	33	35	37	279	283	353	3/4
HH-5	INF	273.05	276	25	37.5	40	44	340	344	424	7/8
HH-6	SUP	273.05	276	25	37.5	40	44	340	344	424	7/8
HH-6	INF	273.05	276	28	42	45	51	347	350	440	1
HH-7	SUP	273.05	276	28	42	45	51	347	350	440	1
HH-7	INF	323.85	326	28	42	45	51	397	400	490	1
HH-8	SUP	323.85	326	28	42	45	51	397	400	490	1
HH-8	INF	323.85	326	31	46.5	50	57	403	407	507	1

Por ultimo se presenta un resumen de las bridas obtenidas para esta torre en la tabla III.1.1.5.3 así como en la tabla III.1.1.5.4 los pesos de las placas debidos a sus espesores.

TABLA III.1.1.5.3

SECCIÓN	DISTANCIA CRÍTICA (cm)	VALOR w (Kg/cm)	MOMENTO (Kg*cm)	ESPESOR t (mm)	ESPESOR t (in)	ESPESOR Corregido (in)	EFICIENCIA %
III-1	46	6.9	1211	3.3591	3/16	1/2	26.4
III-2	84	17.3	10176	7.2056	1/4	1/2	56.7
III-3	116	47.0	53209	13.9908	1/2	3/4	73.4
III-4	123	49.7	62324	14.7550	9/16	3/4	77.5
III-5	149	54.7	101293	17.0633	5/8	7/8	76.8
III-6	152	64.9	124407	18.7475	11/16	1	73.8
III-7	173	63.0	157677	19.7440	3/4	1	77.7
III-8	176	66.9	173411	20.5270	3/4	1	80.8

TABLA III.1.1.5.4 DE ESPESORES Y PESOS DE PLACAS

Espesor nominal de la placa	Espesor nominal de la placa	Peso
mm	in	Kg*m2
4.8	3/16	37.35
6.4	1/4	49.8
7.9	5/16	62.25
8.5	3/8	74.7
11.1	7/16	87.15
12.7	1/2	99.61
14.3	9/16	112.06
15.9	5/8	124.51
17.5	11/16	136.96
19.1	3/4	149.41
20.6	13/16	161.85
22.2	7/8	174.31
23.8	15/16	186.75
25.4	1	199.21

III.1.2 Mediante manual de C.F.E.

III.1.2.1 Método general para cálculo de fuerza de viento.

A) Criterios para diseño de la estructura

El procedimiento que se utiliza para determinar las velocidades de diseño por viento, son los requisitos generales aplicables al diseño de estructuras sometidas a la acción del viento y se consideran como mínimos indispensables. El procedimiento y lineamientos que se siguen son los que se especifican en el MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES (C.F.E.)

Asimismo se usan las ecuaciones y constantes que en este se indican.

B) Descripción de la estructura

La estructura es una torre de acero tipo autosoportada de forma triangular que se encuentra formada a base de largueros tubulares y celosía de ángulo.

La altura total de la torre es de : 48.00 mts.

La geometría general de la torre se muestra en la siguiente figura.

La función que desempeñará la estructura será el servir como torre de telecomunicaciones.

C) Clasificación de la estructura según su importancia

Por tratarse de una estructura cuyo funcionamiento es imprescindible y debe continuar después de la ocurrencia de vientos fuertes tales como los provocados por huracanes, asimismo cuya falla ocasionaría problemas en la transmisión de datos o señales para el funcionamiento de otro grupo de estructuras como la operación de plantas termoeléctricas, hidroeléctricas, nucleares, centrales telefónicas, e inmuebles de telecomunicaciones. Bajo estas condiciones se considera a la estructura dentro del GRUPO A (Ver II.1.2.3).

D) Clasificación de la estructura según su respuesta ante la acción del viento

Por tratarse de una estructura cuyas dimensiones reducidas de su sección transversal son especialmente sensibles a las ráfagas de corta duración, y cuyos periodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes en la dirección del viento, y además presenta una dimensión muy corta paralela a la dirección del viento. Se considera a la estructura TIPO 2 (Ver II.1.2.4).

E) Determinación de la velocidad de diseño, Vd

La velocidad de diseño Vd, es la velocidad a partir de la cual se calculan los efectos del viento sobre la estructura o sobre una componente de la misma.

La velocidad de diseño, en Km/hr se obtendrá de acuerdo con la ecuación:

$$V_d = F_t F_\alpha V_r$$

donde :

Ft = factor que depende de la topografía del sitio (tabla II.1.2.5), que para este caso considerándose el sitio como normal el valor es 1.

$F\alpha$ = factor que toma en cuenta el efecto combinado de las características de exposición locales, del tamaño de la construcción y de la variación de la velocidad con la altura (adimensional).

V_r = Velocidad regional que corresponde al sitio en donde se instalará la estructura, (Km/hr) para el caso en cuestión utilizamos una velocidad proporcional a 100MPH por tanto:

$$V_r = 160.93 \text{ KPH}$$

El factor de exposición se determina con la siguiente expresión:

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

donde:

F_c = factor que determina la influencia del tamaño de la construcción, (Tabla II.1.2.3), debido a que la estructura es clase B, el valor es 1.

F_{rz} = este factor varía dependiendo de la altura en donde nos encontremos realizando el análisis, para el caso de las secciones HH-1 hasta HH-6 la fórmula utilizada para calcular será:

$$F_{rz} = 1.56 \cdot \left[\frac{Z}{\delta} \right]^{\alpha} \quad \text{si } 10 < Z \leq \delta$$

en donde $\alpha = 0.128$ y $\delta = 315$ obtenidos de la tabla II.1.2.4

$$F_{rz} = 1.56 \cdot \left[\frac{Z}{315} \right]^{0.128} \quad \text{si } 10 < Z \leq 315$$

y para las secciones HH-7 y HH-8, el valor de F_{rz} será igual a 1.003

$$F_{rz} = 1.56 \cdot \left[\frac{10}{315} \right]^{0.128} \quad \text{si } Z \leq 10$$

La presión dinámica de base q_z se calcula con la siguiente expresión:

$$q_z = 0.0048 \cdot G \cdot V_D^2$$

donde:

$$G = \frac{0.392 \cdot \Omega}{273 + \tau}$$

considerando el sitio en la ciudad de México, la temperatura es de 23.4 °C, y la presión barométrica la obtenemos de la tabla II.1.2.6 realizando una interpolación lineal, por lo tanto:

$$G = \frac{0.392 \cdot 583.2}{273 + 23.4} = 0.7713$$

por tanto:

$$qz = 3.70 \cdot 10^{-3} \cdot V_D^2$$

A partir de aquí rigue un criterio de diseño dinámico el cual es descrito en el capítulo II.

A continuación se realizará el diseño para las secciones HH-1 y HH-4

➤ **SECCIÓN HH-1**

Altura Z = 45m

$$F_{rz} = 1.56 \cdot \left[\frac{45}{315} \right]^{0.128} = 1.216$$

$$F\alpha = 1.216 \cdot 1 = 1.216$$

Velocidad de diseño

$$V_D = 1 \cdot 1.216 \cdot 160.93 = 195.70 \text{ [KPH]}$$

Presión dinámica de base debida a ráfaga

$$qz = 3.70 \cdot 10^{-3} \cdot (195.70)^2 = 141.704 \text{ [Kg/m}^2\text{]}$$

La categoría del terreno es 2 (Ver Tabla II.1.2.1)

$$g_H = 1.288 \cdot \left[\frac{48}{315} \right]^{0.054} = 1.426$$

$$V_H = 1 \cdot 1 \cdot (1.56 \cdot (48/315)^{0.128}) \cdot 160.93 = 197.32 \text{ [KPH]}$$

Velocidad

$$V_H = \frac{1}{1.426} \cdot 197.32 = 138.37$$

Datos para obtener los parámetros para calcular el factor de respuesta dinámica

$$b/H = 4.8/48 = 0.1$$

no = 1.4 (Calculado mediante un programa de estructuras como el STAD o el SAP)

Frecuencia reducida

$$3.6 \cdot no \left(\frac{H}{V_H} \right) = 3.6 * 1.4 \left(\frac{48}{138.37} \right) = 1.748$$

Número de ondas

$$3.6 \cdot \left(\frac{no}{V_H} \right) = 3.6 \left(\frac{1.4}{138.37} \right) = 3.64 \times 10^{-2}$$

Factor de excitación de fondo

$$B = 1.21 \quad (\text{De la Figura II.1.2.8})$$

Factor de reducción por tamaño

$$S = 0.07 \quad (\text{De la Figura II.1.2.8})$$

Factor de relación de energía de ráfaga con la frecuencia natural de la estructura

$$E = 0.25 \quad (\text{De la Figura II.1.2.8})$$

Coefficiente de amortiguamiento crítico

$$\zeta = 0.01 \quad (\text{Sección II.1.2.7.3})$$

Función del coeficiente de rapidez de fluctuación promedio

$$v = no \cdot \sqrt{\frac{S \cdot E}{S \cdot E + \zeta \cdot B}} = 1.4 \cdot \sqrt{\frac{0.07 * 0.25}{0.07 * 0.25 + 0.01 * 1.21}} = 1.076$$

Factor pico

$$g_p = 4.23$$

Factor relacionado con la rugosidad del terreno

$$kr = 0.08 \quad (\text{Sección II.1.2.7.3})$$

$$\alpha' = 0.18 \quad (\text{Sección II.1.2.7.3})$$

$$C_{\alpha'} = 3.46 \cdot F_r^2 \cdot \left[\frac{48}{315} \right]^{2\alpha'} = 3.46 * 1 * [0.1523]^{2 * 0.18} = 1.757$$

Variación de la carga debida a la turbulencia

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{kr}{C_{\alpha'}} \left(B + \frac{S \cdot E}{\zeta} \right)} = \sqrt{\frac{0.08}{1} \left(1.21 + \frac{0.07 * 0.25}{0.01} \right)} = 0.367$$

$$g = \kappa' \left[\frac{Z}{315} \right]^{-0.054} = 1.288 \left[\frac{45}{315} \right]^{-0.054} = 1.431$$

Factor de respuesta dinámica debida a ráfaga

$$F_r = \frac{1}{g^2} [1 + g_p (\sigma / \mu)] = \frac{1}{1.431^2} [1 + 4.23 * 0.367] = 1.247$$

Cálculo del coeficiente de arrastre total

Para el cálculo del coeficiente de arrastre total por sección es necesario analizar todos los coeficientes de arrastre de los elementos que la integran y realizar un promedio pesado.

Es aquí en donde tenemos que realizar un procedimiento iterativo, ya que para poder obtener los coeficientes de arrastre es necesario conocer la geometría de las secciones involucradas, por lo tanto propondremos algunas secciones y posteriormente revisaremos se son adecuadas para nuestro cálculo.

Datos:

Altura superior = 48 m

Altura inferior = 42 m

Distancia superior entre piernas = 1.8 m

Distancia inferior entre piernas = 1.8 m

Diámetro propuesto de la pierna (Dp) = 60.3 mm

Longitud de las piernas para pandeo = 2 m

Diagonal propuesta = L 1"1"/1/8"

$\alpha = \tan^{-1} 2/1.8 = 48^\circ$

Longitud de la diagonal = $\sqrt{2^2 + 1.74^2} = 2.65m$

Diámetro de cables = 0.05m

Número de cables = 10

Área total encerrada = $(1.8 + Dp) \cdot 6 = 11.16m^2$

Área sólida de piernas = $(Dp \cdot 6) \cdot 2 = 0.72m^2$

Área sólida de diagonales = $(0.0254 \cdot 2.65) \cdot 6 = 0.4m^2$

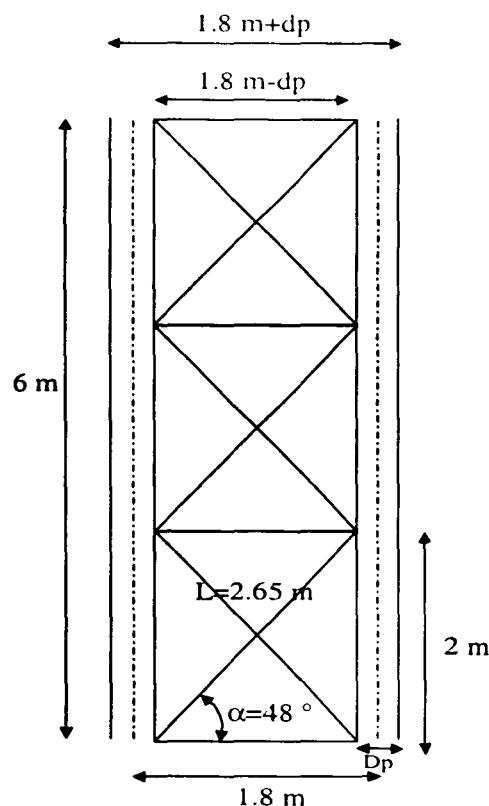
Área de cables = $(0.05 \cdot 6) \cdot 10 = 3m^2$

Relación de solidez $\phi = \frac{0.72 + 0.4 + 3}{11.16} = 0.369$

Velocidad de diseño (V_D) = 54.36 m/s

Diámetro promedio (b) = 0.0603 m

$bV_D = 3.278 m^2/s$



Coefficiente de arrastre para piernas:

Se realiza una interpolación de la tabla III.1.2.1.1 entre los valores de solidez de 0.3 y 0.4 así como dentro de los valores de $bV_D > 3m^2/s$ y $\leq 6 m^2/s$, por lo tanto

$$C_{a\text{piernas}} = \frac{(3.278 - 6) \cdot (1.5 - 1.1)}{(3 - 6)} + 1.1 = 1.463$$

Coefficiente de arrastre para diagonales:

Se realiza una interpolación de la tabla III.1.2.1.2 entre los valores de solidez de 0.3 y 0.4 en torre rectangular, por lo tanto,

$$C_{a\text{diagonales}} = 2.5 - \frac{(0.3 - 0.369) \cdot (2.5 - 2.1)}{(0.3 - 0.4)} = 2.224$$

Coefficiente de arrastre para cables:

$H/b = 6/0.05 = 120 \gg 40$ por tanto de la tabla III.1.2.1.3

$$C_{a\text{cables}} = 1.2$$

Coefficiente de arrastre total:

Se calcula mediante la suma de todos los coeficientes de arrastre multiplicados por sus respectivas áreas, dividida entre el área total.

$$C_{a\text{total}} = \frac{1.463 * 0.72 + 2.224 * 0.4 + 1.2 * 3}{0.72 + 0.4 + 3} = 1.345$$

TABLA III.1.2.1.1 Coeficientes de arrastre para torre con sección transversal triangular equilatera con miembros de sección transversal circular		
Solidez de la cara frontal (ϕ)	Coeficientes de arrastre (C_a)	
	Partes de la torre dentro del flujo subcrítico $bV_D < 3m^2/s$	Partes de la torre dentro del flujo turbulento $bV_D \geq 3m^2/s$
0.05	1.8	1.1
0.1	1.7	1.1
0.2	1.6	1.1
0.3	1.5	1.1
0.4	1.5	1.1
≥ 0.5	1.4	1.2

TABLA III.1.2.1.2 Coeficientes de arrastre para celosía con sección transversal cuadrada o triangular equilátera con lados planos

Soldadura de la cara frontal (ϕ)	Coeficiente de arrastre (C_a)	
	Torre de sección rectangular	Torre de sección triangular equilátera
0.1	3.5	3.1
0.2	2.8	2.7
0.3	2.5	2.3
0.4	2.1	2.1
≥ 0.5	1.8	1.9

Nota: para valores intermedios de estas tablas, se permite la interpolación lineal.

TABLA III.1.2.1.3 Coeficientes de arrastre considerado para cables

Sección transversal	Relación b/d			
	0.7	0.8	1.2	1.2
Circular ($bVd < 6m^2/s$)	0.7	0.8	1.2	1.2

Cálculo de la fuerza de viento en cada sección

La presión en la dirección del viento se calcula de la siguiente manera:

$$P_z = F_k \cdot C_a \cdot q_z = 1.246 \cdot 141.704 \cdot 1.345 = 237.5 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

La fuerza de viento se calcula con la siguiente expresión:

$$F_{viento} = P_z \cdot A_z = 237.5 \cdot (0.72 + 0.4 + 3) = 978.5 \text{ [kg]}$$

> SECCIÓN HH-4

Cálculo del coeficiente de arrastre total

Para el cálculo del coeficiente de arrastre total por sección es necesario analizar todos los coeficientes de arrastre de los elementos que la integran y realizar un promedio pesado.

Datos:

Altura superior = 30 m

Altura inferior = 24 m

Distancia superior entre piernas = 2.3 m

Distancia inferior entre piernas = 2.8 m

Diámetro propuesto de la pierna (Dp) = 219.10mm

Ángulo de inclinación de la pierna = $\gamma = a \tan\left(\frac{25}{600}\right) = 2.38^\circ$

Longitud de las piernas para pandeo = $\frac{2}{\cos(2.38^\circ)} = 2.002m$

Diagonal propuesta = L 21/2" / 21/2" / 1/4"

X = 200 * sen(2.38°) = 8.31cm

$\alpha = a \tan\left(\frac{2}{2.8 - 0.0831}\right) = 36.35^\circ$

Longitud de la diagonal = $\frac{2.8 - 0.0831}{\cos(36.35^\circ)} = 3.37m$

Diámetro de cables = 0.05m

Número de cables = 10

Área total encerrada = $\frac{(2.8 + 2.3 + 2 * 0.2191) * 6}{2} = 16.61m^2$

Área sólida de piernas = (Dp · 6) · 2 = 2.63m²

Área sólida de diagonales = (0.0635 * 3.37) · 6 = 1.28m²

Área de cables = (0.05 * 6) · 10 = 3m²

Relación de solidez $\phi = \frac{2.63 + 1.28 + 3}{16.61} = 0.416$

Z = 27m

F α = 1.139

Velocidad de diseño (V_D) = $\frac{1 * 1.139 * 161}{3.6} = 50.94 \text{ m/s}$

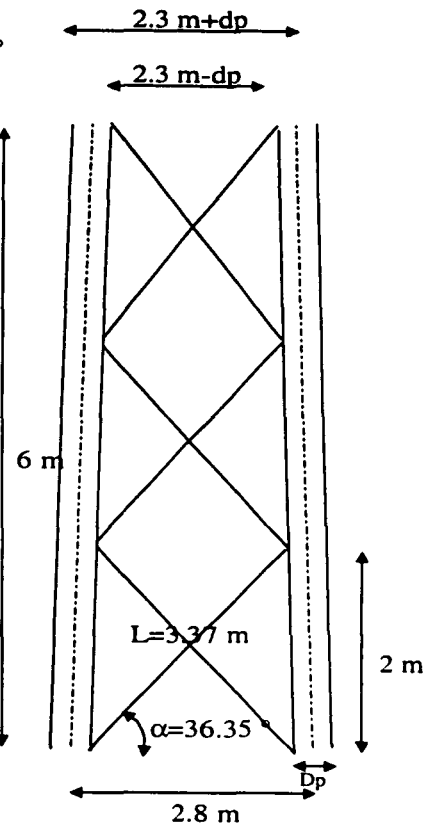
Diámetro promedio (b) = 0.2191 m

bV_D = 11.16 m²/s

Coefficiente de arrastre para piernas:

Se realiza una interpolación de la tabla III.1.2.1.1 entre los valores de solidez de 0.4 y 0.5 así como dentro de los valores de bV_D > 11.16m²/s, por lo tanto

$$C_{a\text{piernas}} = \frac{(0.416 - 0.4) \cdot (1.2 - 1.1)}{(0.5 - 0.4)} + 1.1 = 1.116$$



Coefficiente de arrastre para diagonales:

Se realiza una interpolación de la tabla III.1.2.1.2 entre los valores de solidez de 0.4 y 0.5 en torre rectangular, por lo tanto,

$$C_{a_{\text{diagonales}}} = 1.9 + \frac{(0.416 - 0.5) \cdot (2.1 - 1.9)}{(0.4 - 0.5)} = 2.068$$

Coefficiente de arrastre para cables:

$H/b = 6/0.05 = 120 \gg 40$ por tanto de la tabla III.1.2.1.3

$$C_{a_{\text{cables}}} = 1.2$$

Coefficiente de arrastre total:

Se calcula mediante la suma de todos los coeficientes de arrastre multiplicados por sus respectivas áreas, dividida entre el área total.

$$C_{a_{\text{total}}} = \frac{2.63 * 1.116 + 1.28 * 2.068 + 1.2 * 3}{2.63 + 1.28 + 3} = 1.329$$

Cálculo de al fuerza de viento en cada sección

La presión en la dirección del viento se calcula de la siguiente manera:

$$q_z = 3.70 * 10^{-3} * (183.379)^2 = 124.423 \text{ [Kg/m}^2\text{]}$$

$$g = K' \left[\frac{Z}{315} \right]^{0.054} = 1.288 \left[\frac{27}{315} \right]^{0.054} = 1.471$$

$$F_r = \frac{1}{g^2} [1 + g_p (\sigma / \mu)] = \frac{1}{1.471^2} [1 + 4.23 * 0.367] = 1.180$$

$$P_z = F_r \cdot q_z \cdot C_a = 1.180 * 124.423 * 1.329 = 195.122 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

La fuerza de viento se calcula con la siguiente expresión:

$$F_{\text{viento}} = P_z \cdot A_z = 195.122 * (2.63 + 1.28 + 3) = 1348.293 \text{ [kg]}$$

III.1.2.2 Método manual para cálculo de piernas.

En este apartado no dedicaremos a mostrar exclusivamente el cálculo de las piernas de una sola sección para que este sea representativo, por tanto se utilizarán algunos datos obtenidos mediante el cálculo computarizado de las secciones que se mostrará posteriormente. Así como también trabajaremos con cálculos resultantes de la primera iteración para la fuerza de viento y diagonales.

➤ SECCIÓN III-4

a) Datos para el cálculo:

Separación entre piernas = 2.8 m.

Longitud de piernas = 6 m.

Diámetro nominal de pierna propuesta = 6 in.

Cédula de tubo propuesta para pierna = 40

Longitud de pandeo = 200 cm. (Debido al ángulo de inclinación de la sección, la longitud de pandeo es un poco mayor, pero la diferencia es despreciable).

Diámetro real de pierna propuesta = 168.30 mm. (Tabla III.1.1.3.1)

Espesor de pierna = 7.11 mm. (Tabla III.1.1.3.1)

Área de la sección transversal de la pierna = 36 cm² (Tabla III.1.1.3.1)

Radio de giro = 5.70 cm. (Tabla III.1.1.3.1)

Peso por unidad de longitud de la pierna propuesta = 28.26 kg/m

b) Cálculo del momento de volteo y fuerza cortante:

Fuerza de viento en sección III-1 = 981.18 kg

Altura de aplicación en sección III-1 = 45 m

Momento acumulado en nivel 42m = 981.18*3 = 2943.54 kg*m

Cortante acumulado en nivel 42m = 981.18 kg

Fuerza de viento en sección III-2 = 1024.87 kg

Altura de aplicación en sección III-1 = 39 m

Fuerza de viento sobre plataforma = 530.94 kg

Altura de aplicación de fuerza sobre plataforma = 40m

Momento acumulado en nivel 36 m =

2943.54+(1024.87*3)+(981.18*6)+(530.94*4) = 14028.99 kg*m

Cortante acumulado en nivel 36m = 981.18+1024.87+530.94 = 2536.99 kg

Fuerza de viento en sección III-3 = 1191.97 kg

Altura de aplicación en sección III-3 = 33 m

Fuerza de viento sobre 2 antenas de 15ft de diámetro = 7195.98 kg

Altura de aplicación de fuerza sobre las antenas = 35m

Momento acumulado en nivel 30 m =

14028.99+(1191.97*3)+(2536.99*6)+(7195.98*5) = 68806.74 kg*m

Cortante acumulado en nivel 30m = 2536.99+1191.97+7195.98= 10924.94 kg

Fuerza de viento en sección HH-4 = 1350.75 kg

Altura de aplicación en sección HH-4 = 27 m

Fuerza de viento sobre 3 antenas de 6ft de diámetro = 1581.9 kg

Altura de aplicación de fuerza las antenas = 25 m

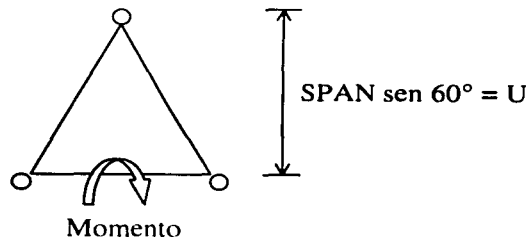
Fuerza de viento sobre plataforma = 493.25 kg

Altura de aplicación de fuerza sobre plataforma = 30 m

Momento acumulado en nivel 24 m =

$$68806.74 + (1350.75 * 3) + (10924.94 * 6) + (1581.9 * 1) + (493.25 * 6) = 142950.03 \text{ kg*m}$$

$$\text{Cortante acumulado en nivel 24m} = 10924.94 + 1350.75 + 1581.9 + 493.25 = 14350.8 \text{ kg}$$



c) Cálculo de la pierna para la sección

Para determinar el diámetro de la pierna, se comparará el área requerida contra el área real de la sección que proponemos, es decir:

$$a_{req} < a_{real}$$

Para obtener el área requerida, se determinará la relación de la fuerza en cada pierna entre el esfuerzo permisible:

$$a_{req} = F_{pierna} / F_a$$

Para obtener la fuerza en cada pierna se desarrollará la siguiente ecuación

$$F_{pierna} = (M / U) + ((P_D + P_P) / 3)$$

Donde:

M = Momento de la sección

U = Brazo de planca

P_D = Peso estimado diagonales (40% del peso estimado de piernas)

P_P = Peso estimado de las piernas

Fuerza de viento en sección HH-4 = 1350.75 kg

Altura de aplicación en sección HH-4 = 27 m

Fuerza de viento sobre 3 antenas de 6ft de diámetro = 1581.9 kg

Altura de aplicación de fuerza las antenas = 25 m

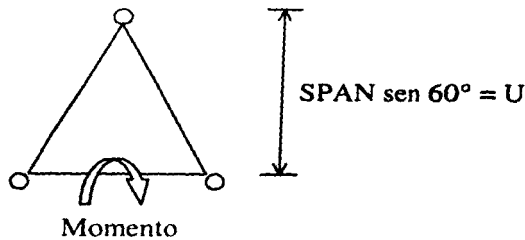
Fuerza de viento sobre plataforma = 493.25 kg

Altura de aplicación de fuerza sobre plataforma = 30 m

Momento acumulado en nivel 24 m =

$$68806.74 + (1350.75 * 3) + (10924.94 * 6) + (1581.9 * 1) + (493.25 * 6) = 142950.03 \text{ kg*m}$$

$$\text{Cortante acumulado en nivel 24m} = 10924.94 + 1350.75 + 1581.9 + 493.25 = 14350.8 \text{ kg}$$



c) Cálculo de la pierna para la sección

Para determinar el diámetro de la pierna, se comparará el área requerida contra el área real de la sección que proponemos, es decir:

$$a_{req} < a_{real}$$

Para obtener el área requerida, se determinará la relación de la fuerza en cada pierna entre el esfuerzo permisible:

$$a_{req} = F_{pierna} / F_a$$

Para obtener la fuerza en cada pierna se desarrollará la siguiente ecuación

$$F_{pierna} = (M / U) + ((P_D + P_P)/3)$$

Donde:

M = Momento de la sección

U = Brazo de planca

P_D = Peso estimado diagonales (40% del peso estimado de piernas)

P_P = Peso estimado de las piernas

La fuerza admisible (F_a) se obtiene de la tabla de diseño, en la cual necesitamos el parámetro λ , que es la relación de la longitud de pandeo ($L_p = 200$ mm) entre el radio de giro (ι en mm) del tubo propuesto para la sección:

$$\lambda = L_p / \iota$$

El reglamento nos permite aumentar la fuerza admisible en un 33%.

Para obtener el a_{real} , simplemente se obtiene el área sólida del tubo propuesto.

A continuación se presentan los cálculos para cada sección.

➤ Sección HH-4

Para esta sección proponemos un tubo de diámetro de 6" Cedula 40, con OD = 168.3 mm y $i = 5.70$.

$$F_{\text{pierna}} = (M / U) + ((P_D + P_p)/3) =$$

Donde:

$$M = 142\,950.03 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$U = 2.8 \text{ sen } 60 = 2.42 \text{ m}$$

$$\text{Peso de la pierna de la estructura} = 28.26 \text{ kg/m}$$

$$P_p = 28.26 \times 6 \times 3 = 508.68 \text{ kg}$$

$$P_D = 508.68 \times 0.40 = 203.47 \text{ kg}$$

$$F_{\text{pierna}} = (142\,950.03 / 2.8 \text{ sen}(60^\circ)) + ((508.68 + 203.47)/3) = 59\,188.98 \text{ kg}$$

$$\lambda = 200 / 5.70 = 35$$

Del manual de construcción en acero, volumen I, del IMCA obtenemos los criterios para el cálculo del esfuerzo permisible a la compresión para el acero estructural.

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(\lambda)^2}{2 \cdot C_c^2} \right] \cdot F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3 \cdot (\lambda)}{8 \cdot C_c} - \frac{(\lambda)^3}{8 \cdot C_c^3}} \quad \text{si } \lambda < C_c$$

$$F_a = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23(\lambda)^2} \quad \text{si } \lambda > C_c$$

donde:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{F_y}} = 126.128$$

$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2.039 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda < C_c$$

por lo tanto

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(35)^2}{2 \cdot (126.128)^2} \right] \cdot F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3 \cdot (35)}{8 \cdot (126.128)} - \frac{(35)^3}{8 \cdot (126.128)^3}} = 1375.856 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_a = (1375.856 \text{ kg/cm}^2) (1.333) = 1834.47 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Área requerida } a_{\text{req}} = F_{\text{pierna}} / F_a = 59\ 188.98 / 1\ 834.47 = \mathbf{32.26 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Área real } a_{\text{real}} \text{ para tubo } 6'' \text{ ced. } 40 = \mathbf{36 \text{ cm}^2}$$

Como $a_{\text{real}} > a_{\text{req}} \Rightarrow$ la sección es adecuada para la fuerza actuante.

d) Eficiencia de la sección

Este cálculo nos sirve para darnos una idea o tener un parámetro de referencia del grado de seguridad extra con el cual contamos en nuestra estructura.]El cálculo de los elementos que conforman la torre se realiza siempre con base en algún reglamento y aplicando los criterios propios de cada uno de estos así como sus factores de seguridad y consideraciones, pero es necesario saber dentro de nuestros cálculos cuales son las secciones más críticas y cuales son aquellas más sobradas para poder así garantizar una mayor seguridad al cliente en cuestión.

El cálculo de la eficiencia resulta de la relación entre el valor requerido y el valor real multiplicado por cien.

$$e\% = \frac{32.26}{36} * 100 = 89.60\%$$

Este valor de eficiencia significa que tengo un 10.4% de sobra en mi estructura que para que se encuentre al 100% de su estado límite de falla.

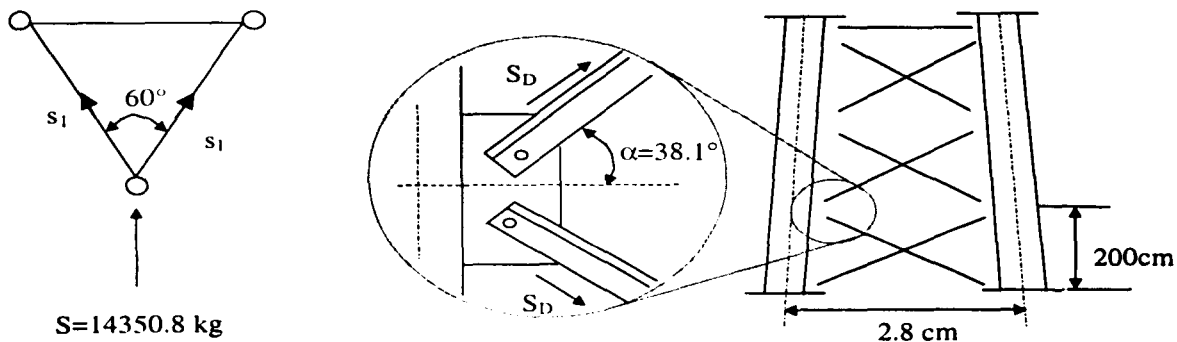
III.1.2.3 Método manual para cálculo de diagonales.

Debido a que la norma mexicana de diseño por viento no es exclusiva para torres decelosa de acero, existen varias deficiencias para el cálculo de este tipo de estructuras, dentro de las cuales podemos apreciar el cálculo de diagonales debido a que no existe un criterio para considerar diferentes configuraciones de fijación y los incrementos o reducciones de la longitud de pandeo, así es que para poder desarrollar estos cálculos debemos tomar un criterio propio el cual esté sustentado por algún criterio válido y dentro de la seguridad.

Es por esto que basados en las normas del “Manual de Construcción en Acero – DEP, Diseño por esfuerzos permisibles, Volumen 1” del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C. (IMCA) y apoyados en los criterios de las curvas de esbeltez efectiva y los módulos de esbeltez para diagonales en miembros angulares simples sometidos a compresión del ANSI/ASCE 10-19, cuyas referencias las presentamos en las tablas II.1.1.3.2 y II.1.1.3.4 de este documento, generamos un criterio que se apega a las normas mexicanas y nos permite resolver el problema del cálculo de diagonales.

Para este apartado continuaremos con el cálculo representativo de la sección HH-4 para obtener sus diagonales.

Revisión de la sección HH4 por cortante

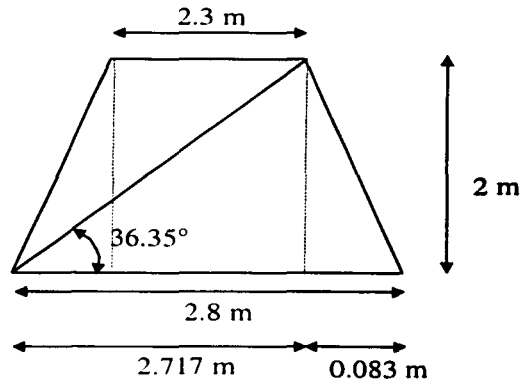


Para obtener la fuerza en cada diagonal tenemos que:

$$s_1 = \frac{S}{2 \cos 30^\circ} = \frac{14350.8}{2 \cos 30^\circ} = 8285.44 \text{ kg}$$

Nota Aclaratoria: Las variaciones de esta fuerza con la mostrada en el cálculo computarizado se deben a que en este cálculo se considera los datos de la primera iteración y en el computarizado se realiza un circuito que utiliza los datos de la segunda iteración sin requerir de la primera.

donde S_D



$$\tan \alpha = \frac{2}{2.717} \Rightarrow \alpha = 36.35^\circ$$

$$S_D = \frac{s_1}{2 \cos 36.35^\circ} = \frac{8285.45}{2 \cos 36.35^\circ} = 5143.61 \text{ kg}$$

Para seleccionar la diagonal en cada sección se partirá del diámetro de barreno propuesto, es decir, para la sección cuatro tenemos una fuerza cortante sobre la diagonal de 5143.61 kg.

La fuerza que recibirá el perno de acuerdo con la ecuación presentada en la sección II.1.3.3 será de:

$$F_{perno} = \frac{S_D \times 1.4}{N \times 0.8}$$

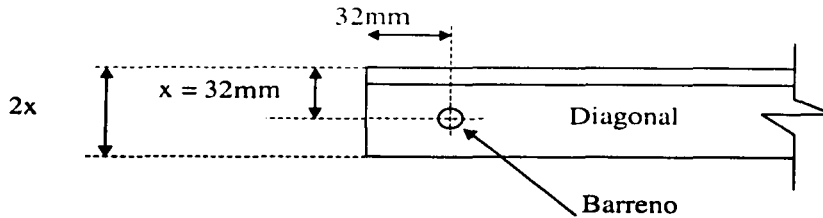
Donde

N = número de pernos

Sustituyendo

$$F_{perno} = \frac{5143.61 \times 1.4}{1 \times 0.8} = 9001.32 \text{ kg}$$

De acuerdo con la tabla III.1.3.1.2 el perno que resiste una fuerza cortante mayor que 9001.32 kg es de 7/8" de grado 5, pero este perno no es muy comercial, por lo tanto seleccionamos el de 1" y considerando que tenemos que dejar una distancia entre el centro de barreno y el paño de diagonal de acuerdo con la Tabla 1.16.5.1 del "Manual de Construcción en Acero - DEP Diseño por esfuerzo permisible" del IMCA que para el caso en particular es de 32mm.



$$x = 32\text{mm}$$

Por lo tanto al ángulo debe ser mayor o igual a $2x = 2(32)/25.4 = 2 \text{ 1/2}''$ o $3''$

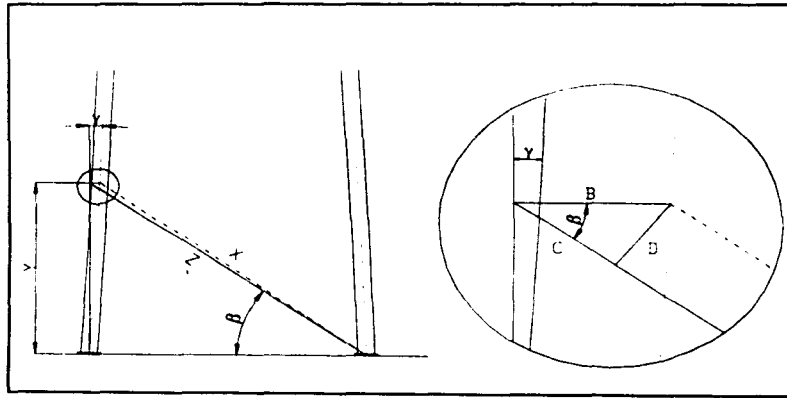
El ángulo a utilizar puede ser $3'' / 3'' / 1/4''$

Obtención de la longitud de barreno a barreno (l)

$$l = X - y \text{ [cm]}$$

La longitud total de la diagonal es :

$$Z = \sqrt{280^2 \text{ cm} + 200^2 \text{ cm}} = 344.09 \text{ cm}$$



El ángulo β se obtiene de la siguiente manera:

$$\beta = a \tan \left(\frac{6000}{3 \sqrt{2800}} \right) = 0.6202 \text{ rad}$$

Requerimos encontrar la distancia horizontal (B) del centro de la pierna al centro del barreno por lo tanto tenemos:

$$B = \frac{2800 - 2300}{2} * \frac{2000}{6000} = 83.33 \text{ cm}$$

por lo tanto la distancia (C) se obtiene de la siguiente manera

$$C = 83.33 * \cos(0.6202) = 67.81 \text{ cm}$$

mediante triangulo rectángulo obtenemos (D)

$$D = \sqrt{83.33^2 - 67.81^2} = 48.437 \text{ cm}$$

podemos corregir ahora el ángulo β (esta corrección es debida a que existe cierta inclinación entre piernas)

$$\varpi = a \tan \left(\frac{48.437}{3441 - 67.811} \right) + 0.6202 = 0.6345 \text{ rad}$$

podemos obtener ahora si la distancia para restar (y) así como (X)

$$y = \frac{\frac{d}{2} + sol + \frac{dh}{\cos(\varpi)}}{\cos(\varpi)} = \frac{\frac{219.1}{2} + 10 + \frac{29}{\cos(0.6346)}}{\cos(0.6346)} = 193.169mm$$

$$X = \sqrt{(3441 - 67.81)^2 + 48.437^2} = 3373.47mm$$

Sustituyendo

$$l = 337.35 - 2 (19.32) = 298.7 \text{ cm}$$

De la tabla III.1.1.3.1 obtenemos el radio de giro en los diferentes ejes y el área transversal para el ángulo propuesto $2\frac{1}{2}'' / 2\frac{1}{2}'' / 3\frac{1}{16}''$

$$R_x = 1.98 \text{ cm}$$

$$R_z = 1.24 \text{ cm}$$

$$A = 5.87 \text{ cm}^2$$

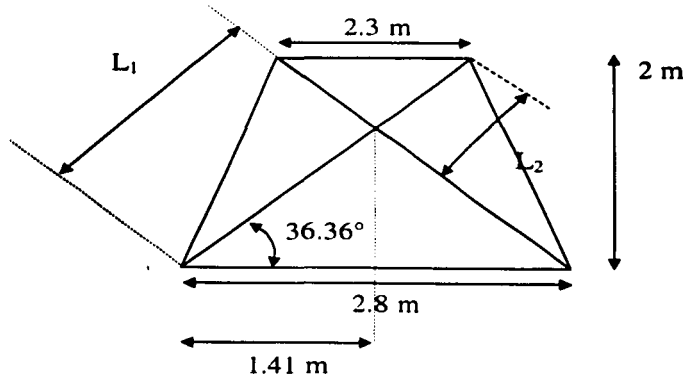
Debido a que en la norma mexicana para el diseño de este tipo de estructuras no se toman en cuenta diferentes casos para los vientos, decidimos tomar un criterio propio el cual resulte ser conservador y permita obtener resultados confiables, para tal efecto utilizamos la siguiente expresión:

$$L_x = L_1 + 0.5 L_2$$

$$\text{Donde } L_1 = \frac{280}{2 * \cos(0.6346)} - 19.3171 = 154.53cm \quad \text{y} \quad L_2 = 298.7 - 154.53 =$$

$$144.17 \text{ cm}$$

L_x : es la longitud de pandeo
tolerancia



Por lo tanto $L_x = 154.53 + 0.5 (144.17) = 226.615 \text{ cm}$

$$\frac{L_x}{R_x} = \frac{226.615}{1.98} = 114.45$$

$$\frac{L_1}{R_z} = \frac{154.53}{1.24} = 124.62$$

Sabemos de la tabla III.1.2.5.1

$$\lambda = 125 \Rightarrow \sigma_{adm} = 671.77 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Para obtener la fuerza permisible $F_{per} = \sigma_{adm} \times \text{área} = 671.77 \times 5.87 \times 1.3 = 5256.40 \text{ kg}$

Como $F_{per} > S_D$ pasa por cortante

III.1.2.5 Método computarizado para cálculo de piernas diagonales y bridas.

CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Velocidad regional (Vr) [Kph]		161
Altura de la torre (H) [m]		48
Clase (según su tamaño)		A
Fc		1
Categoría del terreno		2
Clase (según su respuesta ante el viento)		B
α	de tabla II.1.2.4	0.128
δ	de tabla II.1.2.4	315
Sitio		NORMAL
Topografía		PLANO
Ft	de tabla II.1.2.5	1.000
Temperatura (t) [°C]		23.4
Altura con respecto al nivel del mar (h1) [m]		2240
Presión barométrica inferior (Pi) [mmHg]		565
Presión barométrica superior (Ps) [mmHg]		600
Altura a presión barométrica inferior (h1) [m]		2500
Altura a presión barométrica superior (h2) [m]		2000
Presión barométrica (P) [mmHg]		583.2
Factor de corrección por temperatura (G)		0.7713
k'	de tabla II.1.2.7	1.288
h	de tabla II.1.2.7	-0.054
Kr		0.08
Z		0.01
α'		0.18
C _u		1.758
Dimensión en planta de la torre (b) [m]		4.8
B	de figura II.1.2.8	1.21
h ₀		2.060
S	de figura II.1.2.8	0.038
E	de figura II.1.2.8	0.310
g _p	de figura II.1.2.8	4.260
g _H		1.426
V _H		197.408
V _{H'}		138.461
b/H		0.100
3.6no(H/V ² H)		2.571
3.6no/V ² H		5.4E-02
v		1.442
σ/μ		0.329

Debemos recordar que el coeficiente Ca depende de la geometría de la estructura, es por esto que los cálculos de las piernas y diagonales resultan en un cálculo iterativo, para poder así obtener la fuerza real de viento aplicada sobre la estructura.

TABLAS DE CÁLCULO DE FUERZA SOBRE LA ESTRUCTURA

PRIMERA ITERACIÓN													
CÁLCULO DE FUERZA DE VIENTO POR SECCIÓN													
SECCIÓN	ALTURA	F _{Fe}	F _{Fr}	F _{Fz}	V _d	F _{Fe}	F _{Fr}	F _{Fz}	V _d	F _{Fe}	F _{Fr}	F _{Fz}	
	(m)				(KPH)						m ²	Kg m ²	Kg
III-1	45	1	1.216	1.216	195.78	141.9131	1.431	1.172	1.341	4.13	223.16	922.47	
III-2	39	1	1.194	1.194	192.23	136.8084	1.442	1.154	1.358	4.49	214.55	963.55	
III-3	33	1	1.169	1.169	188.16	131.081	1.455	1.134	1.369	5.51	203.42	1126.65	
III-4	27	1	1.139	1.139	183.39	124.5172	1.471	1.110	1.329	6.91	183.66	1269.92	
III-5	21	1	1.103	1.103	177.89	116.7584	1.491	1.080	1.362	7.07	171.76	1214.77	
III-6	15	1	1.057	1.057	170.10	107.1222	1.518	1.041	1.391	8.21	155.21	1273.67	
III-7	9	1	1.003	1.003	161.50	96.56062	1.552	0.997	1.428	8.41	137.42	1155.75	
III-8	3	1	1.003	1.003	161.50	96.56062	1.552	0.997	1.429	9.23	137.52	1269.10	

SEGUNDA ITERACIÓN													
CÁLCULO DE FUERZA DE VIENTO POR SECCIÓN													
SECCIÓN	ALTURA	F _{Fe}	F _{Fr}	F _{Fz}	V _d	F _{Fe}	F _{Fr}	F _{Fz}	V _d	F _{Fe}	F _{Fr}	F _{Fz}	
	(m)				(KPH)						m ²	Kg m ²	Kg
III-1	45	1	1.216	1.216	195.78	141.9131	1.431	1.172	1.37	4.30	227.68	978.46	
III-2	39	1	1.194	1.194	192.23	136.8084	1.442	1.154	1.40	4.49	220.52	989.88	
III-3	33	1	1.169	1.169	188.16	131.081	1.455	1.134	1.32	5.19	195.66	1015.05	
III-4	27	1	1.139	1.139	183.39	124.5172	1.471	1.110	1.34	6.15	185.19	1138.10	
III-5	21	1	1.103	1.103	177.89	116.7584	1.491	1.080	1.38	6.31	174.25	1099.83	
III-6	15	1	1.057	1.057	170.10	107.1222	1.518	1.041	1.38	7.05	153.85	1084.25	
III-7	9	1	1.003	1.003	161.50	96.56062	1.552	0.997	1.42	7.22	136.86	988.49	
III-8	3	1	1.003	1.003	161.50	96.56062	1.552	0.997	1.46	8.34	140.21	1169.70	

CARGAS EXTERNAS							
PLATOS DE MICROONDAS							
ALTURA	INSTALACIÓN	Fuerza de Catalogo a 125 MPH	F _c	F _{Fr}	F _{Fz}	V _d	F _z
(m)		(N)				(KPH)	Kg
25	Plato de 6	6.348	1	1.128	1.128	181.59	527.30
25	Plato de 6	6.348	1	1.128	1.128	181.59	527.30
25	Plato de 6	6.348	1	1.128	1.128	181.59	527.30
35	Plato de 15	39.674	1	1.178	1.178	189.59	3597.99
35	Plato de 15	39.674	1	1.178	1.178	189.59	3597.99

CARGAS EXTERNAS													
PLATAFORMAS													
ALTURA	INSTALACIÓN	F _c	F _{Fr}	F _{Fz}	V _d	F _{Fe}	F _{Fr}	F _{Fz}	V _d	F _{Fe}	F _{Fr}	F _{Fz}	
(m)					(KPH)	Kg m ²			m ²	m ²	m ²	Kg	
30	Plataforma de 3 m	1	1.155	1.155	185.88	127.9214	1.24	1.26	1.26	0.20	0.40	3.11	493.246962
40	Plataforma de 3 m	1	1.198	1.198	192.85	137.6979	1.24	1.26	1.26	0.20	0.40	3.11	530.944022

CÁLCULO DE COEFICIENTES Ca PRIMERA ITERACIÓN

SECCIÓN	AL	AL	AL	AL	Ø	AL	AL	AL	AL	AL
	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	Ø	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
III-1	0.724	0.410	3.00	11.16	0.370	3.279	1.463	2.16	1.2	1.341
III-2	0.876	0.615	3.00	11.24	0.400	3.898	1.380	2.100	1.2	1.358
III-3	1.372	1.138	3.00	12.99	0.424	5.974	1.171	2.052	1.2	1.369
III-4	2.629	1.285	3.00	16.61	0.416	11.161	1.116	2.068	1.2	1.329
III-5	2.629	1.443	3.00	19.61	0.361	10.808	1.100	2.178	1.2	1.362
III-6	3.277	1.930	3.00	22.94	0.358	12.902	1.100	2.184	1.2	1.391
III-7	3.277	2.134	3.00	25.94	0.324	12.249	1.100	2.252	1.2	1.428
III-8	3.886	2.342	3.00	29.24	0.316	14.528	1.100	2.268	1.2	1.429

CÁLCULO DE COEFICIENTES Ca SEGUNDA ITERACIÓN

SECCIÓN	AL	AL	AL	AL	Ø	AL	AL	AL	AL	AL
	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	Ø	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
III-1	0.724	0.574	3.00	11.16	0.385	3.279	1.463	2.13	1.2	1.368
III-2	0.724	0.765	3.00	11.16	0.402	3.220	1.470	2.096	1.2	1.396
III-3	1.372	0.816	3.00	12.99	0.399	5.974	1.104	2.102	1.2	1.317
III-4	2.020	1.126	3.00	16.31	0.377	8.574	1.100	2.146	1.2	1.340
III-5	2.020	1.292	3.00	19.31	0.327	8.302	1.100	2.246	1.2	1.382
III-6	2.629	1.418	3.00	22.61	0.312	10.353	1.100	2.276	1.2	1.379
III-7	2.629	1.593	3.00	25.61	0.282	9.829	1.100	2.372	1.2	1.422
III-8	3.277	2.066	3.00	28.94	0.288	12.249	1.100	2.396	1.2	1.457

TABLA III.2.5.1 PARA OBTENER F_a

F = 2039000 kg/cm³
 F_y = 2530 kg/cm²

F _a = 36 ksi	F _a = 2530 kg/cm ²	F _a = 2039000 kg/cm ³
13	126 13	1478 88
14	126 13	1477 04
15	126 13	1468 16
16	126 13	1464 22
17	126 13	1460 20
18	126 13	1456 10
19	126 13	1451 94
20	126 13	1447 70
21	126 13	1443 39
22	126 13	1439 01
23	126 13	1434 55
24	126 13	1430 03
25	126 13	1425 44
26	126 13	1420 78
27	126 13	1416 06
28	126 13	1411 26
29	126 13	1406 40
30	126 13	1401 47
31	126 13	1396 48
32	126 13	1391 42
33	126 13	1386 30
34	126 13	1381 11
35	126 13	1375 86
36	126 13	1370 54
37	126 13	1365 16
38	126 13	1359 72
39	126 13	1354 22
40	126 13	1348 65
41	126 13	1343 03
42	126 13	1337 34
43	126 13	1331 60
44	126 13	1325 79
45	126 13	1319 92
46	126 13	1314 00
47	126 13	1308 02
48	126 13	1301 97
49	126 13	1295 87
50	126 13	1289 71
51	126 13	1283 50
52	126 13	1277 22
53	126 13	1270 89
54	126 13	1264 51
55	126 13	1258 06
56	126 13	1251 57
57	126 13	1245 01
58	126 13	1238 40
59	126 13	1231 74
60	126 13	1225 01
61	126 13	1218 24
62	126 13	1211 41
63	126 13	1204 52
64	126 13	1197 58
65	126 13	1190 59
66	126 13	1183 54
67	126 13	1176 44
68	126 13	1169 29
69	126 13	1162 08
70	126 13	1154 82
71	126 13	1147 50

72	126 13	1140 14
73	126 13	1132 71
74	126 13	1125 24
75	126 13	1117 71
76	126 13	1110 13
77	126 13	1102 50
78	126 13	1094 81
79	126 13	1087 07
80	126 13	1079 28
81	126 13	1071 44
82	126 13	1063 54
83	126 13	1055 59
84	126 13	1047 58
85	126 13	1039 53
86	126 13	1031 42
87	126 13	1023 26
88	126 13	1015 04
89	126 13	1006 77
90	126 13	998 45
91	126 13	990 07
92	126 13	981 64
93	126 13	973 16
94	126 13	964 62
95	126 13	956 03
96	126 13	947 39
97	126 13	938 69
98	126 13	929 93
99	126 13	921 12
100	126 13	912 26
101	126 13	903 34
102	126 13	894 36
103	126 13	885 33
104	126 13	876 24
105	126 13	867 09
106	126 13	857 89
107	126 13	848 64
108	126 13	839 32
109	126 13	829 95
110	126 13	820 51
111	126 13	811 02
112	126 13	801 47
113	126 13	791 87
114	126 13	782 20
115	126 13	772 47
116	126 13	762 68
117	126 13	752 83
118	126 13	742 92
119	126 13	732 94
120	126 13	722 91
121	126 13	712 81
122	126 13	702 65
123	126 13	692 42
124	126 13	682 13
125	126 13	671 77
126	126 13	661 34
127	126 13	650 97
128	126 13	640 84
129	126 13	630 94
130	126 13	621 27
131	126 13	611 83
132	126 13	602 59
133	126 13	593 56

134	126 13	584 74
135	126 13	576 11
136	126 13	567 67
137	126 13	559 41
138	126 13	551 33
139	126 13	543 43
140	126 13	535 69
141	126 13	528 12
142	126 13	520 71
143	126 13	513 45
144	126 13	506 34
145	126 13	499 38
146	126 13	492 57
147	126 13	485 89
148	126 13	479 34
149	126 13	472 93
150	126 13	466 65
151	126 13	460 49
152	126 13	454 45
153	126 13	448 63
154	126 13	442 72
155	126 13	437 03
156	126 13	431 44
157	126 13	425 96
158	126 13	420 59
159	126 13	415 31
160	126 13	410 14
161	126 13	405 06
162	126 13	400 07
163	126 13	395 18
164	126 13	390 38
165	126 13	385 66
166	126 13	381 03
167	126 13	376 48
168	126 13	372 01
169	126 13	367 62
170	126 13	363 31
171	126 13	359 07
172	126 13	354 91
173	126 13	350 82
174	126 13	346 79
175	126 13	342 84
176	126 13	338 96
177	126 13	335 14
178	126 13	331 38
179	126 13	327 69
180	126 13	324 06
181	126 13	320 49
182	126 13	316 98
183	126 13	313 52
184	126 13	310 12
185	126 13	306 78
186	126 13	303 49
187	126 13	300 25
188	126 13	297 07
189	126 13	293 93
190	126 13	290 85
191	126 13	287 81
192	126 13	284 82
193	126 13	281 87
194	126 13	278 98
195	126 13	276 12
196	126 13	273 31
197	126 13	270 54

CÁLCULO DE PIERNAS

SECCION 1

PRIMERA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg*m]	2767.4	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	922.5	
Separación entre piernas (m)	1.8	
Longitud de piernas (L) [m]	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [in]	2	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	40	
Longitud de pandeo (Lp) [cm]	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) [mm]	60.30	
Espesor de pierna (Ep) [mm]	3.91	
Area de pierna (Ap) [cm ²]	6.93	dato comparado
Radio de giro (r) [cm]	2.00	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg/m]	5.44	
Esfuerzo permisible (Fg) [Kg/cm ²]	1216.34	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	1835.6266	
Módulo de pandeo (I) []	100.08	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	83.13	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	97.87	
Area de requerida (Ar) [cm ²]	1.51	correcto
Eficiencia (%)	21.79	
SEGUNDA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg*m]	2935.4	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	978.5	
Separación entre piernas (m)	1.8	
Longitud de piernas (L) [m]	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [in]	2	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	40	
Longitud de pandeo (Lp) [cm]	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) [mm]	60.30	
Espesor de pierna (Ep) [mm]	3.91	
Area de pierna (Ap) [cm ²]	6.93	dato comparado
Radio de giro (r) [cm]	2.00	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg/m]	5.44	
Esfuerzo permisible (Fg) [Kg/cm ²]	1216.34	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	1943.3736	
Módulo de pandeo (I) []	100.08	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	83.13	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	97.87	
Area de requerida (Ar) [cm ²]	1.60	correcto
Eficiencia (%)	23.07	

SECCION 2

PRIMERA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg·m]	13318.6	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	2417.0	
Separación entre piernas (m)	1.8	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (in)	2	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	40	
Longitud de pandeo (Lp) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	60.30	
Espesor de pierna (Ep) (mm)	3.91	
Area de pierna (Ap) (cm ²)	6.93	dato comparado
Radio de giro (r) (cm)	2.00	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg/m]	5.44	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg/cm ²]	1216.34	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	8672.9536	
Módulo de pandeo (I) []	100.08	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	194.05	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	195.75	
Area de requerida (Ar) (cm ²)	7.13	aumentar diametro
Eficiencia (%)	102.94	
SEGUNDA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg·m]	13899.5	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	2499.3	
Separación entre piernas (m)	1.8	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (in)	2	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	80	
Longitud de pandeo (Lp) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	60.30	
Espesor de pierna (Ep) (mm)	5.54	
Area de pierna (Ap) (cm ²)	9.53	dato comparado
Radio de giro (r) (cm)	1.95	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg/m]	7.48	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg/cm ²]	1192.48	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	9058.7440	
Módulo de pandeo (I) []	102.78	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	194.05	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	232.54	
Area de requerida (Ar) (cm ²)	7.60	correcto
Eficiencia (%)	79.71	

SECCION 3

PRIMERA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg*m]	87160.2	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	10733.6	
Separación entre piernas (m)	2.3	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (m)	4	
Cedula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	80	
Longitud de pandeo (l p) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	114.30	
Espesor de pierna (Ep) (mm)	8.56	
Área de pierna (Ap) (cm ²)	28.44	dato comparado
Radio de giro (i) (cm)	3.75	
Peso de pierna de la estructura (Wp) (Kg/m)	22.32	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg/cm ²]	1694.53	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	34060.0048	
Módulo de pandeo (i) []	53.32	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	430.37	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	397.55	
Área de requenza (Ar) (cm ²)	20.10	disminuir espesor
Eficiencia (%)	70.69	
SEGUNDA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg*m]	67920.3	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	10710.3	
Separación entre piernas (m)	2.3	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (m)	4	
Cedula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	80	
Longitud de pandeo (l p) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	114.30	
Espesor de pierna (Ep) (mm)	8.56	
Área de pierna (Ap) (cm ²)	28.44	dato comparado
Radio de giro (i) (cm)	3.75	
Peso de pierna de la estructura (Wp) (Kg/m)	22.32	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg/cm ²]	1694.53	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	34453.8396	
Módulo de pandeo (i) []	53.32	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	430.37	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	634.34	
Área de requenza (Ar) (cm ²)	20.33	disminuir espesor
Eficiencia (%)	71.50	

SECCION 4

PRIMERA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg*m]	139912.9	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	14078.7	
Separación entre piernas (m)	2.8	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (m)	6	
Cedula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	40	
Longitud de pandeo (Lp) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	168.30	
Espesor de pierna (Ep) (mm)	7.11	
Area de pierna (Ap) (cm ²)	36.00	dato comparado
Radio de giro (r) (cm)	5.70	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg m]	28.26	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg cm ²]	1834.47	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	58295.5526	
Módulo de pandeo (I) []	35.06	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	683.05	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	1106.29	
Area de requerida (Ar) (cm ²)	31.78	correcto
Eficiencia (%)	88.26	
SEGUNDA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg*m]	140137.8	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	13923.6	
Separación entre piernas (m)	2.8	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (m)	6	
Cedula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	40	
Longitud de pandeo (Lp) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	168.30	
Espesor de pierna (Ep) (mm)	7.11	
Area de pierna (Ap) (cm ²)	36.00	dato comparado
Radio de giro (r) (cm)	5.70	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg m]	28.26	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg cm ²]	1834.47	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	58400.5693	
Módulo de pandeo (I) []	35.06	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	683.05	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	1143.08	
Area de requerida (Ar) (cm ²)	31.84	correcto
Eficiencia (%)	88.42	

SECCION 5

PRIMERA ITERACIÓN		
SECCIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg ² m]	228029.1	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	15293.4	
Separación entre piernas (m)	3.3	
Longitud de piernas (l) [m]	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [m]	6	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	80	
Longitud de pandeo (lp) [cm]	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) [mm]	168.30	
Espesor de pierna (Ep) [mm]	10.97	
Area de pierna (Ap) [cm ²]	54.22	dato comparado
Radio de giro (r) [cm]	5.58	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg m]	42.56	
Esfuerzo permisible (F _a) [Kg/cm ²]	1834.47	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	80768.6308	
Módulo de pandeo (I) [cm ⁴]	35.87	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	1065.57	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	1872.43	
Area de requerida (Ar) [cm ²]	44.03	disminuir espesor
Eficiencia (%)	81.20	
SEGUNDA ITERACIÓN		
SECCIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg ² m]	226978.6	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	15023.4	
Separación entre piernas (m)	3.3	
Longitud de piernas (l) [m]	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [m]	6	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	80	
Longitud de pandeo (lp) [cm]	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) [mm]	168.30	
Espesor de pierna (Ep) [mm]	10.97	
Area de pierna (Ap) [cm ²]	54.22	dato comparado
Radio de giro (r) [cm]	5.58	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg m]	42.56	
Esfuerzo permisible (F _a) [Kg/cm ²]	1834.47	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	80413.5221	
Módulo de pandeo (I) [cm ⁴]	35.87	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	1065.57	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	1909.23	
Area de requerida (Ar) [cm ²]	43.83	disminuir espesor
Eficiencia (%)	80.84	

SECCION 6

PRIMERA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg*m]	323610.8	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	16567.1	
Separación entre piernas (m)	3.8	
Longitud de piernas (L) [m]	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [m]	8	
Cedula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	80	
Longitud de pandeo (Lp) [cm]	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) [mm]	219.10	
Espesor de pierna (Ep) [mm]	12.70	
Area de pierna (Ap) [cm ²]	82.35	dato comparado 1.1
Radio de giro (r) [cm]	7.31	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg/m]	64.64	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg/cm ²]	1888.07	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	99843.9823	
Módulo de pandeo (I) [cm ⁴]	27.36	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	1490.61	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	3036.04	
Area de requerida (Ar) [cm ²]	52.88	disminuir diametro 1.2
Eficiencia (%)	64.22	
SEGUNDA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg*m]	320371.7	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	16107.6	
Separación entre piernas (m)	3.8	
Longitud de piernas (L) [m]	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) [m]	8	
Cedula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	80	
Longitud de pandeo (Lp) [cm]	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) [mm]	219.10	
Espesor de pierna (Ep) [mm]	12.70	
Area de pierna (Ap) [cm ²]	82.35	dato comparado 1.2
Radio de giro (r) [cm]	7.31	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg/m]	64.64	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg/cm ²]	1888.07	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	98872.0355	
Módulo de pandeo (I) [cm ⁴]	27.36	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	1490.61	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	3072.83	
Area de requerida (Ar) [cm ²]	52.37	disminuir diametro 1.3
Eficiencia (%)	63.59	

SECCION 7

PRIMERA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg·m]	426480.4	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	17722.8	
Separación entre piernas (m)	4.3	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (in)	8	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	80	
Longitud de pandeo (Lp) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	219.10	
Espesor de pierna (t) (mm)	12.70	
Área de pierna (Ap) (cm ²)	82.35	dato comparado
Radio de giro (r) (cm)	7.31	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg·m]	64.64	
Esfuerzo permisible (Fai) [Kg/cm ²]	1888.07	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	116614.9455	
Módulo de pandeo (I) (27.36	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	2070.42	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	4199.64	
Área de requerida (Ar) (cm ²)	61.76	disminuir diámetro o espesor
Eficiencia (%)	75.00	
SEGUNDA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg·m]	419983.0	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	17096.1	
Separación entre piernas (m)	4.3	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (in)	8	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	80	
Longitud de pandeo (Lp) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	219.10	
Espesor de pierna (t) (mm)	12.70	
Área de pierna (Ap) (cm ²)	82.35	dato comparado
Radio de giro (r) (cm)	7.31	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg·m]	64.64	
Esfuerzo permisible (Fai) [Kg/cm ²]	1888.07	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	114882.4246	
Módulo de pandeo (I) (27.36	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	2070.42	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	4236.44	
Área de requerida (Ar) (cm ²)	60.85	disminuir diámetro o espesor
Eficiencia (%)	73.89	

SECCION 8

PRIMERA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg·m]	536624.8	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	18991.9	
Separación entre piernas (m)	4.8	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (in)	10	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	40	
Longitud de pandeo (Lp) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	273.05	
Espesor de pierna (Ep) (mm)	9.27	
Área de pierna (Ap) (cm ²)	76.82	dato comparado
Radio de giro (j) (cm)	9.33	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg·m]	60.30	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg·cm ²]	1924.52	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	131750.9915	
Módulo de pandeo (I) []	21.43	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	2692.31	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	5285.10	
Área de requerida (Ar) (cm ²)	68.46	disminuir espesor
Eficiencia (%)	89.12	
SEGUNDA ITERACIÓN		
Momento en la sección (M) [Kg·m]	526068.9	
Fuerza Cortante en la sección (S) [Kg]	18265.8	
Separación entre piernas (m)	4.8	
Longitud de piernas (L) (m)	6	
Diámetro nominal de Pierna (Dp) (in)	10	
Cédula de tubo para pierna (30, 40, 80, 160)	40	
Longitud de pandeo (Lp) (cm)	200	
Diámetro real de Pierna (Dp) (mm)	273.05	
Espesor de pierna (Ep) (mm)	9.27	
Área de pierna (Ap) (cm ²)	76.82	dato comparado
Radio de giro (j) (cm)	9.33	
Peso de pierna de la estructura (Wp) [Kg·m]	60.30	
Esfuerzo permisible (Fa) [Kg·cm ²]	1924.52	
Fuerza en cada pierna de la torre (Fp) [Kg]	129223.9013	
Módulo de pandeo (I) []	21.43	
Peso de la sección de la estructura debido a las diagonales (Wd) [Kg]	2692.31	
Peso de la sección de la estructura debido a las piernas (We) [Kg]	5321.90	
Área de requerida (Ar) (cm ²)	67.15	disminuir espesor
Eficiencia (%)	87.41	

CÁLCULO DE DIAGONALES

Longitud de la sección (mm)	6000.0	
Divisiones en la sección	3.0	
Ancho de la parte inferior (mm)	1800.0	
Ancho de la parte superior (mm)	1800.0	
Fuerza Cortante en la sección [S] (Kg)	978.5	
Fuerza en cada cara de la sección [S] (Kg)	564.91	
Diametro de la pierna de la sección (mm)	60.3	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diametro del barreno del angulo (mm)	16	
Angulo L (in)	1 1/2	OK
Espesor (in)	1/8	
Numero de barrenos para pernos en las esquinas del angulo	2.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal [β] (rad)	0.8380	
Angulo β corregido [β'] (rad)	0.8380	
Angulo entre piernas y la vertical [γ] (rad)	0.0000	
Distancia vertical de la diagonal [Y] (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas [Z] (mm)	2691	
Distancia diferencial [B] (mm)	0.000	
Distancia diferencial [C] (mm)	0.000	
Distancia diferencial [D] (mm)	0.000	
Distancia horizontal de centro de barreno al paño del angulo (mm)	19	
Distancia vertical de centro de barreno al paño del angulo (mm)	19	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales [X] (mm)	2690.72	
Longitud para restar [Lr] (mm)	102.475	
Longitud entre barrenos para las diagonales [L] (mm)	2485.775	
Longitud de cruce mayor [L1] (mm)	1242.888	
Longitud de cruce menor [L2] (mm)	1242.888	
Longitud x [Lx] (mm)	1864.331	
Radio de giro en eje X (cm)	1.17	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	0.78	Columna anterior
λ maximo	163.54	
Esfuerzo permisible (Fa) (Kg/cm ²)	505.14	
Area transversal (cm ²)	2.34	Columna anterior
Peso por un lado de la diagonal (Kg/m)	1.83	Columna anterior
Peso total de diagonal (kg)	83.13	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	422.23	
Fa permisible (Kg/cm ²)	673.53	Disminuir ángulo
Fa obtenido (Kg/cm ²)	180.75	
Eficiencia %	26.84	

Longitud de la sección (mm)	6000.0	
Divisiones en la sección	3.0	
Ancho de la parte inferior (mm)	1800.0	
Ancho de la partesuperior (mm)	1800.0	
Fuerza Cortante en la sección [S] (Kg)	2499.3	
Fuerza en cada cara de la sección [S] (Kg)	1442.98	
Diametro de la pierna de la sección (mm)	73.0	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diametro del barrenado del angulo (mm)	16	
Angulo L (in)	2	OK
Espesor (in)	1/8	
Número de barrenos para pernos en las esquinas del angulo	2.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal [β] (rad)	0.8380	
Angulo β corregido [β'] (rad)	0.8380	
Angulo entre piernas y la vertical [γ] (rad)	0.0000	
Distancia vertical de la diagonal [Y] (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas [Z] (mm)	2691	
Distancia diferencial [B] (mm)	0.000	
Distancia diferencial [C] (mm)	0.000	
Distancia diferencial [D] (mm)	0.000	
Distancia horizontal de centro de barrenado al paño del angulo (mm)	19	
Distancia vertical de centro de barrenado al paño del ángulo (mm)	19	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales [X] (mm)	2690.72	
Longitud para restar [Lr] (mm)	111.967	
Longitud entre barrenos para las diagonales [L] (mm)	2466.790	
Longitud de cruce mayor [L1] (mm)	1233.395	
Longitud de cruce menor [L2] (mm)	1233.395	
Longitud x [Lx] (mm)	1850.093	
Radio de giro en eje X (cm)	1.60	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.02	Columna anterior
λ maximo	120.92	
Esfuerzo permisible [Fa] (Kg/cm ²)	726.25	
Area transversal (cm ²)	3.15	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	2.46	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	194.05	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	1078.50	
Fa permisible (Kg/cm ²)	968.34	Disminuir ángulo
Fa obtenido (Kg/cm ²)	342.51	
Eficiencia %	35.37	

Longitud de la sección (mm)	6000.0	
Divisiones en la sección	3.0	
Ancho de la parte inferior (mm)	2300.0	
Ancho de la partesuperior (mm)	1800.0	
Fuerza Cortante en la sección [S] (Kg)	10710.3	
Fuerza en cada cara de la sección [S] (Kg)	6183.60	
Diámetro de la pierna de la sección (mm)	114.3	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diámetro del barreno del ángulo (mm)	22	
Angulo L (in)	2	OK
Espesor (in)	1/4	
Numero de barrenos para pernos en las esquinas del ángulo	2.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal [β] (rad)	0.7157	
Angulo β corregido [β'] (rad)	0.7341	
Angulo entre piernas y la vertical [γ] (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal [Y] (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas [Z] (mm)	3048	
Distancia diferencial [B] (mm)	83.333	
Distancia diferencial [C] (mm)	62.884	
Distancia diferencial [D] (mm)	54.682	
Distancia horizontal de centro de barreno al paño del ángulo (mm)	25	
Distancia vertical de centro de barreno al paño del ángulo (mm)	25	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales [X] (mm)	2985.57	
Longitud para restar [L'] (mm)	135.794	
Longitud entre barrenos para las diagonales [L] (mm)	2713.979	
Longitud de cruce mayor [L1] (mm)	1413.109	
Longitud de cruce menor [L2] (mm)	1300.870	
Longitud x [Lx] (mm)	2063.544	
Radio de giro en eje X (cm)	1.55	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	0.99	Columna anterior
z. maximo	142.74	
Esfuerzo permisible [Fa] (Kg/cm2)	587.50	
Area transversal (cm ²)	6.00	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	4.75	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	430.37	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	4164.26	
Fa permisible (Kg/cm ²)	783.33	Correcto
Fa obtenido (Kg/cm ²)	693.59	
Eficiencia %	88.54	

Longitud de la sección (mm)	6000.0	
Divisiones en la sección	3.0	
Ancho de la parte inferior (mm)	2800.0	
Ancho de la partesuperior (mm)	2300.0	
Fuerza Cortante en la sección [S] (Kg)	13923.6	
Fuerza en cada cara de la sección [S] (Kg)	8038.77	
Diametro de la pierna de la sección (mm)	219.1	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diámetro del barreno del angulo (mm)	25	
Ángulo L (in)	2 1/2	OK
Espesor (in)	3/16	
Número de barrenos para pernos en las esquinas del angulo	2.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Ángulo entre diagonales y la horizontal [β] (rad)	0.6202	
Ángulo β corregido [β'] (rad)	0.6346	
Ángulo entre piernas y la vertical [γ] (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal [Y] (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas [Z] (mm)	3441	
Distancia diferencial [B] (mm)	83.333	
Distancia diferencial [C] (mm)	67.811	
Distancia diferencial [D] (mm)	48.437	
Distancia horizontal de centro de barreno al paño del angulo (mm)	29	
Distancia vertical de centro de barreno al paño del angulo (mm)	29	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales [X] (mm)	3373.47	
Longitud para restar [Lr] (mm)	193.171	
Longitud entre barrenos para las diagonales [L] (mm)	2987.125	
Longitud de cruce mayor [L1] (mm)	1545.303	
Longitud de cruce menor [L2] (mm)	1441.822	
Longitud x [Lx] (mm)	2266.214	
Radio de giro en eje X (cm)	1.98	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.24	Columna anterior
λ máximo	124.62	
Esfuerzo permisible [Fa] (Kg/cm ²)	698.26	
Area transversal (cm ²)	5.87	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	4.61	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	683.05	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	4991.14	
Fa permisible (Kg/cm ²)	931.01	Correcto
Fa obtenido (Kg/cm ²)	850.92	
Eficiencia %	91.40	

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Longitud de la seccion (mm)	6000.0	
Divisiones en la seccion	3.0	
Ancho de la parte inferior (mm)	3300.0	
Ancho de la partesuperior (mm)	2800.0	
Fuerza Cortante en la seccion [S] (Kg)	15023.4	
Fuerza en cada cara de la seccion [S] (Kg)	8673.76	
Diámetro de la pierna de la seccion (mm)	219.1	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diámetro del barreno del angulo (mm)	25	
Angulo L (in)	2 1/2	OK
Espesor (in)	1/4	
Número de barrenos para pernos en las esquinas del angulo	1 00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal [β] (rad)	0.5449	
Angulo β corregido [α] (rad)	0.5563	
Angulo entre piernas y la vertical [γ] (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal [Y] (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas [Z] (mm)	3859	
Distancia diferencial [B] (mm)	83.333	
Distancia diferencial [C] (mm)	71.266	
Distancia diferencial [D] (mm)	43.192	
Distancia horizontal de centro de barreno al paño del angulo (mm)	29	
Distancia vertical de centro de barreno al paño del angulo (mm)	29	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales [X] (mm)	3787.74	
Longitud para restar [Lr] (mm)	180.985	
Longitud entre barrenos para las diagonales [L] (mm)	3425.765	
Longitud de cruce mayor [L1] (mm)	1761.947	
Longitud de cruce menor [L2] (mm)	1663.819	
Longitud x [Lx] (mm)	2593.856	
Radio de giro en eje X (cm)	1.96	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.24	Columna anterior
λ maximo	142.09	
Esfuerzo permisible 'Fa' (Kg/cm ²)	585.37	
Area transversal (cm ²)	7.60	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	6.10	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	1065.57	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	5106.82	
Fa permisible (Kg/cm ²)	780.49	Correcto
Fa obtenido (Kg/cm ²)	671.59	
Eficiencia %	86.05	

Longitud de la sección (mm)	6000.0	
Divisiones en la sección	3.0	
Ancho de la parte inferior (mm)	3800.0	
Ancho de la parte superior (mm)	3300.0	
Fuerza Cortante en la sección [S] (Kg)	16107.6	
Fuerza en cada cara de la sección [S] (Kg)	9299.75	
Diametro de la pierna de la sección (mm)	273.1	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diametro del barreno del angulo (mm)	25	
Angulo L (in)	2 1/2	OK
Espesor (in)	1/4	
Numero de barrenos para pernos en las esquinas del angulo	1.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal [β] (rad)	0.4845	
Angulo β corregido [β'] (rad)	0.4937	
Angulo entre piernas y la vertical [γ] (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal [Y] (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas [Z] (mm)	4294	
Distancia diferencial [B] (mm)	83.333	
Distancia diferencial [C] (mm)	73.743	
Distancia diferencial [D] (mm)	38.812	
Distancia horizontal de centro de barreno al pano del angulo (mm)	29	
Distancia vertical de centro de barreno al pano del angulo (mm)	30	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales [X] (mm)	4220.62	
Longitud para restar [Lr] (mm)	203.790	
Longitud entre barrenos para las diagonales [L] (mm)	3813.037	
Longitud de cruce mayor [L1] (mm)	1953.835	
Longitud de cruce menor [L2] (mm)	1859.202	
Longitud x' [Lx'] (mm)	2883.436	
Radio de giro en eje X (cm)	1.96	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.24	Columna anterior
z_maximo	157.57	
Esfuerzo permisible [Fa] (Kg/cm ²)	524.48	
Area transversal (cm ²)	7.60	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	8.10	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	1490.61	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	5280.36	
Fa permisible (Kg/cm ²)	699.30	Correcto
Fa obtenido (Kg/cm ²)	694.41	
Eficiencia %	99.30	

Longitud de la sección (mm)	6000.0	
Divisiones en la sección	3.0	
Ancho de la parte inferior (mm)	4300.0	
Ancho de la parte superior (mm)	3800.0	
Fuerza Cortante en la sección [S] (Kg)	17096.1	
Fuerza en cada cara de la sección [S] (Kg)	9870.46	
Diámetro de la pierna de la sección (mm)	273.1	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diámetro del barreno del angulo (mm)	25	
Angulo L (m)	2 1/2	OK
Espesor (m)	5/16	
Numero de barrenos para pernos en las esquinas del angulo	1.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal [β] (rad)	0.4354	
Angulo β corregido [β'] (rad)	0.4429	
Angulo entre piernas y la vertical [γ] (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal [Y] (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas [Z] (mm)	4742	
Distancia diferencial [B] (mm)	83.333	
Distancia diferencial [C] (mm)	75.560	
Distancia diferencial [D] (mm)	35.144	
Distancia horizontal de centro de barreno al paño del angulo (mm)	29	
Distancia vertical de centro de barreno al paño del angulo (mm)	29	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales [X] (mm)	4666.93	
Longitud para restar [Lr] (mm)	197.695	
Longitud entre barrenos para las diagonales [L] (mm)	4271.544	
Longitud de cruce mayor [L1] (mm)	2181.888	
Longitud de cruce menor [L2] (mm)	2089.656	
Longitud x [Lx] (mm)	3226.716	
Radio de giro en eje X (cm)	1.93	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.22	Columna anterior
λ maximo	178.84	
Esfuerzo permisible [Fa] (Kg/cm ²)	469.53	
Area transversal (cm ²)	9.41	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	7.44	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	2070.42	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	5462.23	
Fa permisible (Kg/cm ²)	626.03	Correcto
Fa obtenido (Kg/cm ²)	580.54	
Eficiencia %	92.73	

Longitud de la sección (mm)	6000.0	
Divisiones en la sección	3.0	
Ancho de la parte inferior (mm)	4800.0	
Ancho de la parte superior (mm)	4300.0	
Fuerza Cortante en la sección [S] (Kg)	18265.8	
Fuerza en cada cara de la sección [S] (Kg)	10545.78	
Diámetro de la pierna de la sección (mm)	323.9	
Ancho de soldadura considerada para las placas (mm)	10	
Diámetro del barrenado del ángulo (mm)	25	
Angulo L (in)	3	OK
Espesor (in)	1/4	
Número de barrenos para pernos en las esquinas del ángulo	2.00	
Distancia entre barrenos contiguos	NO APLICA	
Angulo entre diagonales y la horizontal [β] (rad)	0.3948	
Angulo β corregido [β'] (rad)	0.4010	
Angulo entre piernas y la vertical [γ] (rad)	0.0416	
Distancia vertical de la diagonal [Y] (mm)	2000	
Distancia diagonal de centro a centro de piernas [Z] (mm)	5200	
Distancia diferencial [B] (mm)	83.333	
Distancia diferencial [C] (mm)	76.923	
Distancia diferencial [D] (mm)	32.051	
Distancia horizontal de centro de barrenado al paño del ángulo (mm)	29	
Distancia vertical de centro de barrenado al paño del ángulo (mm)	29	
Longitud total de centro a centro de piernas para las diagonales [X] (mm)	5123.18	
Longitud para restar [Lr] (mm)	220.957	
Longitud entre barrenos para las diagonales [L] (mm)	4681.264	
Longitud de cruce mayor [L1] (mm)	2385.890	
Longitud de cruce menor [L2] (mm)	2295.374	
Longitud x [Lx] (mm)	3533.577	
Radio de giro en eje X (cm)	2.36	Columna anterior
Radio de giro en eje Z (cm)	1.59	Columna anterior
λ _{maximo}	150.06	
Esfuerzo permisible [Fa] (Kg/cm ²)	549.18	
Area transversal (cm ²)	9.20	Columna anterior
Peso por unidad de longitud (Kg/m)	7.29	Columna anterior
Peso total de diagonal (Kg)	2692.31	
Fuerza sobre las diagonales (Kg)	5727.34	
Fa permisible (Kg/cm ²)	732.24	Disminuir ángulo
Fa obtenido (Kg/cm ²)	622.25	
Eficiencia %	84.98	

CÁLCULO DE PERNOS

Sección	III-1	
Perno nominal seleccionado	1/2	
Grado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	422.23	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	738.90	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	3178.52	Correcto
Diámetro de barrenos (mm)	16	
Distancia mínima del centro del barrenos al borde del ángulo	19	
Eficiencia %	23.25	

Sección	III-2	
Perno nominal seleccionado	1/2	
Grado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	1078.50	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	1887.38	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	3178.52	Correcto
Diámetro de barrenos (mm)	16	
Distancia mínima del centro del barrenos al borde del ángulo	19	
Eficiencia %	59.38	

Sección	III-3	
Perno nominal seleccionado	3/4	
Grado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	4164.26	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	7287.46	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	7477.85	Correcto
Diámetro de barrenos (mm)	22	
Distancia mínima del centro del barrenos al borde del ángulo	25	
Eficiencia %	97.45	

Sección	III-4	
Perno nominal seleccionado	7/8	
Grado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	4991.14	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	8734.49	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	10340.60	Correcto
Diámetro de barrenos (mm)	25	
Distancia mínima del centro del barrenos al borde del ángulo	29	
Eficiencia %	84.47	

Sección	1111-5	
Perno nominal seleccionado	7/8	
Girado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	5106.82	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	8936.94	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	10340.60	Correcto
Díametro de barrenos (mm)	25	
Distancia mínima del centro del barrenos al borde del ángulo	29	
Eficiencia %	86.43	

Sección	1111-6	
Perno nominal seleccionado	7/8	
Girado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	5280.36	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	9240.63	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	10340.60	Correcto
Díametro de barrenos (mm)	25	
Distancia mínima del centro del barrenos al borde del ángulo	29	
Eficiencia %	89.36	

Sección	1111-7	
Perno nominal seleccionado	7/8	
Girado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	5462.23	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	9558.89	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	10340.60	Correcto
Díametro de barrenos (mm)	25	
Distancia mínima del centro del barrenos al borde del ángulo	29	
Eficiencia %	92.44	

Sección	1111-8	
Perno nominal seleccionado	7/8	
Girado del perno	5	
Número de pernos	1.00	
Fuerza sobre la diagonal (Kg)	5727.34	
Fuerza actuante en el perno (Kg)	10022.84	
Fuerza permisible en el perno por cortante (Kg)	10340.60	Correcto
Díametro de barrenos (mm)	25	
Distancia mínima del centro del barrenos al borde del ángulo	29	
Eficiencia %	96.93	

TABLAS DE PERNOS

ESFUERZOS EN PERNOS						
Medida Nominal	Area	Diámetro	Pernos grado		Pernos grado 5	
			Cortante	Tension	Cortante	Tension
			fbv=1860 Kg	fbt=2300 Kg	fbv=3470 Kg	fbt=4300 Kg
in	cm ²	mm				
1/2	0.92	12.70	1,704	2,107	3,179	3,939
5/8	1.46	15.87	2,712	3,353	5,059	6,269
3/4	2.16	19.05	4,008	4,957	7,478	9,267
7/8	2.98	22.23	5,543	6,854	10,341	12,814
1	3.91	25.40	7,273	8,993	13,568	16,813
1 1/8	4.92	28.58	9,151	11,316	17,072	21,156
1 1/4	6.25	31.75	11,625	14,375	21,688	26,875
1 1/2	9.09	38.10	16,907	20,907	31,542	39,087
1 3/4	12.25	44.40	22,785	28,175	42,508	52,675
2.00	16.13	50.80	30,002	37,099	55,971	69,359
Tipo de pernos	Pernos	Pernos 5	Tensión		Tb=Máxima fuerza en Ton	
f _{bu} =esfuerzo último en tensión	5,000 kg/cm ²	8,000 kg/cm ²	Tb=Abe*f _{bt} f _{bt} =.77*min(.7f _{bu} ;f _{by})		Abe=área del corazón para tensión	
f _{by} =esfuerzo de fluencia	3,000 kg/cm ²	6,400 kg/cm ²	Compresión		Abv=área del corazón para cortante	
			Vbc=Abv*f _{bv} f _{bv} =.62*min(.7f _{bu} ;f _{by})		f _{bt} =esfuerzo permisible en tensión	
					Vbc=esfuerzo permisible en tensión	

DISTANCIA MÍNIMA AL BORDE DEL CENTRO DE UN AGUJERO ESTANDAR AL BORDE DE LA PARTE CONECTADA		
Diámetro Nominal del Remache o Tornillo		Bordes Laminados de Perfiles, Placas o Soleras, o Bordes Cortados con Soplete
in	mm	mm
1/2	13.0	19.0
5/8	16.0	22.0
3/4	19.0	25.0
7/8	22.0	29.0
1	25.0	32.0
1 1/8	29.0	38.0
1 1/4	32.0	41.0
Más de 1 1/4	Más de 31.8	1.25 X Diámetro

PRIMERA ITERACIÓN

SECCIÓN	ALTURA SUPERIOR (m)	ALTURA INFERIOR (m)	ANCHO SUPERIOR (m)	ANCHO INFERIOR (m)	ALTURA DE APLICACIÓN DE Fc (m)	FUERZAS DE ACCESORIOS (Kg)
III 1	48	42	1.8	1.8	0	0
III 2	42	36	1.8	1.8	40	530.94
III 3	36	30	1.8	2.3	55	7195.98
III 4	30	24	2.3	2.8	50	493.25
III 5	24	18	2.8	3.3	0	0
III 6	18	12	3.3	3.8	0	0
III 7	12	6	3.8	4.3	0	0
III 8	6	0	4.3	4.8	0	0

SECCIÓN	ALTURA DE APLICACIÓN DE Fc (m)	FUERZAS DE ACCESORIOS (Kg)	ALTURA DE APLICACIÓN DE Fa (m)	FUERZA DE VIENTO (Kg)	MOMENTO ACUMULADO (Kg*m)	CORTANTE ACUMULADO (Kg)
III 1	0		48	922.47	2767.40	922.47
III 2	0		39	963.55	13316.63	2426.96
III 3	0		30	1120.65	67166.27	10733.59
III 4	25	1581.89	25	1269.92	139912.96	14078.65
III 5	0		21	1214.77	228029.11	15293.42
III 6	0		15	1273.67	375610.64	16567.09
III 7	0		9	1155.75	426480.42	17722.84
III 8	0		3	1269.10	576624.77	18901.94

SEGUNDA ITERACIÓN

SECCIÓN	ALTURA SUPERIOR (m)	ALTURA INFERIOR (m)	ANCHO SUPERIOR (m)	ANCHO INFERIOR (m)	ALTURA DE APLICACIÓN DE Fc (m)	FUERZAS DE ACCESORIOS (Kg)	ALTURA DE APLICACIÓN DE Fc (m)	FUERZAS DE ACCESORIOS (Kg)
III 1	48	42	1.8	1.8	0	0		
III 2	42	36	1.8	1.8	40	530.94		
III 3	36	30	1.8	2.3	55	7195.98		
III 4	30	24	2.3	2.8	50	493.25	25	1581.89
III 5	24	18	2.8	3.3	0	0		
III 6	18	12	3.3	3.8	0	0		
III 7	12	6	3.8	4.3	0	0		
III 8	6	0	4.3	4.8	0	0		

SECCIÓN	ALTURA DE APLICACIÓN DE Fc (m)	FUERZA DE VIENTO (Kg)	MOMENTO ACUMULADO (Kg*m)	CORTANTE ACUMULADO (Kg)	DIAMETRO DE PIERNAS (in)	ESPESOR (mm)	EFICIENCIA	DIAGONAL (in)	EFICIENCIA		
III 1	45.00	978.46	2945.77	978.46	3	3.91	23.07	1.122	X	1.8	26.84
III 2	39.10	989.88	11291.57	2494.28	4	5.84	79.71	2	X	1.8	35.37
III 3	33.10	1015.05	17921.26	10733.57	4	8.56	21.80	2	X	1.4	88.54
III 4	27.00	1138.10	10737.85	14923.88	6	7.11	88.42	2.722	X	3.16	91.40
III 5	21.00	1099.83	129078.69	5823.34	6	10.97	80.84	2.722	X	1.4	86.05
III 6	15.00	1084.25	153371.79	16697.64	8	12.70	63.69	2.722	X	1.4	99.30
III 7	9.00	988.49	173983.06	17369.23	8	12.70	75.89	2.722	X	5.16	92.93
III 8	3.00	1169.70	876685.87	18268.82	10	9.27	87.41	3	X	1.4	84.98

III.1.2.5 Cálculo mediante STAAD PRO.

```

*****
*
*          STAAD.Pro
*          Version 2001   Bld 1005 Patch Nov 01
*          Proprietary Program of
*          Research Engineers, Intl.
*          Date=   JAN 27, 2002
*          Time=   15:24:48
*
*          USER ID: INFRACOMEX
*****
    
```

1. STAAD SPACE TORREHH CFE
2. START JOB INFORMATION
3. JOB NAME TESIS
4. JOB CLIENT HIRAM GARCIA Y HECTOR MORENO
5. JOB NO ANÁLISIS Y DISEÑO DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELECOMUNICACIONES
6. JOB PART CAPÍTULO III
7. ENGINEER NAME HIRAM
8. ENGINEER DATE 11-NOV-01
9. END JOB INFORMATION
10. INPUT WIDTH 79
11. UNIT METER KG
12. JOINT COORDINATES
13. 2 -2.4 0 1.38564; 3 2.4 0 1.3856; 4 -0.750002 36.0001 0.433001
14. 5 0.750002 36.0001 0.433001; 6 -0.750002 48.0001 0.433001
15. 7 0.750002 48.0001 0.433001; 76 -1.025 30.0001 0.591775; 77 -1.3 24 0.750548
16. 78 -1.575 18 0.909322; 79 -1.85 12 1.0681; 80 -2.125 6.00001 1.22687
17. 81 1.025 30.0001 0.591768; 82 1.3 24 0.750535; 83 1.575 18 0.909302
18. 84 1.85 12 1.06807; 85 2.125 6.00001 1.22684; 86 -2.21667 4.00001 1.27979
19. 87 -2.30834 2 1.33272; 88 -1.94167 10 1.12102; 89 -2.03334 8.00002 1.17394
20. 90 -1.66667 16 0.962246; 91 -1.75834 14 1.01517; 92 -1.39167 22 0.803473
21. 93 1.48334 20 0.856397; 94 -1.11667 28.0001 0.644699
22. 95 -1.20834 26.0001 0.697624; 96 -0.841668 34.0001 0.485925
23. 97 -0.933335 32.0001 0.53885; 98 0.841668 34.0001 0.485923
24. 99 0.933335 32.0001 0.538846; 100 1.11667 28.0001 0.64469
25. 101 1.20834 26.0001 0.697613; 102 1.39167 22 0.803457; 103 1.48334 20 0.856379
26. 104 1.66667 16 0.962224; 105 1.75834 14 1.01515; 106 1.94167 10 1.12099
27. 107 2.03334 8.00002 1.17391; 108 2.21667 4.00001 1.27976
28. 109 2.30834 2 1.33268; 110 -0.750002 42.0001 0.433001
29. 111 0.750002 42.0001 0.433001; 112 -0.750002 40.0001 0.433001
30. 113 -0.750002 38.0001 0.433001; 114 -0.750002 46.0001 0.433001
31. 115 -0.750002 44.0001 0.433001; 116 0.750002 40.0001 0.433001
32. 117 0.750002 38.0001 0.433001; 118 0.750002 46.0001 0.433001
33. 119 0.750002 44.0001 0.433001; 120 -7.67011E-008 1.01947 1.35865
34. 121 1.88636E-007 3.022026 1.3057; 122 1.60794E-007 5.02112 1.25276
35. 123 -4.22837E-008 7.022206 1.19981; 124 1.68857E-007 9.02308 1.14686
36. 125 -9.14657E-008 11.0242 1.0939; 126 1.28337E-007 13.0254 1.04095
37. 127 -2.55762E-007 15.0268 0.987989; 128 -2.02429E-007 17.0283 0.935025
38. 129 -1.75248E-007 19.03 0.882057; 130 2.4899E-007 21.0319 0.829083
39. 131 2.32555E-007 23.0341 0.776102; 132 3.32363E-007 25.0366 0.723112
40. 133 -4.58451E-007 27.0395 0.670113; 134 5.96897E-007 29.0429 0.6171
41. 135 -2.12535E-007 31.0469 0.564071; 136 -6.85527E-008 33.0517 0.511019

42. 137 1.36746E-007 35.0577 0.457939; 138 7.76329E-007 37.0001 0.433001
 43. 139 1.80478E-016 39 0001 0.433001; 140 7.76329E-007 41.0001 0.433001
 44. 141 -7.76329E-007 43.0001 0.433001; 142 -1.80478E-016 45.0001 0.433001
 45. 143 -7.76329E-007 47.0001 0.433001; 144 -3.53026E-005 0 -2.77126
 46. 145 -1.11232E-005 36.0001 -0.866021; 146 -1.11232E-005 48.0001 -0.866021
 47. 147 -1.38383E-005 30.0001 -1.18356; 148 -1.76193E-005 24 -1.5011
 48. 149 -2.13583E-005 18 -1.81864; 150 -2.42163E-005 12 -2.13618
 49. 151 -2.5383E-005 6.00001 -2.45372; 152 -1.2352E-005 34.0001 -0.971867
 50. 153 -1.31843E-005 32.0001 -1.07771; 154 -1.7102E-005 28.0001 -1.28941
 51. 155 -1.94845E-005 26 0001 1.39526; 156 7.07925E-005 22 -1.60695
 52. 157 -2.40562E-005 20 1.7178; 158 -2.40739E-005 16 1.92349
 53. 159 -2.44483E-005 14 2.03034; 160 2.90967E-005 10 -2.24203
 54. 161 -3.40871E-005 8.00002 -2.34788; 162 -3.03733E-005 4.00001 -2.55957
 55. 163 -3.53507E-005 2 -2.66542; 164 -1.11232E-005 42.0001 -0.866021
 56. 165 -1.11232E-005 40.0001 -0.866021; 166 -1.11232E-005 38.0001 -0.866021
 57. 167 -1.11232E-005 46.0001 -0.866021; 168 -1.11232E-005 44.0001 -0.866021
 58. 169 1.17663 1.01947 0.679325; 170 1.13077 3.02026 -0.65285
 59. 171 1.08492 5.02112 -0.62638; 172 1.03907 7.02206 -0.599905
 60. 173 0.99321 9.02308 0.57343; 174 0.947345 11.0242 -0.54695
 61. 175 0.901489 13.0254 -0.520475; 176 0.855624 15.0268 -0.493994
 62. 177 0.809755 17.0283 -0.467512; 178 0.763884 19.03 -0.441028
 63. 179 0.718007 21.0319 -0.414542; 180 0.672124 23.0341 -0.388051
 64. 181 0.626233 25.0366 -0.361556; 182 0.580335 27.0395 -0.335056
 65. 183 0.534424 29.0429 -0.308551; 184 0.4885 31.0469 -0.282035
 66. 185 0.442555 33.0517 -0.255509; 186 0.396587 35.0577 -0.22897
 67. 187 0.37499 37.0001 -0.216501; 188 0.37499 39.0001 -0.216501
 68. 189 0.37499 41.0001 -0.216501; 190 0.37499 43.0001 -0.2165
 69. 191 0.37499 45.0001 -0.216501; 192 0.37499 47.0001 -0.2165
 70. 193 -1.17663 1.01447 -0.679325; 194 -1.13077 3.02026 -0.65285
 71. 195 -1.08492 5.02112 -0.62638; 196 -1.03907 7.02206 -0.599905
 72. 197 -0.99321 9.02308 -0.57343; 198 -0.947345 11.0242 -0.54695
 73. 199 -0.901489 13.0254 -0.520475; 200 -0.855624 15.0268 -0.493995
 74. 201 -0.809755 17.0283 -0.467513; 202 -0.763884 19.03 -0.441029
 75. 203 -0.718007 21.0319 -0.414541; 204 -0.672124 23.0341 -0.388051
 76. 205 -0.626234 25.0366 -0.361556; 206 -0.580335 27.0395 -0.335057
 77. 207 -0.534425 29.0429 -0.308549; 208 -0.4885 31.0469 -0.282036
 78. 209 -0.442555 33.0517 -0.25551; 210 -0.396587 35.0577 -0.228969
 79. 211 -0.37499 37.0001 -0.2165; 212 -0.37499 39.0001 -0.216501
 80. 213 -0.37499 41.0001 -0.2165; 214 -0.37499 43.0001 -0.216501
 81. 215 -0.37499 45.0001 -0.216501; 216 -0.37499 47.0001 -0.216501
 82. MEMBER INCIDENCES
 83. 1 4 96; 2 5 98; 3 76 94; 4 77 92; 5 78 90; 6 79 88; 7 80 86; 8 81 100
 84. 9 82 102; 10 83 104; 11 84 106; 12 85 108; 13 86 87; 14 87 2; 15 88 89
 85. 16 89 80; 17 90 91; 18 91 79; 19 92 93; 20 93 78; 21 94 95; 22 95 77; 23 96 97
 86. 24 97 76; 25 98 99; 26 99 81; 27 100 101; 28 101 82; 29 102 103; 30 103 83
 87. 31 104 105; 32 105 84; 33 106 107; 34 107 85; 35 108 109; 36 109 3; 37 3 120
 88. 38 87 121; 39 108 122; 40 80 123; 41 107 124; 42 88 125; 43 84 126; 44 91 127
 89. 45 104 128; 46 78 129; 47 103 130; 48 92 131; 49 82 132; 50 95 133; 51 100 134
 90. 52 76 135; 53 99 136; 54 96 137; 55 2 120; 56 109 121; 57 86 122; 58 85 123
 91. 59 89 124; 60 106 125; 61 79 126; 62 105 127; 63 90 128; 64 83 129; 65 93 130
 92. 66 102 131; 67 77 132; 68 101 133; 69 94 134; 70 81 135; 71 97 136; 72 98 137
 93. 73 4 5; 74 6 114; 75 7 118; 76 110 112; 77 111 116; 78 112 113; 79 113 4
 94. 80 114 115; 81 115 110; 82 116 117; 83 117 5; 84 118 119; 85 119 111; 86 5 138
 95. 87 113 139; 88 116 140; 89 110 141; 90 119 142; 91 114 143; 92 4 138
 96. 93 117 139; 94 112 140; 95 111 141; 96 115 142; 97 116 143; 98 6 7; 99 120 87
 97. 100 120 109; 101 121 108; 102 121 86; 103 122 80; 104 122 85; 105 123 107

98. 106 123 89; 107 124 88; 108 124 106; 109 125 84; 110 125 79; 111 126 91
 99. 112 126 105; 113 127 104; 114 127 90; 115 128 78; 116 128 83; 117 129 103
 100. 118 129 93; 119 130 92; 120 130 102; 121 131 82; 122 131 77; 123 132 95
 101. 124 132 101; 125 133 100; 126 133 94; 127 134 76; 128 134 81; 129 135 99
 102. 130 135 97; 131 136 96; 132 136 98; 133 137 5; 134 137 4; 135 138 113
 103. 136 138 117; 137 139 116; 138 139 112; 139 140 110; 140 140 111; 141 141 119
 104. 142 141 115; 143 142 114; 144 142 118; 145 143 7; 146 143 6; 147 145 152
 105. 148 147 154; 149 148 156; 150 149 158; 151 150 160; 152 151 162; 153 152 153
 106. 154 153 147; 155 154 155; 156 155 148; 157 156 157; 158 157 149; 159 158 159
 107. 160 159 150; 161 160 161; 162 161 151; 163 162 163; 164 163 144; 165 144 169
 108. 166 109 170; 167 162 171; 168 85 172; 169 161 173; 170 106 174; 171 150 175
 109. 172 105 176; 173 158 177; 174 83 178; 175 157 179; 176 102 180; 177 148 181
 110. 178 101 182; 179 154 183; 180 81 184; 181 153 185; 182 98 186; 183 3 169
 111. 184 163 170; 185 108 171; 186 151 172; 187 107 173; 188 160 174; 189 84 175
 112. 190 159 176; 191 104 177; 192 149 178; 193 103 179; 194 156 180; 195 82 181
 113. 196 155 182; 197 100 183; 198 147 184; 199 99 185; 200 152 186; 201 5 145
 114. 202 146 167; 203 164 165; 204 165 166; 205 166 145; 206 167 168; 207 168 164
 115. 208 145 187; 209 117 188; 210 165 189; 211 111 190; 212 168 191; 213 118 192
 116. 214 5 187; 215 166 188; 216 116 189; 217 164 190; 218 119 191; 219 167 192
 117. 220 7 146; 221 169 189; 222 169 163; 223 170 162; 224 170 108; 225 171 85
 118. 226 171 151; 227 172 161; 228 172 107; 229 173 106; 230 173 160; 231 174 150
 119. 232 174 84; 233 175 195; 234 175 159; 235 176 158; 236 176 104; 237 177 83
 120. 238 177 149; 239 178 157; 240 178 103; 241 179 102; 242 179 156; 243 180 148
 121. 244 180 82; 245 181 101; 246 181 155; 247 182 154; 248 182 100; 249 183 81
 122. 250 183 147; 251 184 153; 252 184 99; 253 185 98; 254 185 152; 255 186 145
 123. 256 186 5; 257 187 117; 258 187 166; 259 188 165; 260 188 116; 261 189 111
 124. 262 189 164; 263 190 168; 264 190 119; 265 191 118; 266 191 167; 267 192 146
 125. 268 192 7; 269 2 193; 270 163 194; 271 86 195; 272 151 196; 273 89 197
 126. 274 160 198; 275 79 199; 276 159 200; 277 90 201; 278 149 202; 279 93 203
 127. 280 156 204; 281 77 205; 282 155 206; 283 94 207; 284 147 208; 285 97 209
 128. 286 152 210; 287 144 193; 288 87 194; 289 162 195; 290 80 196; 291 161 197
 129. 292 88 198; 293 150 199; 294 91 200; 295 158 201; 296 78 202; 297 157 203
 130. 298 92 204; 299 148 205; 300 95 206; 301 154 207; 302 76 208; 303 153 209
 131. 304 96 210; 305 145 4; 306 4 211; 307 166 212; 308 112 213; 309 164 214
 132. 310 115 215; 311 167 216; 312 145 211; 313 113 212; 314 165 213; 315 110 214
 133. 316 168 215; 317 114 216; 318 146 6; 319 193 163; 320 193 87; 321 194 86
 134. 322 194 162; 323 195 151; 324 195 80; 325 196 89; 326 196 161; 327 197 160
 135. 328 197 88; 329 198 79; 330 198 150; 331 199 159; 332 199 91; 333 200 90
 136. 334 200 158; 335 201 149; 336 201 78; 337 202 93; 338 202 157; 339 203 156
 137. 340 203 92; 341 204 77; 342 204 148; 343 205 155; 344 205 95; 345 206 94
 138. 346 206 154; 347 207 147; 348 207 76; 349 208 97; 350 208 153; 351 209 152
 139. 352 209 96; 353 210 4; 354 210 145; 355 211 166; 356 211 113; 357 212 112
 140. 358 212 165; 359 213 164; 360 213 110; 361 214 115; 362 214 168; 363 215 167
 141. 364 215 114; 365 216 6; 366 216 146
 142. MEMBER PROPERTY AMERICAN
 143. 7 12 TO 14 35 36 152 163 164 TABLE ST PIPE OD 0.27305 ID 0.254458
 144. 6 11 15 16 33 34 151 161 162 TABLE ST PIPE OD 0.2191 ID 0.1937
 145. 5 10 17 18 31 32 150 159 160 TABLE ST PIPE OD 0.2191 ID 0.1937
 146. 4 9 19 20 29 30 149 157 158 TABLE ST PIPE OD 0.1683 ID 0.14636
 147. 3 8 21 22 27 28 148 155 156 TABLE ST PIPE OD 0.1683 ID 0.15408
 148. 1 2 23 TO 26 147 153 154 TABLE ST PIPE OD 0.1143 ID 0.09718
 149. 76 TO 79 82 83 203 TO 205 TABLE ST PIPE OD 0.0603 ID 0.0492177
 150. 74 75 80 81 84 85 202 206 207 TABLE ST PIPE OD 0.0603 ID 0.05248
 151. 37 TO 39 55 TO 57 99 TO 104 165 TO 167 183 TO 185 221 TO 226 269 TO 271 -
 152. 287 TO 289 319 TO 324 TABLE ST L30304
 153. 86 TO 88 92 TO 94 135 TO 140 208 TO 210 214 TO 216 257 TO 262 306 TO 308 -

154. 312 TO 314 355 TO 360 TABLE ST L20202
 155. MEMBER PROPERTY BRITISH
 156. 89 TO 91 95 TO 98 141 TO 146 211 TO 213 217 TO 220 263 TO 268 309 TO 311 -
 157. 315 TO 318 361 TO 366 TABLE ST UA40X40X3
 158. MEMBER PROPERTY AMERICAN
 159. 40 TO 42 58 TO 60 105 TO 110 168 TO 170 186 TO 188 227 TO 232 272 TO 274 -
 160. 290 TO 292 325 TO 330 TABLE ST L25255
 161. 43 TO 45 61 TO 63 111 TO 116 171 TO 173 189 TO 191 233 TO 238 275 TO 277 -
 162. 293 TO 295 331 TO 336 TABLE ST L25254
 163. 46 TO 48 64 TO 66 117 TO 122 174 TO 176 192 TO 194 239 TO 244 278 TO 280 -
 164. 296 TO 298 337 TO 342 TABLE ST L25254
 165. 49 TO 51 67 TO 69 123 TO 128 177 TO 179 195 TO 197 245 TO 250 281 TO 283 -
 166. 299 TO 301 343 TO 348 TABLE ST L25253
 167. 52 TO 54 70 TO 73 129 TO 134 180 TO 182 198 TO 201 251 TO 256 284 TO 286 -
 168. 302 TO 305 349 TO 354 TABLE ST L20204
 169. UNIT INCHES KIP
 170. CONSTANTS
 171. E STEEL ALL
 172. POISSON STEEL ALL
 173. DENSITY STEEL ALL
 174. ALPHA 6.5E-006 MEMB 40 TO 54 58 TO 73 105 TO 134 168 TO 182 186 TO 201 227 -
 175. 228 TO 256 272 TO 286 290 TO 305 325 TO 354
 176. UNIT METER KG
 177. MEMBER RELEASE
 178. 73 98 TO 146 201 220 TO 268 305 318 TO 366 END MX MY MZ
 179. 37 TO 73 86 TO 98 165 TO 201 208 TO 220 269 TO 318 START MX MY MZ
 180. SUPPORTS
 181. 2 3 144 PINNED
 182. LOAD 1 PESO PROF10
 183. SELFWEIGHT Y -1
 184. LOAD 2 CARGA MUERTA
 185. JOINT LOAD
 186. 112 116 165 FY -113.434
 187. 4 5 96 98 FY -403.5
 188. 76 81 147 FY -113.434
 189. 77 82 99 101 148 155 FY -63.5
 190. 4 5 112 116 FY -8.585
 191. 113 117 FY -17.17
 192. 88 TO 107 FY -25.75
 193. 86 87 108 109 FY -12.875
 194. LOAD 3 CARGA VIVA
 195. JOINT LOAD
 196. 6 7 146 FY -100
 197. LOAD 4 FRECUENCIA NATURAL
 198. SELFWEIGHT Z -1
 199. JOINT LOAD
 200. 112 116 165 FZ -113.434
 201. 4 5 96 98 FZ -403.5
 202. 76 81 147 FZ -113.434
 203. 77 82 99 101 148 155 FZ -63.5
 204. 4 5 112 116 FZ -8.585
 205. 113 117 FZ -17.17
 206. 88 TO 107 FZ -25.75
 207. 86 87 108 109 FZ -12.875
 208. CALCULATE NATURAL FREQUENCY
 209. LOAD 5 CARGA DE VIENTO

210. JOINT LOAD
 211. 6 7 FZ -76.9
 212. 114 115 118 119 FZ -153.8
 213. 110 111 FZ -157.2
 214. 112 113 116 117 FZ -160.6
 215. 4 5 FZ -173.7
 216. 96 TO 99 FZ -186.8
 217. 76 81 FZ -199.2
 218. 94 95 100 101 FZ -211.6
 219. 77 82 FZ -207
 220. 92 93 102 103 FZ -202.4
 221. 78 83 FZ -207.3
 222. 90 91 104 105 FZ -212.2
 223. 79 84 FZ -202.4
 224. 88 89 106 107 FZ -192.6
 225. 80 85 FZ -202.1
 226. 86 87 108 109 FZ -211.6
 227. 2 3 FZ -105.8
 228. LOAD 6 CARGA DE VIENTO SOBRE ANTENAS
 229. JOINT LOAD
 230. 112 116 165 FZ -176.98
 231. 4 5 96 98 FZ -1798.99
 232. 76 81 147 FZ -164.42
 233. 77 82 95 101 148 155 FZ -263.65
 234. LOAD COMB 7 0.75(CV+CM+PP+VIENTO)
 235. 1 0.75 2 0.75 3 0.75 5 0.75 6 0.75
 236. PERFORM ANALYSIS

PROBLEM STATISTICS

 NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 147/ 366/ 3
 ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH= 142/ 9/ 60 DOF
 TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 6, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 873
 SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 53 DOUBLE KILO-WORDS
 REQD/AVAIL. DISK SPACE = 13.2/ 9641.9 MB, EXMEM = 1528.9 MB

 *
 * RAYLEIGH FREQUENCY FOR LOADING 4 = 1.95152 CPS *
 * MAX DEFLECTION = 13.57456 CM GLO 2, AT JOINT 6 *
 *

237. LOAD LIST 7
 238. PRINT SUPPORT REACTION
 SUPPORT REACTION

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG METE STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
2	7	-3322.77	-45374.33	2620.50	0.00	0.00	0.00
3	7	3322.74	-45372.89	2620.53	0.00	0.00	0.00
144	7	0.02	99513.47	9002.71	0.00	0.00	0.00

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

239. PARAMETER

240. CODE AISC

241. BEAM 1 ALL

242. LY 1.204 MEMB 181 303

243. LZ 1.204 MEMB 181 303

244. CHECK CODE ALL

STEEL DESIGN

STAAD.Pro CODE CHECKING - (AISC)

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
1	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.139	7
		4604.20 T	0.00	37.43	2.00
2	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.139	7
		4604.06 T	0.00	37.43	2.00
3	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.318	7
		14639.88 T	0.00	117.10	2.00
4	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.316	7
		23286.35 T	0.00	110.20	0.00
5	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.270	7
		30649.42 T	0.00	165.46	2.00
6	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.325	7
		36652.34 T	0.00	216.86	0.00
7	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.389	7
		41554.36 T	0.00	280.53	2.00
8	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.318	7
		14639.44 T	0.00	117.09	2.00
9	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.316	7
		23285.70 T	0.00	110.19	0.00
10	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.270	7
		30648.52 T	0.00	165.51	2.00
11	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.325	7
		36651.27 T	0.00	216.90	0.00
12	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.389	7
		41553.41 T	0.00	280.51	2.00
13	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.419	7
		44075.03 T	0.00	415.52	2.00
14	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.432	7
		44625.61 T	0.00	415.52	0.00
15	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.334	7
		38416.68 T	0.00	179.31	0.00
16	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.352	7
		39969.98 T	0.00	219.72	2.00
17	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.289	7
		32713.68 T	0.00	182.83	2.00
18	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.310	7
		34684.16 T	0.00	216.86	2.00
19	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.349	7
		25932.96 T	0.00	113.89	2.00
20	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.380	7
		28370.23 T	0.00	117.92	2.00
21	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.373	7
		17643.89 T	0.00	117.10	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
22	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.421	7
		20407.71 T	0.00	110.20	2.00
23	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.249	7
		7681.61 T	0.00	83.53	2.00
24	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.334	7
		11357.12 T	0.00	83.53	0.00
25	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.249	7
		7681.36 T	0.00	83.53	2.00
26	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.334	7
		11356.78 T	0.00	83.53	0.00
27	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.373	7
		17643.25 T	0.00	117.09	0.00
28	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.421	7
		20407.06 T	0.00	110.19	2.00
29	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.349	7
		25932.04 T	0.00	113.91	2.00
30	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.380	7
		28369.33 T	0.00	117.88	2.00
31	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.289	7
		32712.66 T	0.00	182.78	2.00
32	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.310	7
		34683.20 T	0.00	216.90	2.00
33	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.334	7
		38415.28 T	0.00	179.26	0.00
34	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.352	7
		39968.74 T	0.00	219.67	2.00
35	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.419	7
		43073.65 T	0.00	415.59	2.00
36	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.432	7
		44624.11 T	0.00	415.59	0.00
37	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.040	7
		347.49 T	-0.20	-2.30	0.87
38	ST L30 304	PASS	AISC- H1-3	0.050	7
		47.50 C	0.57	4.58	2.52
39	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.034	7
		35.74 T	-0.54	4.32	2.44
40	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.032	7
		22.80 T	0.51	3.89	2.36
41	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.030	7
		18.68 T	-0.47	3.64	2.28
42	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.028	7
		40.17 T	0.44	3.42	2.20
43	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.027	7
		35.51 T	-0.33	2.57	2.12
44	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.025	7
		73.05 T	0.31	2.42	2.04

TORREHH-CFE

-- PAGE NO. 9

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ M2	LOADING/ LOCATION
45	ST L25 254	PASS 11.90 C	AISC- H1-3 -0.28	0.026 2.17	7 1.96
46	ST L25 254	PASS 94.56 T	AISC- H2-1 0.27	0.023 2.20	7 1.88
47	ST L25 254	PASS 16.19 T	AISC- H2-1 -0.25	0.023 2.20	7 1.81
48	ST L25 254	PASS 51.26 T	AISC- H2-1 0.23	0.020 1.97	7 1.73
49	ST L25 253	PASS 201.27 T	AISC- H2-1 -0.04	0.027 -0.32	7 0.42
50	ST L25 253	PASS 38.99 T	AISC- H2-1 0.16	0.024 1.58	7 1.59
51	ST L25 253	PASS 147.81 T	AISC- H2-1 -0.15	0.022 1.42	7 1.53
52	ST L20 204	PASS 75.00 C	AISC- H1-3 0.13	0.041 0.99	7 1.47
53	ST L20 204	PASS 362.47 T	AISC- H2-1 -0.02	0.041 -0.10	7 0.23
54	ST L20 204	PASS 881.15 T	AISC- H2-1 0.03	0.100 -0.30	7 0.45
55	ST L30 304	PASS 347.53 T	AISC- H2-1 0.20	0.040 -2.30	7 0.87
56	ST L30 304	PASS 47.61 C	AISC- H1-3 -0.57	0.050 4.58	7 2.52
57	ST L30 304	PASS 35.75 T	AISC- H2-1 0.54	0.034 4.32	7 2.44
58	ST L25 255	PASS 22.75 T	AISC- H2-1 -0.51	0.032 3.89	7 2.36
59	ST L25 255	PASS 18.67 T	AISC- H2-1 0.47	0.030 3.64	7 2.28
60	ST L25 255	PASS 40.12 T	AISC- H2-1 -0.44	0.028 3.42	7 2.20
61	ST L25 254	PASS 35.61 T	AISC- H2-1 0.33	0.027 2.57	7 2.12
62	ST L25 254	PASS 73.01 T	AISC- H2-1 -0.31	0.025 2.42	7 2.04
63	ST L25 254	PASS 11.89 C	AISC- H1-3 0.28	0.026 2.17	7 1.96
64	ST L25 254	PASS 94.50 T	AISC- H2-1 -0.27	0.023 2.20	7 1.88
65	ST L25 254	PASS 16.23 T	AISC- H2-1 0.25	0.023 2.20	7 1.81
66	ST L25 254	PASS 51.21 T	AISC- H2-1 -0.23	0.020 1.97	7 1.73
67	ST L25 253	PASS 201.32 T	AISC- H2-1 0.04	0.027 -0.32	7 0.42

TORREHH-CFE

-- PAGE NO. 10

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
68	ST L25 253	PASS 38.94 T	AISC- H2-1 -0.16	0.024 1.58	7 1.59
69	ST L25 253	PASS 147.85 T	AISC- H2-1 0.15	0.022 1.42	7 1.53
70	ST L20 204	PASS 75.05 C	AISC- H1-3 -0.13	0.042 0.99	7 1.47
71	ST L20 204	PASS 362.51 T	AISC- H2-1 0.02	0.041 -0.10	7 0.23
72	ST L20 204	PASS 881.12 T	AISC- H2-1 -0.03	0.100 -0.30	7 0.45
73	ST L20 204	PASS 332.44 T	AISC- H2-1 0.00	0.051 -1.00	7 0.75
74	ST PIP E	PASS 22.30 C	AISC- H1-3 0.00	0.009 0.91	7 2.00
75	ST PIP E	PASS 22.31 C	AISC- H1-3 0.00	0.009 0.91	7 2.00
76	ST PIP E	PASS 936.80 T	AISC- H2-1 0.00	0.096 6.29	7 2.00
77	ST PIP E	PASS 936.77 T	AISC- H2-1 0.00	0.096 6.29	7 2.00
78	ST PIP E	PASS 1725.47 T	AISC- H2-1 0.00	0.160 8.25	7 2.00
79	ST PIP E	PASS 2909.94 T	AISC- H2-1 0.00	0.242 8.25	7 0.00
80	ST PIP E	PASS 93.92 T	AISC- H2-1 0.00	0.026 2.56	7 2.00
81	ST PIP E	PASS 484.76 T	AISC- H2-1 0.00	0.081 5.28	7 2.00
82	ST PIP E	PASS 1725.41 T	AISC- H2-1 0.00	0.160 8.25	7 2.00
83	ST PIP E	PASS 2909.85 T	AISC- H2-1 0.00	0.242 8.25	7 0.00
84	ST PIP E	PASS 93.92 T	AISC- H2-1 0.00	0.026 2.56	7 2.00
85	ST PIP E	PASS 484.74 T	AISC- H2-1 0.00	0.081 5.28	7 2.00
86	ST L20 202	PASS 78.16 T	AISC- H2-1 0.00	0.020 -0.13	7 0.42
87	ST L20 202	PASS 61.58 T	AISC- H2-1 0.00	0.029 0.80	7 1.25
88	ST L20 202	PASS 152.54 T	AISC- H2-1 0.00	0.039 -0.23	7 0.63
89	ST UA40X40X3	PASS 21.69 C	AISC- H1-3 0.00	0.040 0.30	7 1.25
90	ST UA40X40X3	PASS 119.89 T	AISC- H2-1 0.00	0.038 -0.11	7 0.52

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
91	ST UA40X40X3	PASS 6.49 C	AISC- H1-3 0.00	0.017 0.17	7 1.25
92	ST L20 202	PASS 78.17 T	AISC- H2-1 0.00	0.020 -0.13	7 0.42
93	ST L20 202	PASS 61.57 T	AISC- H2-1 0.00	0.029 0.80	7 1.25
94	ST L20 202	PASS 152.54 T	AISC- H2-1 0.00	0.039 -0.23	7 0.63
95	ST UA40X40X3	PASS 21.70 C	AISC- H1-3 0.00	0.040 0.30	7 1.25
96	ST UA40X40X3	PASS 119.89 T	AISC- H2-1 0.00	0.038 -0.11	7 0.52
97	ST UA40X40X3	PASS 6.49 C	AISC- H1-3 0.00	0.017 0.17	7 1.25
98	ST UA40X40X3	PASS 35.51 T	AISC- H2-1 0.00	0.030 -0.41	7 0.75
99	ST L30 304	PASS 391.38 T	AISC- H2-1 -0.23	0.045 -2.58	7 1.46
100	ST L30 304	PASS 391.43 T	AISC- H2-1 0.23	0.045 -2.58	7 1.46
101	ST L30 304	PASS 12.68 C	AISC- H1-3 0.53	0.028 3.00	7 0.00
102	ST L30 304	PASS 12.80 C	AISC- H1-3 -0.53	0.028 3.00	7 0.00
103	ST L30 304	PASS 67.80 T	AISC- H2-1 -0.49	0.022 2.73	7 0.00
104	ST L30 304	PASS 67.82 T	AISC- H2-1 0.49	0.022 2.73	7 0.00
105	ST L25 255	PASS 52.77 T	AISC- H2-1 0.47	0.023 2.71	7 0.00
106	ST L25 255	PASS 52.72 T	AISC- H2-1 -0.47	0.023 2.71	7 0.00
107	ST L25 255	PASS 49.23 T	AISC- H2-1 -0.18	0.021 -1.84	7 1.27
108	ST L25 255	PASS 49.22 T	AISC- H2-1 0.18	0.021 -1.84	7 1.27
109	ST L25 255	PASS 68.27 T	AISC- H2-1 0.17	0.019 -1.70	7 1.22
110	ST L25 255	PASS 68.22 T	AISC- H2-1 -0.17	0.019 -1.70	7 1.22
111	ST L25 254	PASS 56.31 T	AISC- H2-1 -0.13	0.017 -1.29	7 1.17
112	ST L25 254	PASS 56.41 T	AISC- H2-1 0.13	0.017 -1.29	7 1.17
113	ST L25 254	PASS 92.10 T	AISC- H2-1 0.12	0.019 -1.18	7 1.13

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
114	ST L25 254	PASS 92.06 T	AISC- H2-1 -0.12	0.019 -1.18	7 1.13
115	ST L25 254	PASS 51.24 T	AISC- H2-1 -0.10	0.015 -1.14	7 1.08
116	ST L25 254	PASS 51.26 T	AISC- H2-1 0.10	0.015 -1.14	7 1.08
117	ST L25 254	PASS 110.02 T	AISC- H2-1 0.09	0.021 -1.15	7 1.03
118	ST L25 254	PASS 109.96 T	AISC- H2-1 -0.09	0.021 -1.15	7 1.03
119	ST L25 254	PASS 30.35 T	AISC- H2-1 -0.08	0.014 -1.02	7 0.99
120	ST L25 254	PASS 30.39 T	AISC- H2-1 0.08	0.014 -1.02	7 0.99
121	ST L25 254	PASS 63.51 T	AISC- H2-1 0.09	0.015 -0.96	7 0.81
122	ST L25 254	PASS 63.46 T	AISC- H2-1 -0.09	0.015 -0.96	7 0.81
123	ST L25 253	PASS 212.02 T	AISC- H2-1 -0.06	0.035 -0.86	7 0.77
124	ST L25 253	PASS 212.07 T	AISC- H2-1 0.06	0.035 -0.86	7 0.77
125	ST L25 253	PASS 46.40 T	AISC- H2-1 0.05	0.015 -0.72	7 0.74
126	ST L25 253	PASS 46.35 T	AISC- H2-1 -0.05	0.015 -0.72	7 0.74
127	ST L25 253	PASS 154.35 T	AISC- H2-1 -0.05	0.026 -0.64	7 0.70
128	ST L25 253	PASS 154.39 T	AISC- H2-1 0.05	0.026 -0.64	7 0.70
129	ST L20 204	PASS 69.67 C	AISC- H1-3 0.05	0.034 -0.67	7 0.56
130	ST L20 204	PASS 69.72 C	AISC- H1-3 -0.05	0.034 -0.67	7 0.56
131	ST L20 204	PASS 371.90 T	AISC- H2-1 -0.04	0.044 -0.21	7 0.85
132	ST L20 204	PASS 371.95 T	AISC- H2-1 0.04	0.044 -0.21	7 0.85
133	ST L20 204	PASS 888.33 T	AISC- H2-1 0.04	0.101 -0.27	7 0.70
134	ST L20 204	PASS 888.31 T	AISC- H2-1 -0.04	0.101 -0.27	7 0.70
135	ST L20 202	PASS 80.77 T	AISC- H2-1 0.00	0.031 -0.44	7 0.31
136	ST L20 202	PASS 80.78 T	AISC- H2-1 0.00	0.031 -0.44	7 0.31

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
137	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.017	7
		63.37 T	0.00	0.47	0.00
138	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.017	7
		63.36 T	0.00	0.47	0.00
139	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.041	7
		155.16 T	0.00	-0.28	0.52
140	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.041	7
		155.17 T	0.00	-0.28	0.52
141	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.035	7
		20.56 C	0.00	0.23	0.00
142	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.035	7
		20.56 C	0.00	0.23	0.00
143	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.038	7
		122.56 T	0.00	-0.10	0.73
144	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.038	7
		122.57 T	0.00	-0.10	0.73
145	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.015	7
		5.42 C	0.00	0.17	0.00
146	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.015	7
		5.42 C	0.00	0.17	0.00
147	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.291	7
		9419.74 C	0.00	37.55	2.00
148	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.677	7
		32009.82 C	0.00	75.27	2.00
149	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.710	7
		50397.01 C	0.00	110.45	0.00
150	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.597	7
		66347.87 C	0.00	201.27	2.00
151	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.713	7
		79356.03 C	0.00	230.77	0.00
152	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.852	7
		90840.73 C	0.00	312.39	2.00
153	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.505	7
		17050.18 C	0.00	37.55	0.00
154	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.778	7
		25542.74 C	0.00	72.23	2.00
155	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.813	7
		38517.34 C	0.00	84.43	2.00
156	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.942	7
		44321.52 C	0.00	110.45	2.00
157	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.784	7
		56115.14 C	0.00	102.12	0.00
158	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.862	7
		61388.10 C	0.00	121.54	2.00
159	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.635	7
		70805.31 C	0.00	201.27	0.00

TORREHH-CFE

PAGE NO. 14

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
160	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.678	7
		75292.16 C	0.00	230.77	2.00
161	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.740	7
		83466.72 C	0.00	174.66	2.00
162	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.780	7
		87248.73 C	0.00	223.07	2.00
163	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.883	7
		94258.40 C	0.00	312.39	0.00
164	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.908	7
		97603.37 C	0.00	266.83	0.00
165	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.862	7
		2477.65 C	-0.05	-2.82	1.09
166	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.155	7
		1991.37 T	0.18	-2.01	0.84
167	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.616	7
		2094.41 C	-0.21	-2.64	1.02
168	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.151	7
		1969.71 T	0.18	-1.79	0.79
169	ST L25 255	PASS	AISC- H1-1	0.796	7
		2136.17 C	-0.17	-2.19	0.95
170	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.154	7
		2048.73 T	0.14	-1.50	0.73
171	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.854	7
		2170.58 C	-0.11	-1.57	0.88
172	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.188	7
		2077.90 T	0.09	-0.99	0.68
173	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.725	7
		2212.68 C	-0.04	-1.38	0.82
174	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.193	7
		2167.89 T	0.16	-0.69	0.63
175	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.668	7
		2391.75 C	-0.13	-1.48	0.90
176	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.212	7
		2403.68 T	0.11	-0.53	0.58
177	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.784	7
		2506.21 C	0.12	-1.26	0.97
178	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.257	7
		2256.61 T	0.05	-0.22	0.40
179	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.673	7
		2558.46 C	-0.25	-1.23	1.02
180	ST L20 204	PASS	AISC- H2-1	0.286	7
		2612.45 T	0.24	-0.15	0.37
181	ST L20 204	PASS	AISC- H1-1	0.801	7
		3113.98 C	-1.19	-1.01	0.94
182	ST L20 204	PASS	AISC- H2-1	0.098	7
		894.05 T	0.11	-0.08	0.23

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
183	ST L30 304	PASS 1975.03 T	AISC- H2-1 0.36	0.154 -2.11	7 0.87
184	ST L30 304	PASS 2047.75 C	AISC- H1-1 -0.23	0.648 -2.78	7 1.05
185	ST L30 304	PASS 1939.51 T	AISC- H2-1 0.17	0.150 -1.84	7 0.81
186	ST L25 255	PASS 2100.31 C	AISC- H1-1 -0.19	0.853 -2.33	7 0.98
187	ST L25 255	PASS 2014.92 T	AISC- H2-1 0.16	0.153 -1.64	7 0.76
188	ST L25 255	PASS 2196.34 C	AISC- H1-1 -0.17	0.753 -2.07	7 0.91
189	ST L25 254	PASS 2041.47 T	AISC- H2-1 0.12	0.186 -1.09	7 0.71
190	ST L25 254	PASS 2248.72 C	AISC- H1-1 -0.13	0.810 -1.49	7 0.85
191	ST L25 254	PASS 2140.51 T	AISC- H2-1 0.15	0.192 -0.87	7 0.65
192	ST L25 254	PASS 2350.13 C	AISC- H1-1 0.00	0.714 -1.50	7 0.94
193	ST L25 254	PASS 2286.87 T	AISC- H2-1 0.06	0.203 -0.63	7 0.60
194	ST L25 254	PASS 2518.46 C	AISC- H1-1 -0.03	0.643 -1.37	7 0.87
195	ST L25 253	PASS 2171.14 T	AISC- H2-1 0.12	0.248 -0.26	7 0.42
196	ST L25 253	PASS 2282.89 C	AISC- H1-1 -0.03	0.646 -1.22	7 0.93
197	ST L25 253	PASS 2165.97 T	AISC- H2-1 -0.04	0.247 -0.23	7 0.38
198	ST L20 204	PASS 2349.83 C	AISC- H1-1 0.43	0.879 -0.75	7 0.85
199	ST L20 204	PASS 2280.55 T	AISC- H2-1 -0.67	0.253 -0.36	7 0.59
200	ST L20 204	PASS 2678.74 C	AISC- H1-1 0.42	0.810 0.43	7 1.35
201	ST L20 204	PASS 311.73 C	AISC- H1-3 0.00	0.133 -1.00	7 0.75
202	ST PIP E	PASS 142.21 C	AISC- H1-3 0.00	0.026 0.49	7 2.00
203	ST PIP E	PASS 2186.33 C	AISC- H1-1 0.00	0.277 3.38	7 2.00
204	ST PIP E	PASS 4106.52 C	AISC- H1-1 0.00	0.511 3.38	7 0.00
205	ST PIP E	PASS 6526.50 C	AISC- H1-1 0.00	0.831 4.32	7 2.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
206	ST PIP E	PASS	AISC- H1-3	0.071	7
		403.18 C	0.00	1.17	2.00
207	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.205	7
		1249.12 C	0.00	1.07	2.00
208	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.458	7
		889.75 C	0.74	-0.35	1.04
209	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.138	7
		636.42 T	-0.50	-0.14	0.52
210	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.261	7
		504.75 C	0.80	0.17	1.25
211	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.074	7
		259.45 T	-0.12	-0.10	0.52
212	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.290	7
		258.99 C	0.09	0.18	1.25
213	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.013	7
		31.82 T	0.00	-0.09	0.42
214	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.157	7
		742.41 T	0.67	0.39	0.94
215	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.405	7
		750.84 C	-1.20	-0.45	1.25
216	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.061	7
		282.40 T	0.13	-0.04	0.21
217	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.325	7
		290.59 C	-0.14	-0.15	0.63
218	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.024	7
		74.71 T	0.03	-0.08	0.42
219	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.092	7
		77.84 C	-0.01	0.16	1.25
220	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.056	7
		20.68 C	0.00	-0.41	0.75
221	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.769	7
		2435.96 C	-0.12	3.53	0.00
222	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.155	7
		2020.12 T	0.36	-1.71	1.67
223	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.155	7
		2033.17 T	0.18	-1.59	1.62
224	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.579	7
		2009.29 C	-0.56	3.03	0.00
225	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.549	7
		2058.66 C	-0.53	2.74	0.00
226	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.150	7
		1978.50 T	0.17	-1.42	1.56
227	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.151	7
		2006.92 T	0.18	-1.46	1.50
228	ST L25 255	PASS	AISC- H1-1	0.745	7
		2066.63 C	-0.47	2.76	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
229	ST L25 255	PASS 2101.85 C	AISC- H1-1 -0.18	0.696 -1.81	7 1.27
230	ST L25 255	PASS 2049.51 T	AISC- H2-1 0.16	0.152 -1.30	7 1.45
231	ST L25 255	PASS 2080.76 T	AISC- H2-1 0.15	0.153 -1.16	7 1.39
232	ST L25 255	PASS 2164.46 C	AISC- H1-1 -0.17	0.660 -1.69	7 1.22
233	ST L25 254	PASS 2146.63 C	AISC- H1-1 -0.12	0.739 -1.26	7 1.17
234	ST L25 254	PASS 2065.51 T	AISC- H2-1 0.12	0.185 -0.82	7 1.34
235	ST L25 254	PASS 2100.01 T	AISC- H2-1 0.09	0.187 -0.72	7 1.29
236	ST L25 254	PASS 2226.54 C	AISC- H1-1 -0.13	0.702 -1.18	7 1.13
237	ST L25 254	PASS 2192.07 C	AISC- H1-1 -0.04	0.629 -1.06	7 1.08
238	ST L25 254	PASS 2160.97 T	AISC- H2-1 0.15	0.191 -0.60	7 1.23
239	ST L25 254	PASS 2186.80 T	AISC- H2-1 0.13	0.191 -0.37	7 1.33
240	ST L25 254	PASS 2331.17 C	AISC- H1-1 -0.01	0.613 -1.06	7 1.03
241	ST L25 254	PASS 2374.40 C	AISC- H1-1 -0.12	0.571 -1.02	7 0.99
242	ST L25 254	PASS 2304.02 T	AISC- H2-1 0.05	0.201 -0.31	7 1.27
243	ST L25 254	PASS 2419.87 T	AISC- H2-1 0.09	0.210 -0.23	7 1.21
244	ST L25 254	PASS 2502.29 C	AISC- H1-1 -0.03	0.546 -0.91	7 0.94
245	ST L25 253	PASS 2494.98 C	AISC- H1-1 0.09	0.648 -0.75	7 0.77
246	ST L25 253	PASS 2182.53 T	AISC- H2-1 0.04	0.247 -0.04	7 1.42
247	ST L25 253	PASS 2266.99 T	AISC- H2-1 0.02	0.256 -0.02	7 1.35
248	ST L25 253	PASS 2272.57 C	AISC- H1-1 -0.04	0.542 -0.68	7 0.74
249	ST L25 253	PASS 2549.81 C	AISC- H1-1 -0.23	0.571 -0.76	7 0.58
250	ST L25 253	PASS 2174.74 T	AISC- H2-1 -0.02	0.246 -0.03	7 1.17
251	ST L20 204	PASS 2621.91 T	AISC- H2-1 0.08	0.285 0.00	7 1.22

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
252	ST L20 204	PASS 2342.05 C	AISC- H1-1 0.71	0.689 0.45	7 0.00
253	ST L20 204	PASS 3108.34 C	AISC- H1-1 -1.34	0.884 -0.81	7 0.32
254	ST L20 204	PASS 2286.94 T	AISC- H2-1 -0.54	0.252 -0.22	7 0.85
255	ST L20 204	PASS 901.95 T	AISC- H2-1 0.16	0.099 -0.08	7 0.90
256	ST L20 204	PASS 2673.18 C	AISC- H1-1 0.22	0.640 -0.34	7 0.60
257	ST L20 202	PASS 886.90 C	AISC- H1-1 0.89	0.441 0.07	7 0.00
258	ST L20 202	PASS 745.15 T	AISC- H2-1 0.00	0.157 0.00	7 1.25
259	ST L20 202	PASS 639.20 T	AISC- H2-1 -0.30	0.137 -0.06	7 0.94
260	ST L20 202	PASS 749.01 C	AISC- H1-1 -1.10	0.392 -0.28	7 0.10
261	ST L20 202	PASS 502.92 C	AISC- H1-1 0.80	0.263 0.23	7 0.00
262	ST L20 202	PASS 286.58 T	AISC- H2-1 0.13	0.061 -0.02	7 1.04
263	ST UA40X40X3	PASS 262.10 T	AISC- H2-1 -0.10	0.074 -0.09	7 0.83
264	ST UA40X40X3	PASS 288.78 C	AISC- H1-1 -0.29	0.322 0.08	7 0.00
265	ST UA40X40X3	PASS 257.91 C	AISC- H1-1 0.09	0.288 0.16	7 0.00
266	ST UA40X40X3	PASS 72.65 T	AISC- H2-1 0.03	0.025 -0.09	7 0.83
267	ST UA40X40X3	PASS 34.65 T	AISC- H2-1 0.00	0.014 -0.09	7 0.73
268	ST UA40X40X3	PASS 76.81 C	AISC- H1-3 -0.01	0.091 0.17	7 0.00
269	ST L30 304	PASS 1974.89 T	AISC- H2-1 -0.36	0.154 -2.11	7 0.87
270	ST L30 304	PASS 2047.93 C	AISC- H1-1 0.23	0.648 -2.78	7 1.05
271	ST L30 304	PASS 1939.98 T	AISC- H2-1 -0.17	0.150 -1.84	7 0.81
272	ST L25 255	PASS 2100.01 C	AISC- H1-1 0.19	0.853 -2.33	7 0.98
273	ST L25 255	PASS 2014.80 T	AISC- H2-1 -0.16	0.153 -1.64	7 0.76
274	ST L25 255	PASS 2196.41 C	AISC- H1-1 0.17	0.753 -2.07	7 0.91

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
275	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.186	7
		2041.49 T	-0.12	-1.09	0.71
276	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.810	7
		2248.76 C	0.13	-1.49	0.85
277	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.192	7
		2140.64 T	-0.15	-0.87	0.65
278	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.714	7
		2350.01 C	0.00	-1.50	0.94
279	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.203	7
		2286.83 T	-0.06	-0.63	0.60
280	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.643	7
		2518.39 C	0.03	-1.37	0.87
281	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.248	7
		2171.10 T	-0.12	-0.26	0.42
282	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.646	7
		2282.98 C	0.03	-1.22	0.93
283	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.247	7
		2166.09 T	0.04	-0.23	0.38
284	ST L20 204	PASS	AISC- H1-1	0.879	7
		2349.82 C	-0.43	-0.75	0.85
285	ST L20 204	PASS	AISC- H2-1	0.253	7
		2280.58 T	0.67	-0.36	0.59
286	ST L20 204	PASS	AISC- H1-1	0.810	7
		2678.74 C	-0.41	0.43	1.35
287	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.862	7
		2477.79 C	0.05	-2.82	1.09
288	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.155	7
		1991.39 T	-0.18	-2.01	0.84
289	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.616	7
		2094.19 C	0.22	-2.64	1.02
290	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.151	7
		1969.42 T	-0.17	-1.79	0.79
291	ST L25 255	PASS	AISC- H1-1	0.796	7
		2136.54 C	0.17	-2.19	0.95
292	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.154	7
		2049.03 T	-0.14	-1.50	0.73
293	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.854	7
		2170.37 C	0.11	-1.57	0.88
294	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.188	7
		2077.86 T	-0.09	-0.99	0.68
295	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.725	7
		2212.67 C	0.04	-1.38	0.82
296	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.193	7
		2167.82 T	-0.16	-0.69	0.63
297	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.668	7
		2391.92 C	0.13	-1.48	0.90

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
298	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.212	7
		2403.89 T	-0.11	-0.53	0.58
299	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.784	7
		2506.14 C	-0.12	-1.26	0.97
300	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.257	7
		2256.59 T	-0.05	-0.22	0.40
301	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.673	7
		2558.46 C	0.25	-1.23	1.02
302	ST L20 204	PASS	AISC- H2-1	0.286	7
		2612.47 T	-0.24	-0.15	0.37
303	ST L20 204	PASS	AISC- H1-1	0.801	7
		3113.99 C	1.19	-1.01	0.94
304	ST L20 204	PASS	AISC- H2-1	0.098	7
		894.10 T	-0.11	-0.08	0.23
305	ST L20 204	PASS	AISC- H1-3	0.133	7
		311.73 C	0.00	-1.00	0.75
306	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.157	7
		742.43 T	-0.67	0.39	0.94
307	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.405	7
		750.83 C	1.20	-0.45	1.25
308	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.061	7
		282.40 T	-0.13	-0.04	0.21
309	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.325	7
		290.59 C	0.14	-0.15	0.62
310	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.024	7
		74.71 T	-0.03	-0.08	0.42
311	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.092	7
		77.84 C	0.01	0.16	1.25
312	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.458	7
		889.80 C	-0.74	-0.35	1.04
313	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.138	7
		646.14 T	0.50	0.14	0.52
314	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.261	7
		504.75 C	-0.80	0.17	1.25
315	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.074	7
		259.46 T	0.12	-0.10	0.52
316	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.290	7
		258.99 C	-0.09	0.18	1.25
317	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.013	7
		31.83 T	0.00	-0.09	0.42
318	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.056	7
		20.68 C	0.00	-0.41	0.75
319	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.155	7
		2019.91 T	-0.36	-1.71	1.67
320	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.769	7
		2436.15 C	0.12	3.53	0.00

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
321	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.580	7
		2009.91 C	0.56	3.03	0.00
322	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.155	7
		2033.14 T	-0.19	-1.59	1.62
323	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.150	7
		1978.93 T	-0.17	-1.42	1.56
324	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.549	7
		2058.48 C	0.53	2.74	0.00
325	ST L25 255	PASS	AISC- H1-1	0.745	7
		2066.37 C	0.46	2.76	0.00
326	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.151	7
		2006.59 T	-0.17	-1.46	1.50
327	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.152	7
		2049.34 T	-0.16	-1.30	1.45
328	ST L25 255	PASS	AISC- H1-1	0.697	7
		2102.27 C	0.18	-1.81	1.27
329	ST L25 255	PASS	AISC- H1-1	0.660	7
		2164.58 C	0.17	-1.69	1.22
330	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.154	7
		2081.02 T	-0.15	-1.16	1.39
331	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.185	7
		2065.49 T	-0.12	-0.82	1.34
332	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.739	7
		2146.46 C	0.12	-1.26	1.17
333	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.702	7
		2226.61 C	0.13	-1.18	1.13
334	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.187	7
		2099.03 T	-0.09	-0.72	1.29
335	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.191	7
		2161.05 T	-0.15	-0.60	1.23
336	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.629	7
		2192.10 C	0.04	-1.06	1.08
337	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.613	7
		2331.08 C	0.01	-1.06	1.03
338	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.191	7
		2186.69 T	-0.13	-0.37	1.33
339	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.201	7
		2303.95 T	-0.05	-0.31	1.27
340	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.571	7
		2374.61 C	0.12	-1.02	0.99
341	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.546	7
		2502.26 C	0.04	-0.91	0.94
342	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.210	7
		2419.53 T	-0.09	-0.23	1.21
343	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.247	7
		2182.45 T	-0.04	-0.04	1.42

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
321	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.580	7
		2009.51 C	0.56	3.03	0.00
322	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.155	7
		2033.14 T	-0.19	-1.59	1.62
323	ST L30 304	PASS	AISC- H2-1	0.150	7
		1978.93 T	-0.17	-1.42	1.56
324	ST L30 304	PASS	AISC- H1-1	0.549	7
		2058.48 C	0.53	2.74	0.00
325	ST L25 255	PASS	AISC- H1-1	0.745	7
		2066.37 C	0.46	2.76	0.00
326	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.151	7
		2006.59 T	-0.17	-1.46	1.50
327	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.152	7
		2049.34 T	-0.16	-1.30	1.45
328	ST L25 255	PASS	AISC- H1-1	0.697	7
		2102.27 C	0.18	-1.81	1.27
329	ST L25 255	PASS	AISC- H1-1	0.660	7
		2164.58 C	0.17	-1.69	1.22
330	ST L25 255	PASS	AISC- H2-1	0.154	7
		2081.02 T	-0.15	-1.16	1.39
331	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.185	7
		2065.49 T	-0.12	-0.82	1.34
332	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.739	7
		2146.46 C	0.12	-1.26	1.17
333	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.702	7
		2226.61 C	0.13	-1.18	1.13
334	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.187	7
		2099.93 T	-0.09	-0.72	1.29
335	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.191	7
		2161.05 T	-0.15	-0.60	1.23
336	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.629	7
		2192.10 C	0.04	-1.06	1.08
337	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.613	7
		2331.08 C	0.01	-1.06	1.03
338	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.191	7
		2186.69 T	-0.13	-0.37	1.33
339	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.201	7
		2303.95 T	-0.05	-0.31	1.27
340	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.571	7
		2374.61 C	0.12	-1.02	0.99
341	ST L25 254	PASS	AISC- H1-1	0.546	7
		2502.26 C	0.04	-0.91	0.94
342	ST L25 254	PASS	AISC- H2-1	0.210	7
		2419.53 T	-0.09	-0.23	1.21
343	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.247	7
		2182.45 T	-0.04	-0.04	1.42

ALL UNITS ARE - KG METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
344	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.648	7
		2494.94 C	-0.09	-0.75	0.77
345	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.542	7
		2272.69 C	0.04	-0.68	0.74
346	ST L25 253	PASS	AISC- H2-1	0.256	7
		2266.94 T	-0.02	-0.02	1.35
347	ST L25 253	PASS	AISG- H2-1	0.246	7
		2174.84 T	0.02	-0.03	1.17
348	ST L25 253	PASS	AISC- H1-1	0.571	7
		2549.83 C	0.23	-0.76	0.58
349	ST L20 204	PASS	AISC- H1-1	0.689	7
		2342.36 C	-0.72	0.45	0.00
350	ST L20 204	PASS	AISC- H2-1	0.285	7
		2621.91 T	-0.08	0.00	1.22
351	ST L20 204	PASS	AISC- H2-1	0.252	7
		2286.95 T	0.54	-0.22	0.85
352	ST L20 204	PASS	AISC- H1-1	0.884	7
		3108.36 C	1.34	-0.81	0.32
353	ST L20 204	PASS	AISC- H1-1	0.640	7
		2673.17 C	-0.21	-0.34	0.60
354	ST L20 204	PASS	AISC- H2-1	0.099	7
		901.99 T	-0.16	-0.08	0.90
355	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.157	7
		745.17 T	0.00	0.00	1.25
356	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.441	7
		886.90 C	-0.89	0.07	0.00
357	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.392	7
		749.02 C	1.10	-0.28	0.10
358	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.137	7
		639.21 T	0.30	-0.06	0.94
359	ST L20 202	PASS	AISC- H2-1	0.061	7
		286.58 T	-0.13	-0.02	1.04
360	ST L20 202	PASS	AISC- H1-1	0.263	7
		502.92 C	-0.80	0.23	0.00
361	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.322	7
		288.79 C	0.29	0.08	0.00
362	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.074	7
		262.11 T	0.10	-0.09	0.83
363	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.025	7
		77.65 T	-0.03	-0.09	0.83
364	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-1	0.288	7
		257.91 C	-0.09	0.16	0.00
365	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H1-3	0.091	7
		76.81 C	0.01	0.17	0.00
366	ST UA40X40X3	PASS	AISC- H2-1	0.014	7
		34.65 T	0.00	-0.09	0.73

245. STEEL TAKE OFF

STEEL TAKE-OFF

```

-----
PROFILE                LENGTH (METE)      WEIGHT (KG )

ST PIP E                18.03                401.508
ST PIP E                18.03                508.388
ST PIP E                18.03                765.595
ST PIP E                36.05                2325.540
ST PIP E                18.03                1087.619
ST L30 304              89.06                647.251
ST L25 255              80.11                593.936
ST L25 254              134.48               807.386
ST L25 253              55.24                252.651
ST L20 204              52.68                249.750
ST PIP E                18.00                97.668
ST PIP E                18.00                134.409
ST L20 202              45.00                110.072
ST UA40X40X3           49.50                95.775
PRISMATIC               0.00                0.000
-----
TOTAL =                  8077.548

```

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

246. FINISH

***** END OF THE STAAD.Pro RUN *****

**** DATE= JAN 27,2002 TIME= 15:24:52 ****

```

*****
*   For questions on STAAD.Pro, please contact :   *
*   By Email - North America : support@reiusa.com   *
*   By Email - International : support@reiworld.com *
*   Tel. (USA) : 714-974-2500 ; Fax (USA) : 714-974-4771 *
*****

```

III.1.2.6 Cálculo de placas y bridas.

El cálculo de las bridas se realiza conforme a lo estipulado para la norma americana, únicamente que en este caso tomamos los datos arrojados por el cálculo mediante el reglamento de C.F.E.

SECCION	LADO	DIAMETRO DE SECCIÓN (mm)	PERNO (in)	BARRENO (mm)	DISTANCIA DESPUES DEL BARRENO (mm)	ACTUALIZACION DE CALCULO (mm)	RONDANA PLANA (lb)	CIRCULO DE PERNOS (mm)	BRIDA (mm)	ESFESOR (in)
HH-1	SUP	60.3	1/2	15	23	25	1 1/16	78	132	1/2
HH-1	INF	60.3	1/2	15	23	25	1 1/16	78	163	1/2
HH-2	SUP	60.3	1/2	15	23	25	1 1/16	110	163	1/2
HH-2	INF	60.3	1/2	15	23	25	1 1/16	110	217	1/2
HH-3	SUP	114.3	1/2	15	23	25	1 1/16	164	217	1/2
HH-3	INF	114.3	5/8	19	29	30	1 5/16	170	288	3/4
HH-4	SUP	168.3	5/8	19	29	30	1 5/16	224	288	3/4
HH-4	INF	168.3	7/8	25	38	40	1 3/4	235	319	3/4
HH-5	SUP	168.3	7/8	25	38	40	1 3/4	235	319	3/4
HH-5	INF	168.3	7/8	25	38	40	1 3/4	235	370	7/8
HH-6	SUP	219.1	7/8	25	38	40	1 3/4	286	370	7/8
HH-6	INF	219.1	7/8	25	38	40	1 3/4	286	370	1
HH-7	SUP	219.1	7/8	25	38	40	1 3/4	286	370	1
HH-7	INF	219.1	1	28	42	45	2	293	440	1
HH-8	SUP	273.05	1	28	42	45	2	347	440	1
HH-8	INF	273.05	1	28	42	45	2	347	440	1

SECCION	FUERZA EN CADA PIERNA Fp (Kg)	PERNOS UTILIZADOS (in)	NÚMERO DE PERNOS	FUERZA PERMISIBLE (Kg)	EVALUACIÓN	GEOMETRIA DE BRIDA
HH-1	1014	1.2	4	11253.7	OK	CUADRADA
HH-2	4910	1.2	4	11253.7	OK	CUADRADA
HH-3	18919	5.8	6	26868.9	OK	CIRCULAR
HH-4	42898	7.8	6	54917.1	OK	CIRCULAR
HH-5	43942	7.8	6	54917.1	OK	CIRCULAR
HH-6	53632	7.8	6	54917.1	OK	CIRCULAR
HH-7	61878	1	6	72055.7	OK	CIRCULAR
HH-8	69200	1	8	84234.3	OK	CIRCULAR

III.1.2.6 Cálculo de placas y bridas.

El cálculo de las bridas se realiza conforme a lo estipulado para la norma americana, únicamente que en este caso tomamos los datos arrojados por el cálculo mediante el reglamento de C.F.E.

SECCION	LADO	DIAMETRO DE SECCIÓN (mm)	PERNO (in)	BARRENO (mm)	DISTANCIA DESPUES DEL BARRENO (mm)	ACTUALIZACION DE CALCULO (mm)	RONDANA PLANA (in)	CIRCULO DE PERNOS (mm)	BRIDA (mm)	ESPESOR (in)
HH-1	SUP	60.3	1/2	15	23	25	1 1/16	78	132	1/2
HH-1	INF	60.3	1/2	15	23	25	1 1/16	78	163	1/2
HH-2	SUP	60.3	1/2	15	23	25	1 1/16	110	163	1/2
HH-2	INF	60.3	1/2	15	23	25	1 1/16	110	217	1/2
HH-3	SUP	114.3	1/2	15	23	25	1 1/16	164	217	1/2
HH-3	INF	114.3	5/8	19	29	30	1 5/16	170	288	3/4
HH-4	SUP	168.3	5/8	19	29	30	1 5/16	224	288	3/4
HH-4	INF	168.3	7/8	25	38	40	1 3/4	235	319	3/4
HH-5	SUP	168.3	7/8	25	38	40	1 3/4	235	319	3/4
HH-5	INF	168.3	7/8	25	38	40	1 3/4	235	370	7/8
HH-6	SUP	219.1	7/8	25	38	40	1 3/4	286	370	7/8
HH-6	INF	219.1	7/8	25	38	40	1 3/4	286	370	1
HH-7	SUP	219.1	7/8	25	38	40	1 3/4	286	370	1
HH-7	INF	219.1	1	28	42	45	2	293	440	1
HH-8	SUP	273.05	1	28	42	45	2	347	440	1
HH-8	INF	273.05	1	28	42	45	2	347	440	1

SECCIÓN	FUERZA EN CADA PIERNA Fp (Kg)	PERNOS UTILIZADOS (in)	NÚMERO DE PERNOS	FUERZA PERMISIBLE (Kg)	EVALUACIÓN	GEOMETRÍA DE BRIDA
HH-1	1014	1/2	4	11253.7	OK	CUADRADA
HH-2	4910	1/2	4	11253.7	OK	CUADRADA
HH-3	18919	5/8	6	26868.9	OK	CIRCULAR
HH-4	42898	7/8	6	54917.1	OK	CIRCULAR
HH-5	43942	7/8	6	54917.1	OK	CIRCULAR
HH-6	53632	7/8	6	54917.1	OK	CIRCULAR
HH-7	61878	1	6	72055.7	OK	CIRCULAR
HH-8	69200	1	8	84234.3	OK	CIRCULAR

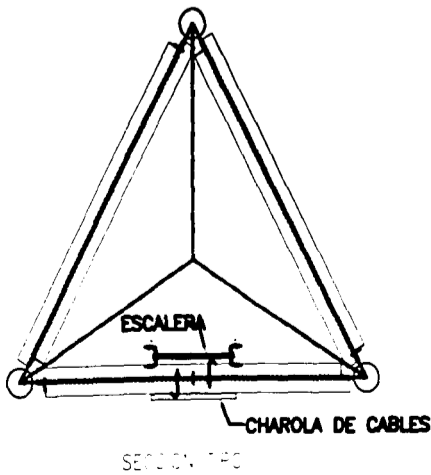
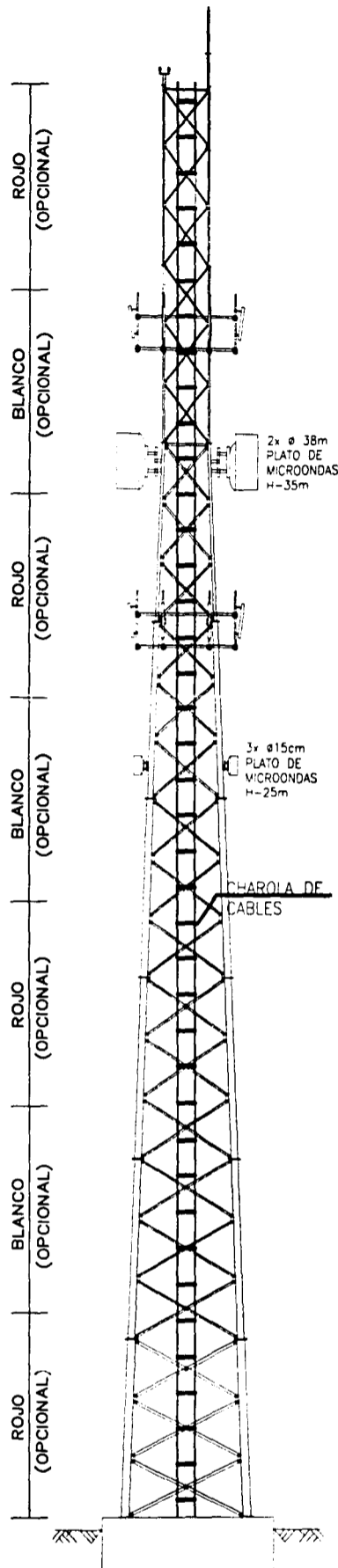
SECCIÓN	DISTANCIA CRÍTICA (cm)	VALOR w (Kg/cm)	MOMENTO (Kg*cm)	ESPESOR (mm)	ESPESOR (in)	ESPESOR Corregido (in)	EFICIENCIA %
HH-1	41	6.1	877	3.0092	3/16	1/2	23.7
HH-2	57	21.5	5831	6.6212	1/4	1/2	52.1
HH-3	75	41.8	19836	10.6120	3/8	3/4	55.7
HH-4	104	69.0	61746	15.9795	5/8	3/4	83.9
HH-5	104	70.7	63249	16.1728	5/8	7/8	72.8
HH-6	126	71.1	93647	17.8673	11/16	1	70.3
HH-7	128	80.4	110276	19.1916	3/4	1	75.6
HH-8	124	69.9	89242	17.5763	11/16	1	69.2

III.1.3 Planos.

III.1.3.1 Planos de Manufactura.

A continuación se muestran los planos en Auto CAD para la manufactura de las secciones de la torre HH diseñada mediante la norma americana.

SECCION	HH1	HH2	HH3	HH4	HH5	HH6	HH7	HH8	PIERNAS	DIAGONALES (mm)	HORIZONTALES (mm)	BRIDAS	PERNOS DE BRIDAS	PERNOS DE DIAG.	PEROS DE HORZ.	NIVEL (m)	APERTURA (m)
												□ 132/132	4x ϕ 1/2"	ϕ 1/2"	ϕ 1/2"	48	1.8
												□ 176/176	4x ϕ 1/2"			42	1.8
												□ 176/176	4x ϕ 1/2"				
												□ 217/217	4x ϕ 1/2"			36	1.8
												□ 217/217	4x ϕ 1/2"				
												□ 302/302	4x ϕ 3/4"			30	2.3
												□ 302/302	4x ϕ 3/4"				
												ϕ 283	6x ϕ 3/4"			24	2.8
												ϕ 283	6x ϕ 3/4"				
												ϕ 344	6x ϕ 7/8"			18	3.3
												ϕ 344	6x ϕ 7/8"				
												ϕ 350	6x ϕ 1"			12	3.8
												ϕ 350	6x ϕ 1"				
												ϕ 400	6 ϕ 1"			6	4.3
												ϕ 400	6 ϕ 1"				
												ϕ 407	6 ϕ 1 1/8"			0	4.8



No. 0 CAVBCS 31.10.01 HH FECHA NOVRE

NOTAS:

1. TIPO DE ACERO ASTM A36/DIN ST 37-2.
2. PERNOS A-325 GALVANIZADOS.
3. ACABADOS EN GALVANIZADO POR INMERSION EN CALIENTE.
4. ESTE DISEÑO ESTA BASADO EN TIA/EIA-222-F

ESTE DIBUJO ES PROPIEDAD DE HIRAM Y HECTOR Y NO PUEDE SER USADO, REPRODUCIDO O COPIADO SIN NUESTRO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO

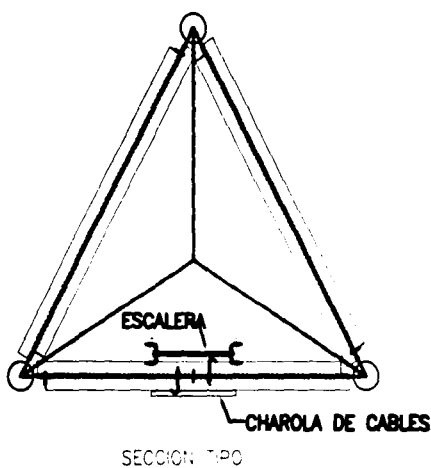
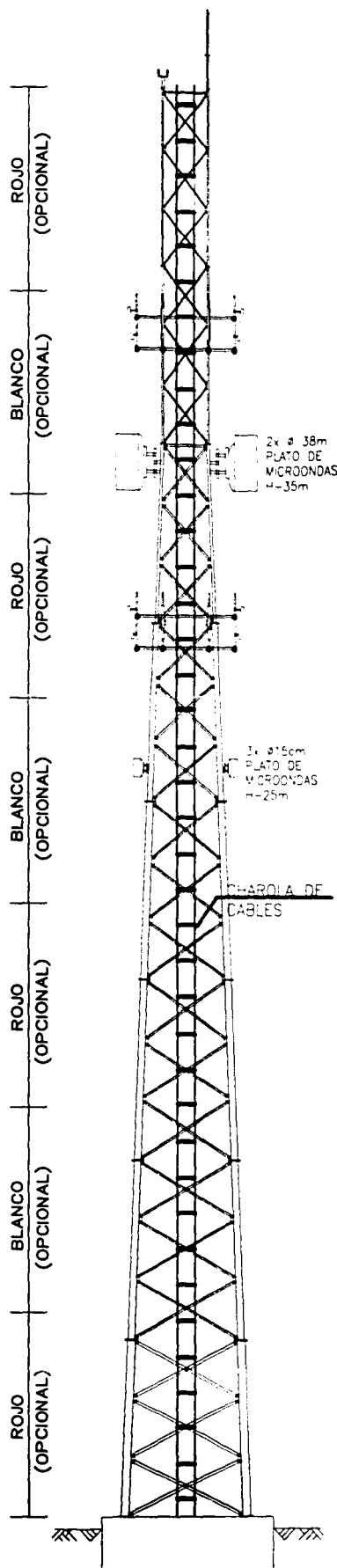
PROYECTO:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELECOMUNICACIONES

SITIO:
TIPO

TITULO:
TORRE HH DE 48m
VIENTO DE 100MPH

DISEÑO: HH
DIBUJO: HH
FECHA: 08.01.02
ARCHIVO: TORRETOTAL.DWG
ESCALA: S/E
NO. DE DIBUJO: TESIS-HH-TIA-00

SECCION	HH1	HH2	HH3	HH4	HH5	HH6	HH7	HH8
PIERNAS	Ø2"	Ø2.5"	Ø4"	Ø6"	Ø8"	Ø10"	Ø10"	Ø12"
DIAGONALES (mm)	L11/2/11/2	L2/2	L21/2/21/2	L3/3	L3/3	L3/3	L3/3	L3/3
HORIZONTALES (mm)	L11/2/11/2	L2/2	L21/2/21/2	L3/3	L3/3	L3/3	L3/3	L3/3
BRIDAS	□ 132/132	□ 176/176 □ 176/176	□ 217/217 □ 217/217	□ 302/302 □ 302/302	Ø283 Ø283	Ø344 Ø344	Ø350 Ø350	Ø400 Ø400
PERNOS DE BRIDAS	4xØ1/2"	4xØ1/2"	4xØ1/2"	4xØ3/4"	6xØ3/4"	6xØ7/8"	6xØ1"	6Ø1"
PERNOS DE DIAG.	Ø1/2"	Ø1/2"	Ø3/4"	Ø3/4"	Ø3/4"	Ø7/8"	Ø7/8"	Ø7/8"
PEROS DE HORZ.	Ø1/2"	Ø1/2"	Ø3/4"	Ø3/4"	Ø3/4"	Ø7/8"	Ø7/8"	Ø7/8"
NIVEL (m)	48	42	36	30	24	18	12	6
APERTURA (m)	1.8	1.8	1.8	2.3	2.8	3.3	3.8	4.3
								0
								4.8



No. CAMBIOS 31.10.01/HH
FECHA NOVIEMBRE

- NOTAS:
1. TIPO DE ACERO ASTM A36/DIN ST 37-2.
 2. PERNOS A-325 GALVANIZADOS.
 3. ACABADOS EN GALVANIZADO POR INMERSION EN CALIENTE.
 4. ESTE DISEÑO ESTA BASADO EN: TIA/EIA-222-F

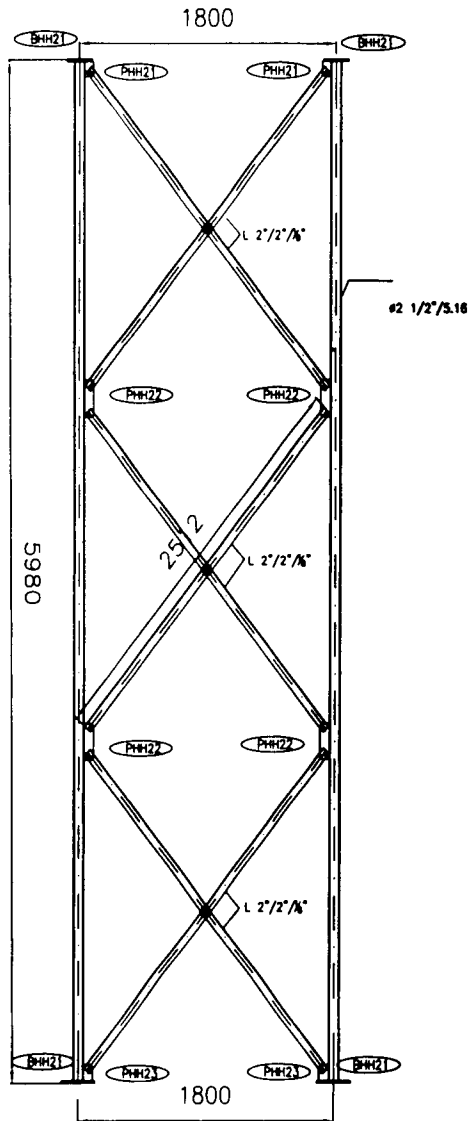
ESTE DIBUJO ES PROPIEDAD DE HIRAM Y HECTOR Y NO PODRA SER USADO, REPRODUCIDO O COPIADO SIN NUESTRO CONSENTIMIENTO POR ESCRITO

PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELECOMUNICACIONES

SITIO: TIPO

TITULO: TORRE HH DE 48m VIENTO DE 100MPH

DISEÑO: HH
 DIBUJO: HH
 FECHA: 06.01.02
 ARCHIVO: TORRETOTAL.DWG
 ESCALA: S/E
 NO. DE DIBUJO: TESIS-HH-TIA-00



0	10 10 00
NO. CAMBIOS	FECHA NOMBRE

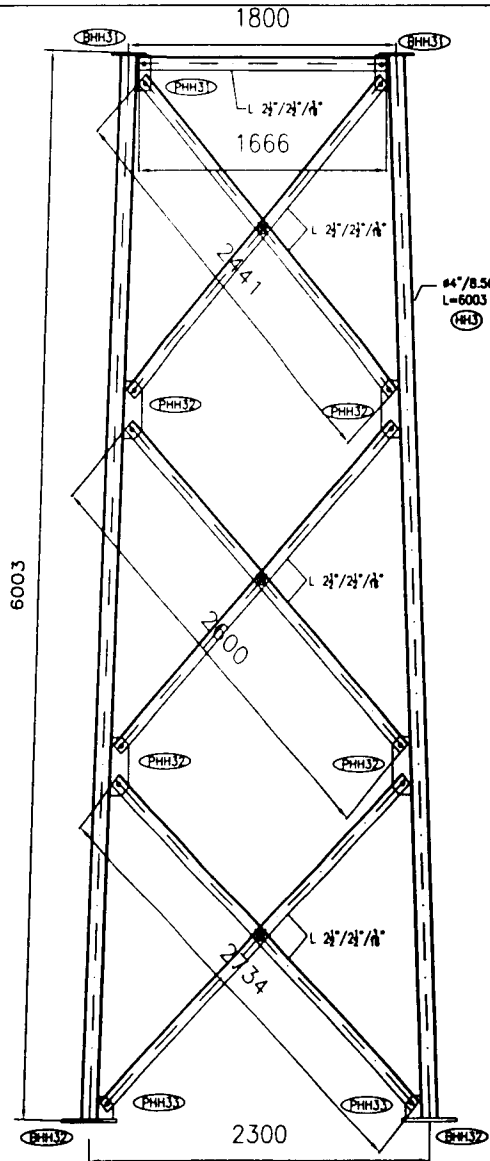
- NOTA:
1. EL ACERO PARA LAS PERNAS DE LA TORRE DEBE SER A-53 GRADO B
 2. EL ACERO DE LAS OTRAS SECCIONES DE LA TORRE Y LOS ACCESORIOS DEBE SER A-36
 3. TODAS LAS SOLDADURAS DEBEN SER COMPLETAS Y SIN INTERROPCIONES
 4. EL ESPESOR DE LA SOLDADURA ES DE 6mm A MENOS DE QUE MENCIONE EN LOS PLANOS ALGO DIFERENTE
 5. PARA TODAS LAS SOLDADURAS DEBERA UTILIZARSE UN ELECTRODO ESPECIAL PARA EL TIPO DE ACERO A SER SOLDADO
 6. TODAS LAS PARTES FILSAS DEL ACERO DEBEN SER LIMADAS
 7. TODOS LOS BARRIEMOS DE LAS BRIDAS DEBEN TENER UN AMEILLANADO A 45° EN AMBOS LADOS
 8. TODOS LOS ELEMENTOS DEBERAN GALVANIZARSE EN CALIENTE POR INMERSION CON UN ESPESOR DE 8 MICRONES



PROYECTO :
Diseño y construcción de torres de acero para sitios de telefonía celular

TITULO :
SECCION HH2

DISEÑO	HH
DEBUNO	HH
FECHA	06.01.02
ARCHIVO	HH2
ESCALA	S/E
NO. DE DEBUNO	TESIS-HH-TIA-02



0		10/10/00
No.	CAMBIO	FECHA NOMBRE

NOTA

1. EL ACERO PARA LAS PIERNAS DE LA TORRE DEBE SER A-53 GRADO B
2. EL ACERO DE LAS DEMAS SECCIONES DE LA TORRE Y LOS ACCESORIOS DEBE SER A-36
3. TODAS LAS SOLDADURAS DEBEN SER COMPLETAS Y SIN INTERRUCCIONES
4. EL ESPESOR DE LA SOLDADURA ES DE 6mm A MENOS DE QUE MENCIONE EN LOS PLANOS ALGO DIFERENTE
5. PARA TODAS LAS SOLDADURAS DEBERA UTILIZARSE UN ELECTRODO ESPECIAL PARA EL TIPO DE ACERO A SER SOLDADO
6. TODAS LAS PARTES FILZAS DEL ACERO DEBEN SER LIMADAS
7. TODOS LOS BARRIOS DE LAS BRIDAS DEBEN TENER UN AMALLANADO A 45° EN AMBOS LADOS
8. TODOS LOS ELEMENTOS DEBERAN GALVANIZARSE EN CALIENTE POR INMERSION CON UN ESPESOR DE 8 MICRONES



PROYECTO

Diseño y construcción de torres de acero para sitios de telefonía celular

TITULO

SECCION HH3

DISEÑO : HH

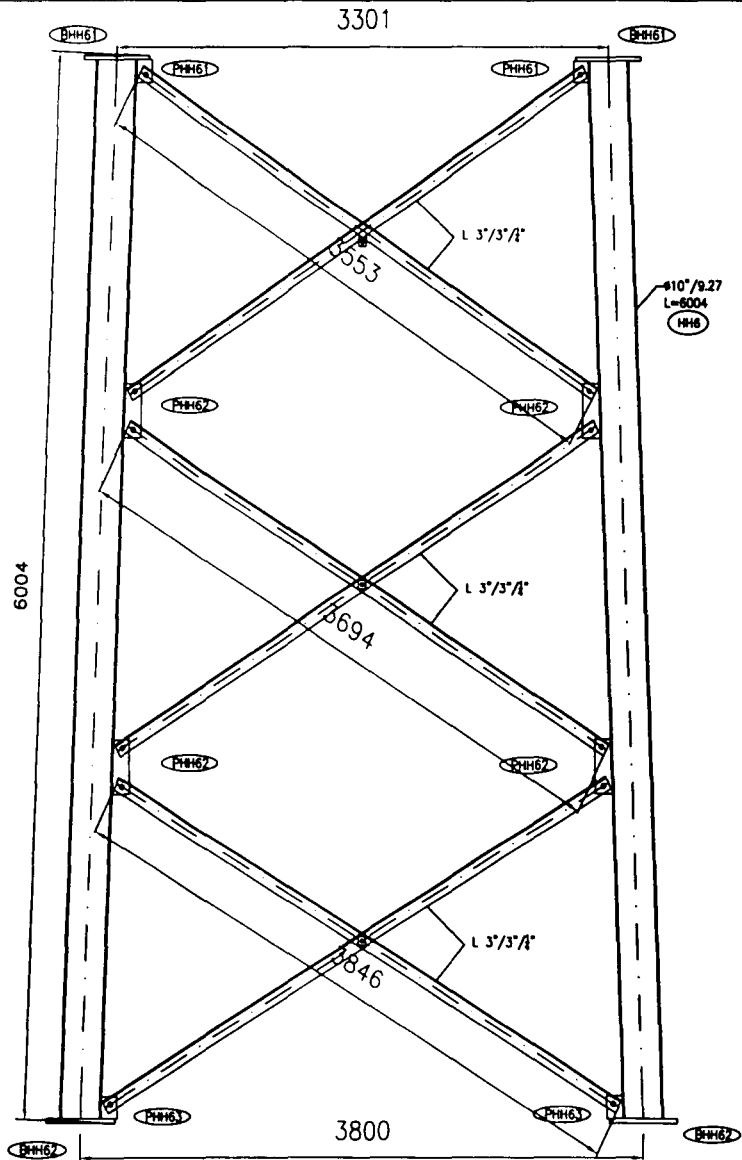
DEBULO : HH

FECHA : 06/01/02

ARCHIVO : HH3

ESCALA : S/E

NO DE DIBUJO : TESIS-HH-TA-03



0	10 10 00
NO.	NOMBRE
FECHA	NOMBRE

- NOTA
1. EL ACERO PARA LAS PIERNAS DE LA TORRE DEBE SER A-53 GRADO B
 2. EL ACERO DE LAS DEMAS SECCIONES DE LA TORRE Y LOS ACCESORIOS DEBE SER A-36
 3. TODAS LAS SOLDADURAS DEBEN SER COMPLETAS Y SIN INTERFERENCIAS
 4. EL ESPESOR DE LA SOLDADURA ES DE 6MM A MENOS DE QUE MENCIONE EN LOS PLANOS ALGO DIFERENTE
 5. PARA TODAS LAS SOLDADURAS DEBEN UTILIZARSE UN ELECTRODO ESPECIAL PARA EL TIPO DE ACERO A SER SOLDADO
 6. TODAS LAS PARTES FILOSAS DEL ACERO DEBEN SER LIMADAS
 7. TODOS LOS BARRIOS DE LAS BRIDAS DEBEN TENER UN ANILLADO A 45 EN AMBOS LADOS
 8. TODOS LOS ELEMENTOS DEBERAN GALVANIZARSE EN CALIENTE POR INMERSION CON UN ESPESOR DE 8 MICRONES



PROYECTO
Diseño y construcción de torres de acero para sitios de telefonía celular

TITULO
SECCION HH6

DISEÑO :	HH
DIBUJO :	HH
FECHA :	06 01 02
ARCHIVO :	HH6
ESCALA :	S/E
NO. DE DIBUJO :	YESIS-HH-TIA-06

IV. CIMENTACIONES

IV. CIMENTACIONES

IV.1 Cargas de diseño y fórmulas.

IV.1.1 Generalidades

Para estas estructuras en particular se acostumbra realizar una cimentación del tipo de zapatas aisladas con dados, esto consiste en una losa plana con una profundidad de desplante variable para poder contrarrestar el momento de volteo, y tres dados sobre los cuales se apoyan cada una de las piernas de la torre. Resulta importante recalcar que a pesar de que la mayoría de las cimentaciones son del tipo anteriormente descrito, la última palabra la tiene el estudio de mecánica de suelos, el cual dependiendo del tipo y características del suelo existente en el sitio en cuestión debe sugerir y brindar todos los parámetros necesarios para el diseño de la cimentación.

IV.1.2 Análisis estructural

Para el análisis estructural de una cimentación debemos revisar los estados límites de falla y los estados límites de servicio nos los da el estudio de mecánica de suelos, en el cual dependiendo de la cimentación elegida y el tipo de suelo en cuestión, se nos proporcionan los asentamiento principales y los asentamientos diferidos, que para nuestro caso debe cumplir con las especificaciones de las Normas Técnicas Complementarias para cimentaciones someras.

IV.1.3 Diseño estructural

Debido a que los momentos flexionantes disminuyen muy rápidamente del perímetro del área cargada hacia los extremos de la zapata, las tensiones máximas antes del agrietamiento se concentran en zonas cercanas a una superficie definida por planos trazados a 45° a partir del perímetro del área cargada.

Se ha podido observar a través de perforaciones previas hechas en la losa, que el agrietamiento inclinado se produce siguiendo una superficie en forma de pirámide truncada, en planos con una inclinación aproximada de 45° respecto al plano medio de la zapata, a cargas del orden del 50 al 70 por ciento de la resistencia. En esta zona los momentos flexionantes son altos y, por tanto se requieren cantidades relativamente grandes de acero por flexión, que usualmente tienen suficiente longitud de anclaje. Existe también en el plano medio de la zapata un efecto de confinamiento triaxial debido al área cargada. Por consiguiente, no puede producirse una falla irrestricta de tensión diagonal. De lo anterior se concluye que la resistencia es siempre mayor que la carga que produce el primer agrietamiento inclinado, esto es que el fuerte gradiente de momentos hace que las grietas inclinadas tiendan a producirse en la zona adyacente al área cargada.

El reglamento ACI distingue dos posibles tipos de falla: como viga y como losa. La falla como losa corresponde a la penetración de un cono o pirámide truncada. La resistencia de una losa sin refuerzo para cortante será el menor de los tres valores siguientes:

$$V_c = \left(0.5 + \frac{1}{\beta_c} \right) \sqrt{f'_c} \cdot b_o d \quad \dots \text{eq. IV.1.3.1.1}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 0.5 \right) \sqrt{f'_c} \cdot b_o d \quad \dots \text{eq. IV.1.3.1.2}$$

$$V_c = \sqrt{f'_c} \cdot b_o d \quad \dots \text{eq. IV.1.3.1.3}$$

El factor β_c es la relación entre el lado largo y el lado corto de la columna que transmite la carga a la zapata. El término b_o es el perímetro de la sección crítica, la cual se localiza de tal manera que su perímetro sea mínimo, pero que no se acerque a la columna una distancia menor que $d/2$. El factor α_s tiene un valor de 10 para columnas interiores, 7.5 para columnas de borde y 5 para columnas de esquina.

Para columnas cuadradas o de forma no alargada, se ha encontrado que el esfuerzo cortante V_c en la sección crítica es $\sqrt{f'c}$, en estos casos rige generalmente la ecuación $V_c = \sqrt{f'c} \cdot b_o d$.

Para zapatas en las que adicionalmente de la carga axial se transmite momento a la columna, una parte del momento se transmitirá por flexión y otra parte por momentos torsionantes, los cuales producen esfuerzos cortantes adicionales a los producidos por la carga axial, esta fracción del momento total se calcula multiplicando éste por el factor γ_v , definido por la ecuación:

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}$$

donde c_1 es el lado de la columna en la dirección en que se transmite el momento y c_2 , en la dirección perpendicular.

El esfuerzo máximo v_c no debe exceder los valores de $\frac{V_c}{b_o d}$ de las ecuaciones IV.1.3.1.1, IV.1.3.1.2 y IV.1.3.1.3.

IV.2 Características de estudios de mecánica de suelos.

IV.2.1 Trabajos de Campo

Para la ejecución del estudio de mecánica de suelos, se realizaron los siguientes trabajos de campo: un sondeo mixto (SM-1) a 15.4 m de profundidad y un pozo a cielo abierto (PCA-1) a 2.2 m. En el sondeo mixto se combinó el muestreo alterado con el inalterado, mediante penetración estándar el primero y mediante tubo Shelby el segundo, alternando avances de 1 m con broca tricónica sin recuperación de material.

Para el muestreo alterado se utilizó el procedimiento de Penetración Estándar, consistente en el hincado a golpes de un tubo muestreador de 60 cm de longitud y 5 cm de diámetro

mediante un martinete de 63,5 kg de peso, dejándolo caer libremente desde una altura de 76 cm. La resistencia a la penetración estándar, conforme a su definición, se midió contando el número de golpes necesarios para avanzar los 30 cm intermedios del tubo muestreador, despreciando los primeros 15 cm por posibles alteraciones en el fondo del barreno debidas a la presencia de azolve. En suelos muy compactos se midió la penetración alcanzada para 50 golpes.

La obtención de muestras inalteradas, se efectuó utilizando muestreadores de acero tipo Shelby, de pared delgada de 10 cm (4") de diámetro.

Por otro lado, el pozo a cielo abierto fue excavado con pico y pala, y se profundizó hasta donde la consistencia del material lo permitió. De este pozo se obtuvieron muestras alteradas, las cuales se recuperaron del material producto de la excavación y fueron depositadas en bolsas e identificadas para su posterior traslado al laboratorio.

Todas las muestras obtenidas en esta exploración fueron perfectamente etiquetadas y se enviaron al laboratorio para su clasificación y análisis.

IV.2.2 PRUEBAS DE LABORATORIO

En las muestras obtenidas durante la exploración se efectuaron las pruebas de laboratorio necesarias tanto para definir la clasificación de los materiales como para determinar las propiedades mecánicas que interesan para diseñar las futuras cimentaciones, realizándose los ensayos que se presentan a continuación:

IV.2.2.1 Propiedades índice

Se realizaron tanto en las muestras inalteradas como en las alteradas, y consistieron en la clasificación visual y al tacto de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), análisis granulométricos y/o lavados (porcentaje de finos), límites de consistencia líquido y plástico y contenido natural de agua. También se realizó la prueba de equivalente de arena.

Los resultados se reportan en el perfil estratigráfico fig IV.2.2.1.1 y en la Tabla IV.2.2.1.1.

IV.2.2.2 Propiedades Mecánicas de Resistencia

Se efectuaron en las muestras inalteradas del sondeo y en la integral del pozo a cielo abierto y consistieron en ensayos de resistencia al esfuerzo cortante, obteniéndose simultáneamente los pesos volumétricos húmedo y seco, la densidad de sólidos, la relación de vacíos, el contenido natural de agua y el grado de saturación.

Se realizó una prueba de resistencia a la compresión simple (no confinada), con deformación unitaria controlada en probeta con relación de esbeltez apegada a la norma, cuya gráfica esfuerzo-deformación se presenta en la figura IV.2.2.1.2.

En conformidad con los alcances del proyecto, también se evaluó la resistencia al esfuerzo cortante mediante pruebas de resistencia de compresión triaxial del tipo consolidada no drenada (CU) en probetas cilíndricas de 3,5 cm de diámetro sometidas a distintas presiones de confinamiento; cada probeta fue fallada con una velocidad de deformación controlada de 1 mm/min. Se realizaron dos pruebas saturadas y una en estado seco. Las curvas esfuerzo-deformación se presentan en las figuras IV.2.2.1.3. y IV.2.2.1.4.

IV.2.2.3 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan en la Tabla IV.2.2.1.1 y en las figuras IV.2.2.1.1 a IV.2.2.1.4.

IV.2.2.4 DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

La siguiente descripción estratigráfica fue obtenida de las pruebas de campo y laboratorio realizadas a los materiales recuperados en el sondeo mixto (SM-1) y en el pozo a cielo abierto (PCA-1) (ver perfil estratigráfico de la figura IV.2.2.1.1).

ESTRATO 1 (0,0 a 8,50 m)

Arena arcillosa de baja plasticidad color café claro y amarillento, en estado muy compacto, con gran cantidad de carbonato de calcio. Los golpes obtenidos en las pruebas de resistencia a la penetración estándar resultaron variables entre 11 y 50, mientras que los contenidos de agua variaron entre 12,4% y 24,1%. En las pruebas de granulometría realizadas a lo largo del estrato, se obtuvo una cantidad de finos variable entre 28% y 48%.

En la prueba de compresión simple realizada a la muestra extraída a 3,5 m de profundidad se obtuvo una resistencia de 145,72 kPa, una relación de vacíos de 0,64 y un peso volumétrico húmedo de 18,29 kN/m³. El módulo de elasticidad resultó de 8164 kPa. En esta misma muestra se realizó la prueba de compresión triaxial consolidada no drenada (CU), en la cual se obtuvo un ángulo de fricción interna efectivo de 26° y una cohesión de 19 kPa, las gráficas esfuerzo-deformación así como los círculos de Mohr de esta prueba se puede observar en la figura IV.2.2.1.3.

Con la finalidad de conocer las propiedades del subsuelo en estado seco, a una muestra recuperada a 0,675 m de profundidad se le realizó la prueba de compresión triaxial consolidada no drenada (CU) en probetas sin saturar, en la cual se obtuvo un ángulo de fricción interna de 30° y una cohesión de 110 kPa.

Por último, a una muestra recuperada a 7,15 m de profundidad se le realizó la prueba de compresión triaxial consolidada no drenada (CU) en probetas reproducidas (se realizó de esta manera debido a que en su estado malterado, las probetas no reunían la relación de esbeltez de la norma), en la cual se obtuvo un ángulo de fricción interna de 20° y una cohesión de 80 kPa, las gráficas esfuerzo-deformación así como los círculos de Mohr de esta prueba se presentan en la figura IV.2.2.1.4.

ESTRATO 2 (8,50 a 10,25 m)

Subyaciendo al Estrato 1 se detectó una arcilla arenosa de alta plasticidad color café claro y grisáceo de consistencia muy dura, con gran cantidad de carbonato de calcio, con un espesor aproximado de 1,75 m. La resistencia en la prueba de penetración estándar resultó mayor a 50 golpes. El contenido de agua promedio resultó entre 18,9% y 31,5%. En la prueba de análisis granulométrico se obtuvo un porcentaje de finos de 90%.

ESTRATO 3 (10,25 a 13,65 m)

Debajo del Estrato 2 se localizó una arena arcillosa de baja plasticidad color café claro y amarillento, en estado muy compacto, con gran cantidad de carbonato de calcio. Los golpes obtenidos en las pruebas de resistencia a la penetración estándar resultaron mayores de 50, mientras que los contenidos de agua variaron entre 15,2% y 20,1%. En la prueba de granulometría realizada, se obtuvo una cantidad de finos de 23%.

ESTRATO 4 (13,65 a 15,40 m, final del sondeo)

A partir del límite inferior del Estrato 3 y hasta el final del sondeo se encontró una arcilla arenosa de alta plasticidad color café claro y grisáceo de consistencia muy dura, con gran

cantidad de carbonato de calcio. La resistencia en la prueba de penetración estándar resultó mayor a 50 golpes. El contenido de agua promedio resultó entre 14,1% y 26,8%.

No se encontró el nivel de aguas freáticas.

IV.2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

Considerando que es difícil que se sature el subsuelo, para el Estrato 1 se consideró el ángulo de fricción interna de la prueba sin saturar, el cual resultó de 30°. Asimismo, se determinó utilizar una cohesión de 80 kPa, que corresponde a la mitad de la resistencia a la compresión simple. Debido a que el Estrato 3 es similar al Estrato 1, se utilizaron los mismo parámetros.

Para la arcilla de los Estratos 2 y 4 se utilizó un ángulo de fricción interna de 0°. Asimismo, se determinó utilizar una cohesión de 100 kPa,

En la Tabla 1 se presenta un resumen con los parámetros utilizados.

IV.2.4 DISEÑO GEOTÉCNICO

IV.2.4.1 Capacidad de carga a compresión en cimentaciones superficiales

El desplante de estas cimentaciones se realizará sobre el Estrato 1. Para la evaluación de la capacidad de carga última se hizo uso de la ecuación de Terzaghi (ec. 1), la cual se muestra a continuación, y se afectó por un factor de seguridad de 3 para obtener la capacidad de carga admisible (ec 2), ref 1.

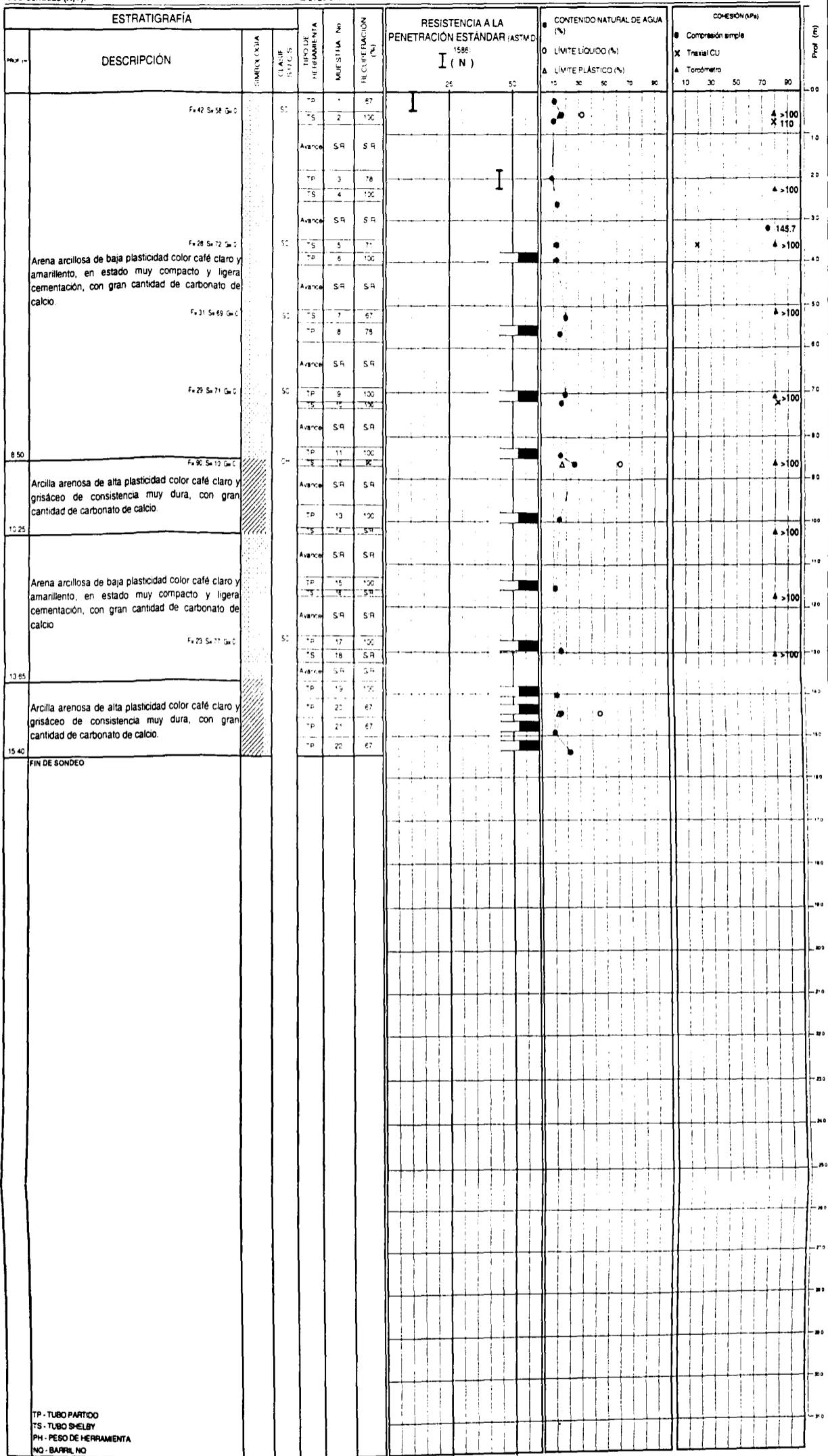
$$q_u = cN_c + \gamma D_f N_q + 0,5\gamma B N_\gamma \quad (1)$$

donde:

q_u	Capacidad de carga última
c	Cohesión del material de desplante, (80 kPa)
γ	Peso volumétrico, (18,3 kN/m ³)
D_f	Profundidad de desplante
B	Ancho de la cimentación
N_c, N_q y N_γ	Factores de capacidad de carga que son función de ϕ
ϕ	Ángulo de fricción interna, (30°)

Coordenadas (X,Y):

Elevación:



TP - TUBO PARTIDO
 TS - TUBO SHELBY
 PH - PESO DE HERRAMIENTA
 NO - BARRIL NO

La prueba triaxial de 0.875 m de profundidad se realizó en seco (sin saturar)
 Las pruebas triaxiales de 3.5 y 7.15 m de profundidad se realizaron con saturación

Simbología

	Arcilla		Arena	F = Porcentaje de Fines
	Grava		Caliza	S = Porcentaje de arena
	Limo		Arenisca	G = Porcentaje de Grava
				m = a Metro Sobre Nivel del Mar
				NAF = Nivel de Agua Freatica
			Más de 50 Golpes	

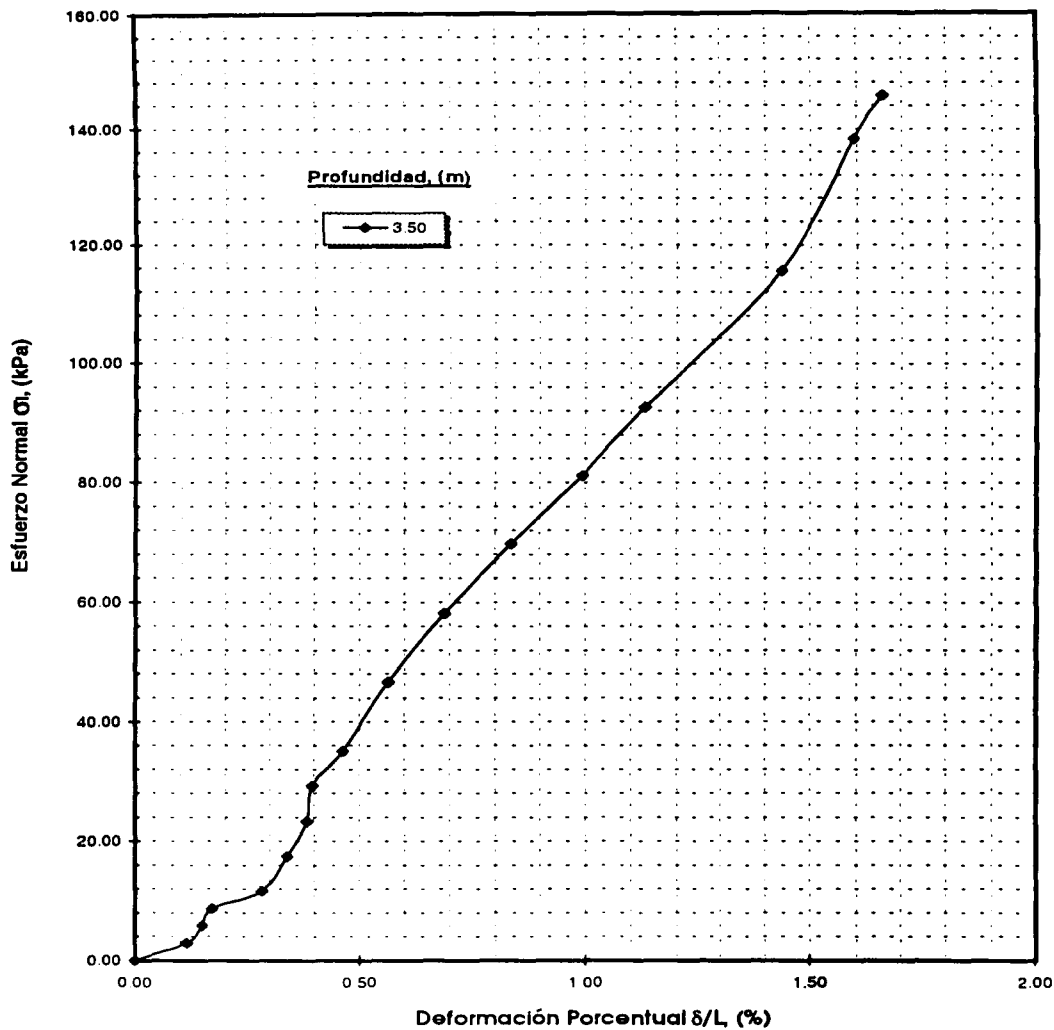
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELEFONÍA CELULAR

PROYECTO: Perfil estratigrafico en el sitio de construcción de la Torre

SONDEO: SM-1 MIXTO

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Figura IV.2.2.1.1

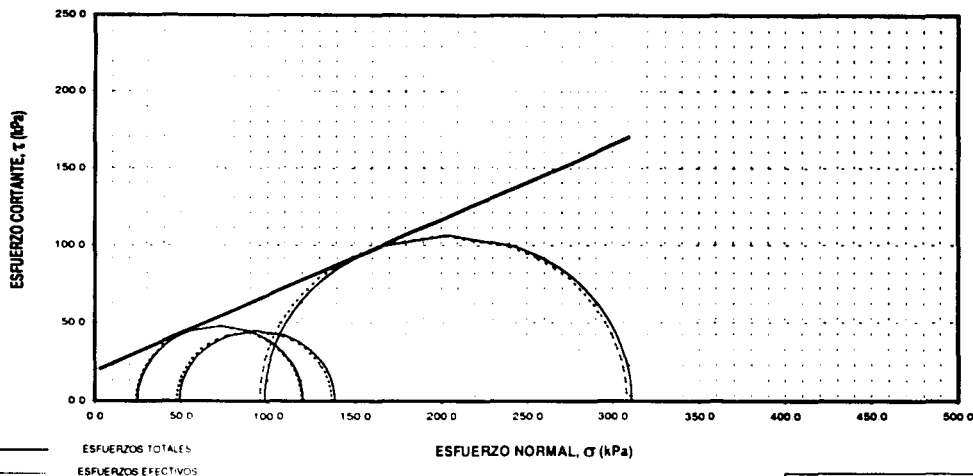
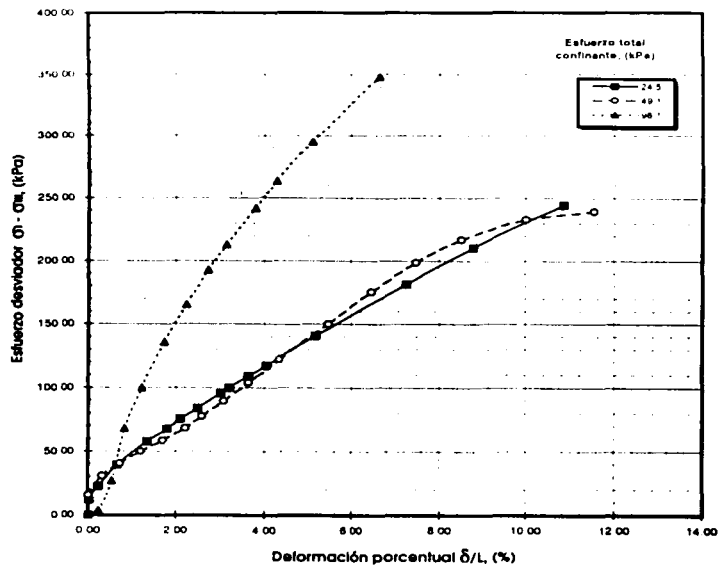


Cont. de agua (w)	15.16	%
Cont. de agua fin (w _f)	14.91	%
Grav. Esp. (G _s)	2.68	
Por. Vac. (v _v)	0.64	
Sat. (S _r)	61.66	%
Fes. Vol. Hum. (v _h)	16.29	kN/m ³
Fes. Vol. Sec. (v _s)	15.68	kN/m ³
Res. Comp. Simple (σ _c)	145.72	kPa
Mód. Elasticidad (E)	2164.36	kPa

Falla rígida

PROYECTO	Diseño y construcción de torres de acero para sitios de telefonía celular	
BONDEO	SM-1	PROF. 3.50 m
FECHA		
COMPRESION SIMPLE	Figura	
Gráfica esfuerzo-Deformación	IV-2 2 1 2	

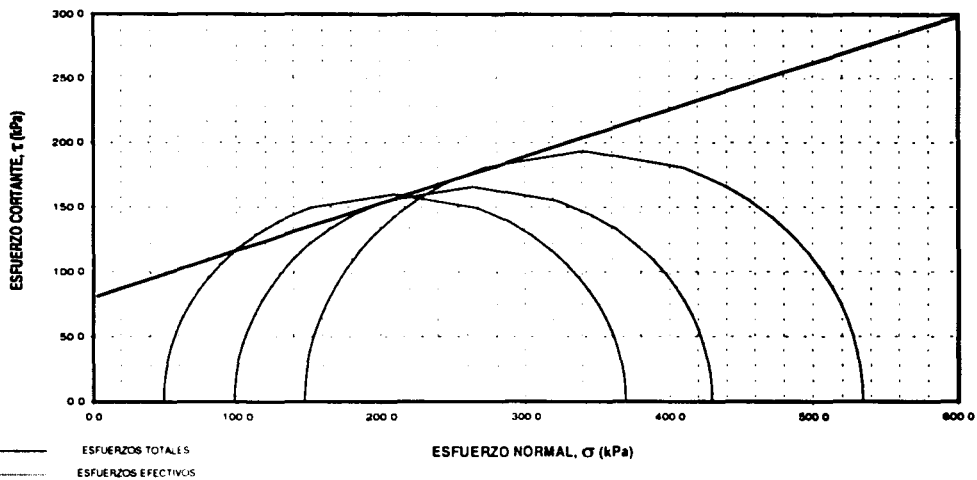
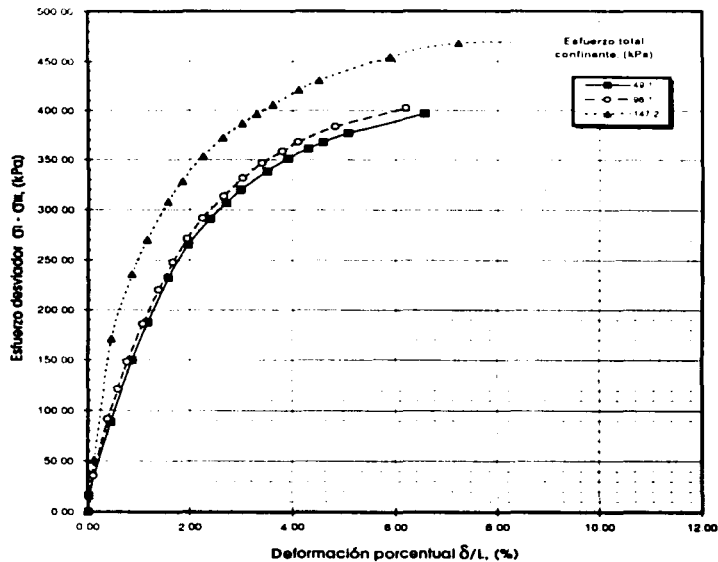
PROF m	DENSIDAD DE SÓLIDOS	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		LIMITE LIQUIDO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	DEFORMACION PORCENTUAL %	ESFUERZO PRINCIPAL				PESQUIMÉTRICO		CLASIFICACION SUCS
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL				MENOR σ_1, σ_3	MAYOR σ_1, σ_3	MAFED γ_v	SECC γ_v			
				%	%	%	%				kPa	kPa	kN/m ³	kN/m ³			
3.50	2.65	0.61	0.59	15.13	23.53	65.77	100.00	38	19	3.00	24.525	23.54	120.24	119.25	19.32	16.78	SC
		0.64	0.54	15.26	23.28	63.58	100.00			3.00	49.05	47.09	138.55	136.59	19.03	16.51	
		0.58	0.51	15.81	22.57	72.10	100.00			3.00	98.10	95.16	311.15	308.22	19.79	17.08	



Cohesion, $c =$	19	kPa
Ángulo de fricción efectivo, $\phi' =$	26	grados


PROYECTO	Diseño y construcción de torres de acero para sitios de telefonía celular		
SONDEO	SM-1	PROF.	3.5 m
COMPRESIÓN TRIAXIAL (CU)		FECHA	
Ciudad de Mérida		IV. 2. 2. 1. 3	

PROF. m	DENSIDAD DE SÓLIDOS	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		LIMITE LÍQUIDO %	ÍNDICE DE PLASTICIDAD %	DEFORMACIÓN PORCENTUAL %	ESFUERZO PRINCIPAL				PRESIÓN VOLUMÉTRICA		CLASIFICACIÓN SUCS
		INICIAL	FINAL	INICIAL %	FINAL %	INICIAL %	FINAL %				MINOR σ_1, σ_3' kPa	ELECTIVO σ_1, σ_3' kPa	MAYOR σ_1, σ_3' kPa	ELECTIVO σ_1, σ_3' kPa	MADEO σ_v kN/m ²	SEDO σ_v kN/m ²	
7.15	2.60	0.59	0.52	17.93	25.27	79.20	100.00	38	19	3.00	49.05	49.05	369.15	369.15	19.68	16.68	SC
		0.41	0.12	17.89	24.74	114.86	100.00			3.05	98.10	98.10	429.58	429.58	22.24	18.86	
		0.42	0.27	17.53	25.60	109.28	100.00			3.00	147.15	147.15	534.20	534.20	21.98	18.70	



Cohesión, $c =$	80	kPa
Ángulo de fricción efectivo, $\phi =$	20	grados

PROYECTO	Diseño y construcción de torres de acero para sitios de telefonía celular		
BORNEO	PROY.	7.15 m	TELERA
SM-1			
COMPRESIÓN TRIAXIAL (CU)			
REMOLDEADA			IV 2 2 1 4

PERFIL ESTRATIGRÁFICO	ESTRATO	PROFUNDIDA D	PESO VOLUMÉTRICO, γ	COHESIÓN, c	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA, ϕ	MÓDULO DE ELASTICIDAD, E
	No.	m	kN/m ³	kPa	grados	kPa
	1	0.0 a 8,50	18,30	80	30	95
	2	8,50 a 10,25	18,00	100	0	85
	3	10,25 a 13,65	18,30	80	30	95
	4	13,65 a 15,40	18,00	100	0	85

PROYECTO

Diseño y construcción de
torres de aceros para sitios
de telefonía celular

SONDEO

PROF

FECHA

DIC' 2000

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE
DISEÑO

Tabla

IV.2211

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \quad (2)$$

donde:

q_{adm} Capacidad de carga admisible
 FS Factor de seguridad

IV.3 Tipo de cimentación propuesta.

IV.3.1 Torre HH mediante normas TIA/EIA STANDARD

DATOS:

Tipo de torre: HH1
Velocidad del viento considerada en el diseño: 100 MPH.
Altura de la torre por encima del nivel del suelo: 48 m
Ancho de la base: 4.8 m por lado
Momento de volteo a nivel de la base: 709.72 ton*m
Peso de la torre incluyendo accesorios: 14.25 ton
Fuerza cortante total a nivel de la base: 26.04 ton
Capacidad de la carga admisible por el suelo: 8.3 ton/m² a 2 m de profundidad
Coeficiente de fricción admisible entre el suelo y el concreto: 0.5
Factor de seguridad para el momento resistente (componente del concreto): 1.25
Factor de seguridad para el momento resistente (componente del suelo): 2.0
Factor de seguridad para deslizamiento: 1.5

CÁLCULOS PARA LA CIMENTACIÓN:

Profundidad de desplante (h): 2m
Ancho de zapata (a): 8.5 m
Espesor de zapata (b): 0.50 m
Ancho de Dados (c): 1 m
Altura de los dados por debajo del nivel de terreno: 2.00 – 0.50 = 1.50

CIMENTACIONES

Altura de los dados por encima del nivel de terreno: 0.30 m.

Volumen de Concreto:

Zapata: $8.5 \times 8.5 \times 0.50 = 36.13 \text{ m}^3$

Dados: $3 \times 1 \times 1 \times (1.50 + 0.30) = 5.4 \text{ m}^3$

Total : $36.13 + 5.4 = 41.53 \text{ m}^3$

Peso total del Concreto:

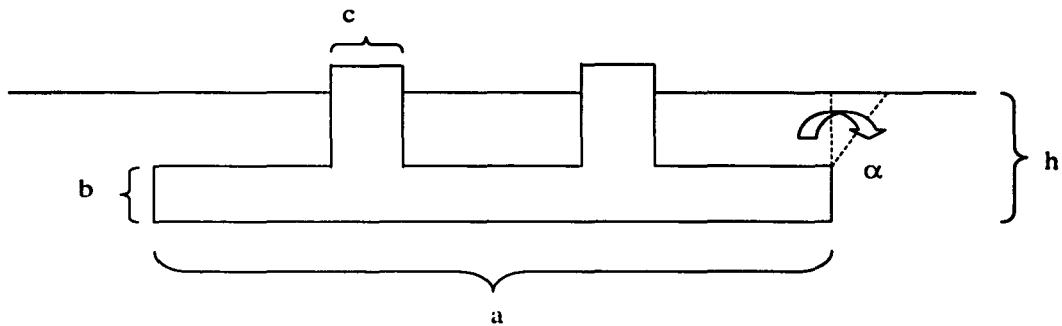
Densidad del concreto: 2.4 ton/m^3

Peso del Concreto: $41.53 \times 2.4 = 99.66 \text{ ton.}$

Peso total del suelo:

Angulo de fricción interna (α): 30°

Densidad del suelo: 1.6 ton/m^3



$$W_{suelo} = \left\{ \left[\frac{(a + a + 2 \tan \alpha (h - b))}{2} \right]^2 - 3 * c * c \right\} * (h - b) * 1.6$$

Sustituyendo

$$W_{suelo} = \left\{ \left[\frac{(8.5 + 8.5 + 2 \tan 30^\circ (2 - 0.5))}{2} \right]^2 - 3 * 1 * 1 \right\} * (2 - 0.5) * 1.6$$

$$W_{suelo} = 203.33 \text{ ton}$$

Peso total de la estructura:

Concreto: 99.66 ton

Suelo: 203.33 ton

Torre: 14.25 ton

Total: 317.24 ton.

Momento de volteo en la parte más baja de la zapata = $709.72 + 26.04 (2 + 0.03)$
 $= 769.61 \text{ ton*m}$

Momento resistente total de la base (factor de seguridad parcial):

Concreto: $99.66 / 1.25 = 79.73 \text{ ton}$

Suelo: $203.33 / 2 = 101.67 \text{ ton}$

Torre: $14.25 / 1.11 = 12.83 \text{ ton}$

194.23 ton

$$194.23 \times \frac{8.5}{2} = 825.48 \text{ ton/m} > 769.61 \text{ ton/m} \therefore \text{O.K}$$

Momento resistente total de la base (factor de seguridad unificado):

Concreto: $99.66 / 1.5 = 66.44 \text{ ton}$

Suelo: $203.33 / 1.5 = 135.55 \text{ ton}$

Torre: $14.25 / 1.5 = 9.5 \text{ ton}$

211.49 ton

$$211.49 \times \frac{8.5}{2} = 898.84 \text{ ton/m} > 769.61 \text{ ton/m} \therefore \text{O.K}$$

Factor de seguridad existente para el momento de volteo (factor de seguridad modificado):

$$\frac{(99.66 + 203.33 + 14.25) \times \frac{8.5}{2}}{769.61} = 1.75 > 1.5 \therefore \text{OK}$$

Factor de seguridad existente para desplazamiento

$$\frac{0.5 \times 317.24}{25.41} = 6.24 > 1.5 \therefore \text{OK}$$

Verificación del suelo:

Excentricidad de la carga: $\frac{769.61}{317.24} = 2.42m$

Centro de compresión: $\frac{8.5}{6} = 1.42m$

Y > X la carga está fuera del centro de compresión.

Presión actual de suelo:

$$\sigma_{suelo} = \left(1 + \frac{6 \times 2.4}{8.5} \right) \times \left(\frac{317.24}{8.5 \times 8.5} \right) = 11.8 \frac{ton}{m^2} < 15 \frac{ton}{m^2} \therefore \text{OK}$$

IV.3.2 Torre HH mediante C.F.E.

DATOS:

Tipo de torre: HHCFE

Velocidad del viento considerada en el diseño: 100 MPH.

Altura de la torre por encima del nivel del suelo: 48 m

Ancho de la base: 4.8 m por lado

Momento de volteo a nivel de la base: 534.01 ton*m

Peso de la torre incluyendo accesorios: 14.25 ton

Fuerza cortante total a nivel de la base: 18.75 ton

Capacidad de la carga admisible por el suelo: 8.3 ton/m² a 2 m de profundidad

Coefficiente de fricción admisible entre el suelo y el concreto: 0.5

Factor de seguridad para el momento resistente (componente del concreto): 1.25

Factor de seguridad para el momento resistente (componente del suelo): 2.0

Factor de seguridad para deslizamiento: 1.5

CÁLCULOS PARA LA CIMENTACIÓN:

Profundidad de desplante (h): 2m

Ancho de zapata (a): 8.5 m

Espesor de zapata (b): 0.50 m

Ancho de Dados (c): 1 m

Altura de los dados por debajo del nivel de terreno: $2.00 - 0.50 = 1.50$

Altura de los dados por encima del nivel de terreno: 0.30 m.

Volumen de Concreto:

Zapata: $8.5 \times 8.5 \times 0.50 = 36.13 \text{ m}^3$

Dados: $3 \times 1 \times 1 \times (1.50+0.30) = 5.4 \text{ m}^3$

Total : $36.13 + 5.4 = 41.53 \text{ m}^3$

Peso total del Concreto:

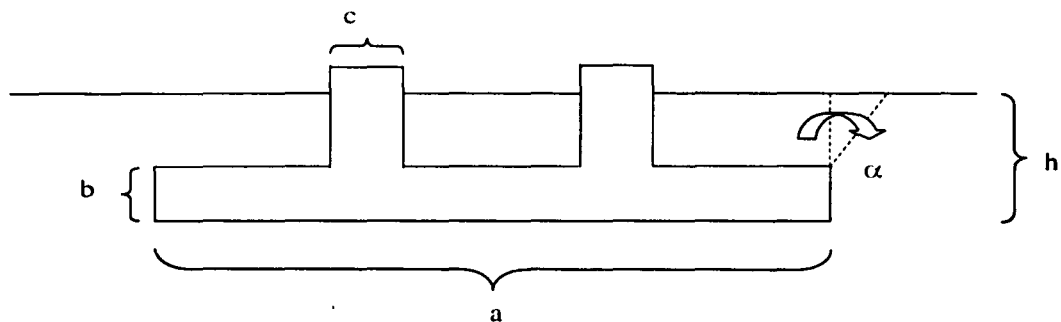
Densidad del concreto: 2.4 ton/m³

Peso del Concreto: $41.53 \times 2.4 = 99.66 \text{ ton.}$

Peso total del suelo:

Angulo de fricción interna (α): 30°

Densidad del suelo: 1.6 ton/m³



$$W_{suelo} = \left\{ \left[\frac{(a + a + 2 \tan \alpha (h - b))}{2} \right]^2 - 3 * c * c \right\} * (h - b) * 1.6$$

Sustituyendo

$$W_{suelo} = \left\{ \left[\frac{(8.5 + 8.5 + 2 \tan 30^\circ (2 - 0.5))}{2} \right]^2 - 3 * 1 * 1 \right\} * (2 - 0.5) * 1.6$$

$$W_{suelo} = 203.33 \text{ ton}$$

Peso total de la estructura:

Concreto: 99.66 ton

Suelo: 203.33 ton

Torre: 14.25 ton

Total: 317.24 ton.

Momento de volteo en la parte más baja de la zapata = 534.01 + 18.75 (2 + 0.30)
= 577.13 ton*m

Momento resistente total de la base (factor de seguridad parcial):

Concreto: 99.66 / 1.25 = 79.73 ton

Suelo: 203.33 / 2 = 101.67 ton

Torre: 14.25 / 1.11 = 12.83 ton

194.23 ton

$$194.23 \times \frac{8.5}{2} = 825.48 \text{ ton/m} > 577.13 \text{ ton/m} \therefore \text{O.K}$$

Momento resistente total de la base (factor de seguridad unificado):

Concreto:	99.66 / 1.5 =	66.44 ton
Suelo:	203.33 / 1.5 =	135.55 ton
Torre:	14.25 / 1.5 =	9.5 ton
		211.49 ton

$$211.49 \times \frac{8.5}{2} = 898.84 \frac{\text{ton}}{\text{m}} > 577.13 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \therefore \text{O.K}$$

Factor de seguridad existente para el momento de volteo (factor de seguridad modificado):

$$\frac{(99.66 + 203.33 + 14.25) \times \frac{8.5}{2}}{769.61} = 1.75 > 1.5 \therefore \text{OK}$$

Factor de seguridad existente para desplazamiento

$$\frac{0.5 \times 317.24}{25.41} = 6.24 > 1.5 \therefore \text{OK}$$

Verificación del suelo:

Excentricidad de la carga: $\frac{769.61}{317.24} = 2.42m$

Centro de compresión: $\frac{8.5}{6} = 1.42m$

Y>X la carga está fuera del centro de compresión.

Presión actual de suelo:

$$\sigma_{suelo} = \left(1 + \frac{6 \times 2.4}{8.5} \right) \times \left(\frac{317.24}{8.5 \times 8.5} \right) = 11.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 15 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \therefore \text{OK}$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TORRES DE ACERO PARA SITIOS DE TELEFONÍA CELULAR

V. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

V. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

V.1 Procedimiento general para la obtención de la licencia de construcción

V.1.1 Alineamiento y número oficial

La constancia de alineamiento y número oficial se pueden obtener por medio de una copia del último certificado predial. Este certificado da constancia de que la propiedad es privada y cumple con las medidas y configuración urbana de acuerdo a la delegación correspondiente.

Éstos son algunos aspectos que se deben considerar:

- a) Verificar que el área licitada coincida con la que aparece en el pago de predial
- b) Si algunos de los datos presentados no son correctos, la autoridad prevendrá mediante un escrito indicando cuál es el dato a clarificar
- c) El costo es de \$14 por metro (parte frontal de la propiedad)
- d) En circunstancias normales el trámite no tardará más de ocho días laborales, y en el caso de ser prevenidos y responder a la brevedad el trámite se extenderá por cinco días laborales más
- e) Se anexa formato

FORMATO V.1.1.1

GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
 Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda
 Expedición de constancia de alineamiento y número oficial

México D.F. a _____ de _____ de _____ Folio _____

Bajo protesta de decir verdad, si los informes o declaraciones proporcionados por el particular resultan falsos, se aplicarán las sanciones administrativas correspondientes, sin perjuicio de las penas en que incurrirán aquellos que se conduran con la ley de acuerdo con las disposiciones legales aplicables. La actuación administrativa de la autoridad y la de los interesados se sujetará al principio de buena fe (Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal - Art. 32)

DATOS DEL INTERESADO

Apellido paterno _____ Apellido materno _____ Nombre p. m. _____
 Calle _____ No. _____ Colonia _____
 Delegación _____ C.P. _____ Teléfono _____

DATOS DEL REPRESENTANTE LEGAL (EN SU CASO)

Apellido paterno _____ Apellido materno _____ Nombre p. m. _____
 Calle _____ No. _____ Colonia _____
 Delegación _____ C.P. _____ Teléfono _____
 Documento con el que se acredite (¿personalista?) _____
 Domicilio para el y recibir notificaciones _____
 Persona autorizada para el y recibir notificaciones _____

DATOS DEL PREDIO

Calle _____ No. _____
 Delegación _____
 Bodega privada (en su caso) _____
 Se trata de constancia de: Alineamiento Número oficial

Interesado	Representante legal (en su caso)	
Firma	Firma	
Número	Firma	Fecha de recepción
Carpe		

Presentar original - tres copias.
 Fecha de elaboración: 11 de febrero de 1997

PRIMA MSU OF. 14/96

V.1.2 Concesión de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T) para la instalación de una red de telefonía celular

Este documento es otorgado por la COFETEL (agencia especializada de la S.C.T), a la compañía telefónica que dará el servicio. Una copia de este documento será requerida por la empresa constructora de la torre para efectos de permisos.

V.1.3 Certificado de zonificación de uso de suelo

Este documento es otorgado por SEDUVI (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda) y nos permite el uso de tierra para la construcción de sitios de telecomunicaciones, dándonos el primer parámetro para saber si es permitido en la zona donde se pretende construir. La autorización del uso depende de unos mapas de zonificación delegacionales definidos en donde se muestran los usos actuales marcados mediante una nomenclatura especial. Para sitios de telecomunicaciones se requieren las áreas marcadas con los siguientes tipos de usos:

HC (Habitacional con Comercios)

HO (Habitacional con Oficinas)

HM (Habitacional Mixto)

CB (Centro de Barrio)

Y la nomenclatura para el uso requerido es: "estación repetidora de comunicación celular".

El procedimiento para la localización de sitios de telecomunicaciones se realiza mediante un anillo de búsqueda, y dentro de éste se deben marcar las zonas con los usos

a) Certificado de zonificación de uso de suelo

Este documento es otorgado por la SEDUVI (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda) y da el permiso a la constructora del uso de suelo para la construcción de la torre de comunicación, proporcionado los primeros parámetros para saber si en la zona donde se va a ubicar el sitio es conveniente y las dificultades que se presenta en la obtención de este permiso.

La autorización del uso está definida por mapas en cada delegación en donde está marcado este uso con una nomenclatura especial. Para los sitios se necesita que el uso de suelo esté marcado con los siguientes tipos de uso de suelo: HC (habitacional con comercios), HO (habitacional con oficinas), HM (habitacional mixto) y CB (centro de barrio), y la nomenclatura que se requiere para el uso de suelo es "Estación repetidora de comunicación celular".

Cuando se necesita un sitio de telefonía celular fuera de las áreas marcadas se necesitará solicitar un certificado de uso de suelo específico, lo cual significa cambiar el uso de suelo establecido por las autoridades. Como esto depende de muchos factores cada uno debe ser

V.1.4 Aeronáutica Civil

Autorización de la Dirección General de Aeronáutica Civil (D.G.A.C.) para la construcción de antena

Esta es una carta de autorización que D.G.A.C. expide ante la respuesta de una solicitud que contiene:

- a) Solicitud de evaluación de obra de acuerdo con NOM-013-SCT3-1995
- b) Plano de localización a escala indicando coordenadas geográficas indicando curvas de nivel, etc.
- c) Memoria de cálculo de coordenadas geográficas al segundo.
- d) Planos estructurales generales indicando tipo de torre, incluyendo cimentación, retenidas, secciones y perfiles, escaleras de acceso, anclas y sistemas de seguridad.
- e) Memoria de cálculo de la torre y cimentación incluyendo materiales, dimensiones y tipos de normas empleadas en el diseño, cargas por viento, cargas por hielo, plataformas y contenedores.
- f) Sistema de tierras y aparta rayos, especificando la norma de diseño utilizada.
- g) Especificaciones de pintura para el señalamiento visual.
- h) La documentación deberá estar avalada por un perito en telecomunicaciones.

V.1.5 Autorización de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI)

La carta de autorización será necesaria de acuerdo al anillo de búsqueda, cuando el sitio se encuentre en zonas de reserva o de protección o cuando la altura de la torre sea mayor de 30mts. SEDUVI realizará un análisis de impacto visual de la torre así como también un análisis ecológico, urbano y de arquitectura del paisaje, posteriormente aprobarán el sitio para la construcción con base en su experiencia y criterio.

Para esta carta de autorización se necesitarán los siguientes documentos:

- a) Especificar la ubicación de la antena con nomenclatura y domicilio exacto.
- b) Solicitud de licencia de construcción específica signada por un **director responsable de obra**.
- c) Programa de obra.
- d) Propuesta arquitectónica de mitigación del impacto visual.
- e) Póliza contra daños (seguro).
- f) Proyecto estructural de las instalaciones.
- g) Revisión de la capacidad de carga del edificio.
- h) Contrato de arrendamiento (cuando se trate de **edificaciones particulares**).
- i) Autorización del director responsable de obras.

V.1.6 Cuerpo de la licencia de construcción

La totalidad de documentos necesarios para tramitar el permiso de construcción se muestra a continuación:

1. Constancia de alineamiento y número oficial.
2. Concesión de la S.C.T. para la instalación de una red de telefonía celular.
3. Certificado de zonificación de uso de suelo.
4. Aprobación por parte de la D.G.A.C para la construcción de la torre.
5. Aprobación de SEDUVI para la construcción de la torre cuando esta exceda de 30 metros de altura o se encuentre en zonas de reserva o de protección.
6. El contrato de arrendamiento sellado por cualquier oficina de tesorería.
7. Programa de trabajo.
8. Póliza de seguro para responsabilidad civil.
9. Proyecto arquitectónico incluidos los planos de la distribución del sitio, electricidad y contenedor. Deben presentarse cuatro juegos de planos los cuales deben ir firmados por el dueño del predio, por un Director Responsable de Obra y por los corresponsables de obra.
10. Dos juegos de planos a escala del proyecto estructural, esto es cimentación y torre, los cuales deben ir firmados por un Director Responsable de Obra y un corresponsable en seguridad estructural.
11. Descripción del proyecto etapa por etapa.
12. Cálculos de la torre y la cimentación.
13. La copia del registro tanto del Director Responsable de Obra como de los corresponsables.

Estos son todos los trámites y papeles necesarios para realizar el trámite de la licencia de construcción de una torre de acero para telefonía celular, y deben ir acompañados por el siguiente formato:

FORMATO V.1.6.1

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

PROGRAMA (S) DE INGENIERIA DE CONSTRUCCION

FUNDAMENTO JURIDICO

Reglamento de Construcción para el Distrito Federal - Artículo 103

RESUMEN

El presente programa de ingeniería de construcción tiene como finalidad proporcionar a los estudiantes los conocimientos y habilidades necesarios para el diseño y construcción de estructuras de acero, considerando los aspectos constructivos, de seguridad y de mantenimiento. El programa incluye el estudio de los tipos de estructuras de acero, los métodos de construcción, los materiales y los equipos utilizados, así como el análisis y el diseño de las estructuras de acero, considerando los aspectos constructivos, de seguridad y de mantenimiento. El programa también incluye el estudio de los tipos de estructuras de acero, los métodos de construcción, los materiales y los equipos utilizados, así como el análisis y el diseño de las estructuras de acero, considerando los aspectos constructivos, de seguridad y de mantenimiento.

VALENCIA

Valor de la obra y el mayor número de metros cuadrados

Valor de la obra: \$ 100,000,000.00
 Mayor número de metros cuadrados: 10,000.00

SEGURIDAD DE PROGRAMAS

Poner Borrar Otro

Con la personalidad que se indica en el presente programa y subdiciendo el artículo 103 del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, se manifiesta que el valor de la obra sobre la que se emite este programa es de \$ 100,000,000.00.

El presente programa de ingeniería de construcción tiene como finalidad proporcionar a los estudiantes los conocimientos y habilidades necesarios para el diseño y construcción de estructuras de acero, considerando los aspectos constructivos, de seguridad y de mantenimiento.

Platón y poseído **Atestado** **Director responsable de obra**

Nombre: _____ Nombre: _____
 Firma: _____ Firma: _____

Número de la responsabilidad por la obra: _____ No. de Registro por la obra: _____
 CUI: _____ CUI: _____

El presente programa de ingeniería de construcción tiene como finalidad proporcionar a los estudiantes los conocimientos y habilidades necesarios para el diseño y construcción de estructuras de acero, considerando los aspectos constructivos, de seguridad y de mantenimiento.

Nombre: _____ Cargo: _____
 Firma: _____

AUTORIZACIÓN DE OCUPACIÓN

FUNDAMENTO JURIDICO

Reglamento de Construcción para el Distrito Federal - Artículo 103

RECLAMO

El presente programa de ingeniería de construcción tiene como finalidad proporcionar a los estudiantes los conocimientos y habilidades necesarios para el diseño y construcción de estructuras de acero, considerando los aspectos constructivos, de seguridad y de mantenimiento.

VALENCIA

Valor de la obra y el mayor número de metros cuadrados

Autenticación de la obra de la

Conforme a lo que se indica en el presente programa y subdiciendo el artículo 103 del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, se manifiesta que el valor de la obra sobre la que se emite este programa es de \$ 100,000,000.00.

El presente programa de ingeniería de construcción tiene como finalidad proporcionar a los estudiantes los conocimientos y habilidades necesarios para el diseño y construcción de estructuras de acero, considerando los aspectos constructivos, de seguridad y de mantenimiento.

Nombre: _____ Firma: _____
 Cargo: _____

FOLIO

REVISAR (ANEXADO O NO) VERIFICAR

RECIBO

Nombre: _____ Firma: _____
 Cargo: _____

V.2 Procedimiento constructivo para sitios de telefonía celular.

V.2.1 Preparación del sitio, trazo y nivelación.

Para el trazo, los límites del sitio serán marcados por el ingeniero de sitio de acuerdo a los planos correspondientes, esto se verificará con el levantamiento del topógrafo. Es recomendable que el propietario del lugar se encuentre ahí, mientras se hace el trazo del sitio.

El nivel cero +/- 0.00 del sitio será marcado por el ingeniero de sitio de tal forma que éste se pueda ver durante todo el proceso de la construcción.

En caso de requerirse trabajos de demolición, deben ser coordinado por el cliente-supervisor y el propietario del lugar. Todos los productos que resulten de la demolición serán evacuados a un área de desechos autorizada.

V.2.2 Excavación.

El ingeniero de sitio marcará las 4 esquinas de la base de la torre y del shelter o contenedor como está marcado en los planos arquitectónicos del proyecto.

Si mientras se hace la excavación, el suelo no corresponde al diseño de ingeniería, ya sea el tipo de suelo, el nivel de agua del terreno, etc., el ingeniero de sitio deberá reportar esto inmediatamente a los ingenieros de diseño y actuar de acuerdo a sus instrucciones, las cuales deberán ser específicas y por escrito, ninguna decisión deberá ser tomada en el sitio.

La pared de la excavación será retenida si el suelo no es estable con el fin de evitar cualquier colapso en el suelo o en la mezcla de éste con los elementos de concreto.

Cuando la excavación se realice cerca de una construcción ya existente, en caso necesario, la construcción será retenida y estabilizada de acuerdo a las instrucciones de diseño hasta que desaparezca el peligro.

El material resultante de la excavación será guardado en el sitio, ya que puede usarse posteriormente como material de relleno, a menos que en los dibujos se establezca que el relleno debe ser de un material graduado, si éste es el caso, los residuos de la excavación deberán ser evacuados a un área de desecho autorizada.

La parte baja de la excavación será compactada al 95% de la prueba "Proctor" y dentro del +/- 3% del contenido óptimo de humedad antes de que las varillas de acero sean puestas.

V.2.3 Trabajos de concreto.

El tipo de concreto a utilizarse debe ser el indicado en los planos estructurales de la cimentación de la torre y del shelter y deberá ser distribuido por una planta especializada ya que generalmente la resistencia mínima utilizada para este tipo de estructuras es de 300 kg/cm^2 .

Las varillas de acero a utilizarse deben tener un $F_y = 400 \text{ kg/cm}^2$ a menos que se mencione otra cosa en los planos estructurales.

El colado de la cimentación debe ser monolítico y los puntos que debe verificar el ingeniero de sitio antes del colado del concreto son los siguientes:

- a) Dimensiones de la excavación, longitud, ancho y profundidad de desplante.
- b) Varillas de acero de refuerzo, el tipo, medida dimensión, traslapes, separación entre varillas y corrosión.
- c) La existencia de un vibrador para concreto en el sitio.
- d) Cimbras, las cuales deben encontrarse derechas y limpias.
- e) La distancia centro a centro de los pernos de anclaje así como que exista una longitud de 20 cm para la rosca de los pernos fuera del concreto.
- f) Existencia de una cinta protectora para la rosca de los pernos de anclaje en orden de ser protegidos del concreto.

Cada mezcladora será verificada contra la forma de entrega en cuanto a tipo de concreto, revenimiento, aditivos, etc. La forma de entrega debe ser conservada en el sitio en un fólder.

El concreto debe ser colado sobre una plantilla de concreto pobre de 5 cm de espesor y $f'c$ de 150 kg/cm^2 , este no podrá ser arrojado de una altura mayor a 2.5 m, así es que de ser necesario se utilizará una bomba para concreto. Todas las aristas de concreto sobre salientes al nivel de terreno deben ser rematadas con un chafflán de 20 por 20 mm, así como todas las superficies de concreto deben tener un acabado fino.

El curado del concreto debe realizarse los primeros siete días. En climas muy cálidos debe utilizarse un aditivo para el curado el cual debe integrarse al concreto al momento de ser colado, o en su defecto debe ser humedecido con agua. En climas muy fríos debe utilizarse una manta térmica.

Deben ser tomadas suficientes probetas de concreto durante el colado de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal como se especifica a continuación:

Definiciones

1. Cilindro – Cilindro de concreto, Tomado en sitio (no en la planta) después de haber sido agregados los aditivos (en su caso)
2. Muestra – Un grupo de dos cilindros de prueba (Tomados de un mismo elemento).
3. Laboratorio para concreto autorizado – Todo laboratorio autorizado por "SINALP" (Sistema Nacional de Prueba) del cual se requiere un sello en el certificado de las pruebas de concreto.
4. Planta de concreto – Lugar de donde se provee el concreto, nunca puede ser el mismo que realiza las pruebas de concreto.

Probetas requeridas en los diferentes elementos

Zapata.

1 cilindro probado a los 3 días.

1 cilindro probado a los 7 días.

4 cilindro probado a los 28 días.

1 cilindro testigo el cual deberá permanecer en el laboratorio y será probado solo en el caso de existir alguna duda en los resultados previos.

Dados.

1 cilindro probado a los 3 días.

1 cilindro probado a los 7 días.

2 cilindro probado a los 28 días.

1 cilindro testigo el cual deberá permanecer en el laboratorio y será probado solo en el caso de existir alguna duda en los resultados previos.

Losa del shelter.

2 cilindro probado a los 7 días.

2 cilindro probado a los 28 días.

1 cilindro testigo el cual deberá permanecer en el laboratorio y será probado solo en el caso de existir alguna duda en los resultados previos.

Normatividad

La normatividad mexicana estipula las siguientes dos condiciones a los 28 días.

1. El promedio de cada una de las muestras (2 cilindros de un mismo elemento) puede ser igual o menor a $f'c = 35 \text{ kg/cm}^2$.
2. El promedio de 3 muestras consecutivas (las cuales pueden ser de diferentes elementos) debe ser igual o mayor a $f'c$.

El certificado del concreto debe incluir el nombre y número del sitio, fecha de colado, elemento probado, revenimiento y los datos propios de la prueba.

V.2.4 Relleno.

Antes de realizarse el relleno, ya sea con material producto de la excavación o con uno graduado, una prueba del material debe ser enviada al laboratorio para ser caracterizada.

En caso de utilizarse material producto de la excavación, el ingeniero de sitio debe asegurarse de que éste se encuentre limpio de basuras antes de ser utilizado.

Cada capa de suelo compactado no debe excederse de 20 cm de espesor, y no debe ser colocada a menos que la capa previa haya sido probada que cumple el 95% de la prueba proctor con un $\pm 3\%$ de contenido óptimo de humedad u otro suficiente nivel de compactación que sea mencionado en los planos.

Definiciones.

1. Sub base - la parte más baja de una excavación
2. Contenido óptimo de humedad - el promedio de humedad, el cual proporciona la habilidad de compactación de un material a su máxima densidad.
3. Prueba Proctor - Análisis de un material para definir su máxima densidad y contenido de humedad.

V.2.5 Erección de la torre.

Antes de realizar la erección de la torre el ingeniero de sitio debe verificar lo siguiente:

- a) El concreto debe haber alcanzado mínimo el 75% de la resistencia de diseño (se requiere un certificado)
- b) Todos los trabajadores deben portar casco y ropa adecuada de trabajo.
- c) La distancia centro a centro de los pernos de anclaje sea acorde con la de proyecto.
- d) Las tuercas de los pernos de anclaje estén niveladas.
- e) La existencia de un torquímetro en el sitio.

Ninguna sección de la torre puede ser iza sin antes estar seguros que la sección previa se encuentra montada con todas sus piezas

Todos los pernos de conexión deben ser instalados de acuerdo a un solo criterio de instalación.

La escalera de ascenso debe colocarse derecha, sin dobleces, conectada a un bloque de concreto en la base y no debe estar pintada.

El cable de seguridad deberá ser tensado y conectado del primer escalón al último escalón de la escalera de ascenso, este debe colocarse al centro.

La escalera de cables debe ser colocada derecha, sin dobleces y pintada si así se requiere por el cliente. Esta escalera debe colocarse en la cara de la torre que da frente al shelter.

Las luces de la torre deben colocarse de la siguiente manera:

- a) Un Beacon en la cima.
- b) Tres luces intermedias, una en cada una de las piernas a cada 1/3 de la altura total de la torre.
- c) Se debe instalar un controlador de luces que cuente con una fotocelda.

La torre será pinta únicamente si el cliente así lo requiere o que el sitio de instalación se encuentre próximo a un aeropuerto, en estos casos la torre deberá pintarse en siete franjas iguales empezando por anaranjado intercalándose con blanco y terminando en anaranjado. Todos los accesorios de la torre deben ser pintados del color de la sección en donde se encuentren con excepción de la escalera de ascenso.

El pararrayos debe instalarse en la parte superior de la torre sobre la pierna más lejana del shelter, el cable del pararrayos bajará por la pierna hasta conectarse con el anillo de tierras de la torre.

V.2.6 Trabajos generales.

Todo el sitio debe cubrirse con una capa de 10 cm de grava de 1 ½", así como una capa antivegetal bajo la grava.

Debe construirse una malla perimetral cuyos componentes sean galvanizados por inmersión en caliente, con concertina de diámetro de 40 cm con paso de 15 cm.

Una puerta de acceso con componentes galvanizados por inmersión en caliente, la cual debe tener la libertad para abrir hacia fuera y hacia adentro.

VI. EVALUACIÓN DE PROYECTOS

VI. Evaluación Técnica y Económica en el Diseño de Torres de Telefonía Celular

VI.1 Evaluación Técnica.

Con el fin de evaluar la factibilidad técnica en el diseño y construcción de torres de telefonía celular se procederá a cuantificar la eficiencia de la torre con respecto a su peso.

La Tabla VI.1.1 y la Tabla VI.1.2 muestran las eficiencias con base en el esfuerzo permisible que tenemos en cada sección con respecto al esfuerzo actuante.

Posteriormente se obtuvo el peso de las piernas y diagonales en cada sección para con esto obtener un promedio pesado de eficiencia que se puede observar en la última columna.

Al hablar de eficiencia total, nos referimos a la parte del esfuerzo total permisible que se vería utilizada en cada una de las secciones por las acciones de las cargas de diseño, así que a mayor eficiencia resulta mayormente saturada la capacidad de resistencia de la torre.

En estas tablas podemos observar que en el diseño de la torre mediante manual de CFE tenemos una menor eficiencia, esto resulta en una mayor capacidad.

Tabla VI.1.1

Por el metodo de diseño de TIA

Sección	Diametro de la Pierna (in)	Esfuerzo Permisible [kg cm ²]	Esfuerzo Actuante [kg cm ²]	Eficiencia [%]	Peso de pierna por sección [kg]	Diagonal (in)	Esfuerzo Permisible [kg cm ²]	Esfuerzo Actuante [kg cm ²]	Eficiencia [%]	Peso de diagonal por sección [kg]	Peso total por sección [kg]	Eficiencia Total [%]
HH-1	2	1218.78	346.06	28	98.64	1.5	527.7	223.94	42	89.22	317.81	35.06
HH-2	2.5	1410.33	1115.62	79	155.34	2	965.26	487.56	51	111.23	737.91	67.17
HH-3	4	1937.16	1636.94	91	401.76	2.5	1031.92	889.34	86	238.19	2436.67	88.91
HH-4	6	1937.16	1376.19	75	766.80	3	1170.89	699.35	60	377.60	2078.05	69.66
HH-5	8	1937.16	1301.23	100	918.18	3	1057.28	732.11	69	425.77	1572.15	90.35
HH-6	10	1937.16	1660.99	86	1085.22	3	938.03	774.14	83	465.21	1818.67	84.99
HH-7	10	1937.16	1223.15	63	1727.46	3	640.38	554.03	87	600.91	2796.72	70.74
HH-8	12	1937.16	1869.24	86	1434.60	3	540.85	451.33	83	804.14	2529.89	85.27

74.05

Tabla VI.1.2

Por el metodo de diseño de CFE

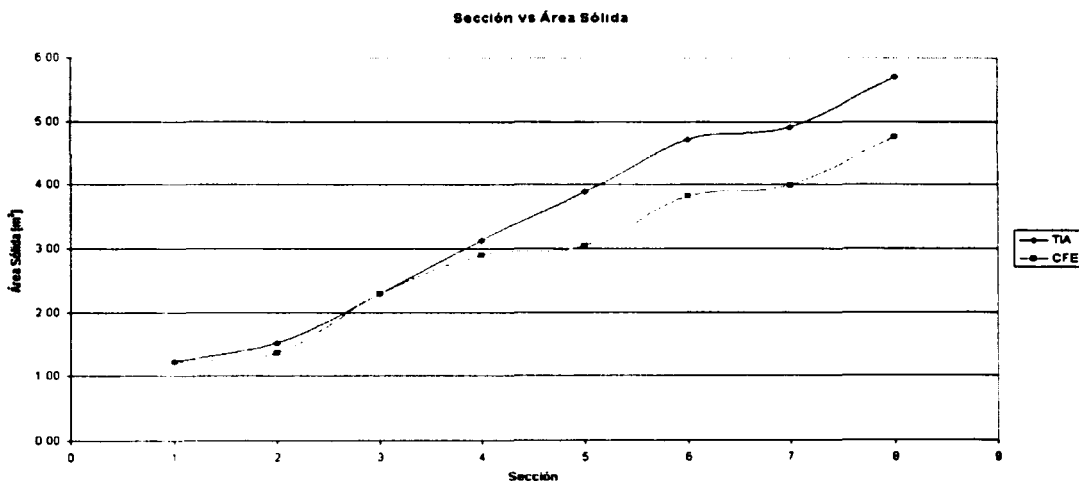
Sección	Diametro de la Pierna	Esfuerzo Permisible	Esfuerzo Actuante [kg/cm ²]	Eficiencia a [%]	Peso de pierna por sección [kg]	Diagonal [in]	Esfuerzo Permisible	Esfuerzo Actuante [kg/cm ²]	Eficiencia a [%]	Peso de diagonal por sección [kg]	Peso total por sección [kg]	Eficiencia Total [%]
HH-1	2	1216.34	298.51	23.72	97.92	1.5	669.37	182.68	26.50	89.22	317.09	25.04
HH-2	2	1216.34	1321.726	108.66	134.64	2	1029.96	344.79	33.48	111.23	717.21	74.65
HH-3	4	1694.53	1221.015	72.06	401.76	2.5	1180.44	716.65	60.71	245.33	2443.81	67.75
HH-4	6	1834.47	1640.291	89.41	508.68	2.5	1274.71	550.06	43.15	238.79	1681.83	74.64
HH-5	6	1834.47	1502.966	81.93	766.08	2.5	1106.69	565.22	51.08	356.27	1350.55	72.14
HH-6	8	1883.07	1219.603	64.60	1163.52	2.5	959.69	587.15	61.18	406.00	1817.77	63.71
HH-7	8	1883.07	1420.016	75.21	1163.52	2.5	822.81	609.52	74.08	555.86	1987.73	74.84
HH-8	10	1924.52	1269.558	65.97	1085.40	2.5	737.74	638.99	86.61	609.24	1995.79	73.39

65.77

La diferencia en eficiencia entre ambas antenas es de un 10% aproximadamente.

VI.2 Comparación del área sólida contra las secciones.

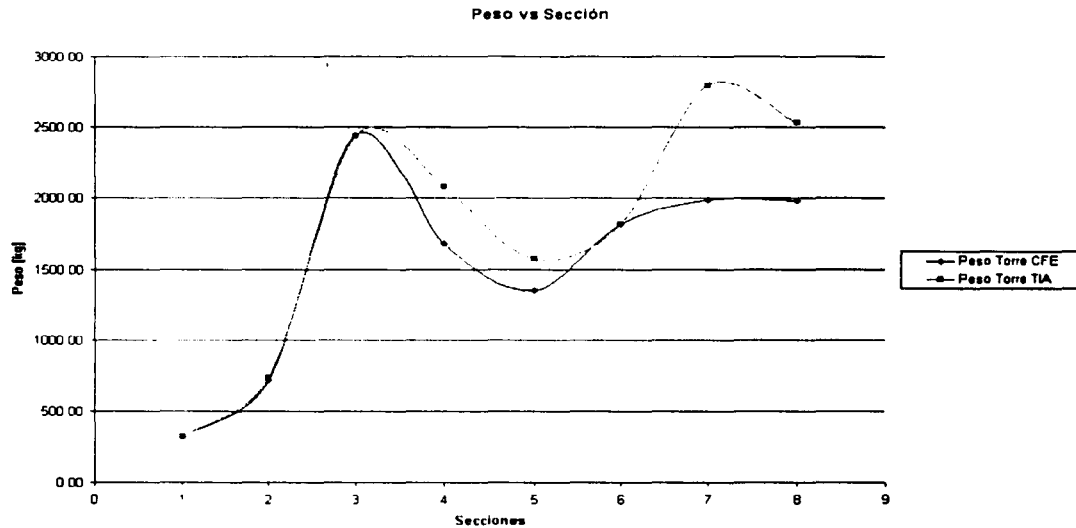
A continuación se muestra la tabla y la gráfica que relaciona la sección sólida con respecto a la sección.



A mayor área sólida es mayor la influencia del viento sobre la estructura.

VI.3 Comparación del peso contra las secciones.

A continuación se muestra una gráfica del peso en cada sección. Se puede observar que en las primeras tres secciones los requerimientos son los mismos. Posteriormente los requerimientos de la torre de PEMEX se reducen. En la sección 6 se igualan y al final la diferencia es notable



VI.4 Evaluación Económica

Para hacer la evaluación económica entre ambos diseños, la consideración que se toma es el precio de peso instalado, de acuerdo al mercado el costo del kilogramo de antena instalado es de 2 dolares por 1 kg.

Por lo tanto

Torre	Peso[kg]	Costo [\$/kg]	Costo Total [\$]
Pemex	12301.78	\$2.0	\$24,603.56
TIA	14287.87	\$2.0	\$28,575.74

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII. Conclusiones y recomendaciones.

1. Hasta el momento en México no existe una normatividad específica para el análisis y diseño estructural mediante viento de torres para telecomunicaciones, debido a esto se acostumbra diseñar este tipo de estructuras mediante el Manual de Diseño Por Viento de la Comisión Federal de Electricidad, el cual fue diseñado para torres de transmisiones, las cuales se asemejan en mucho a las anteriormente mencionadas pero el problema radica en el hecho de que existe una gran variedad de accesorios que los cuales no se encuentran contemplados dentro de estas normas y por lo cual resulta un poco arbitraria la selección de ciertos coeficientes de arrastres (C_a), por lo cual el diseñador puede tomar un criterio propio rompiendo así con el objetivo de una normatividad. Es por esto que concluimos en la necesidad de generarse un documento oficial que contenga todos los parámetros necesarios para diseñar este tipo de estructuras.
2. Existen diferencias técnicas importantes entre la norma mexicana y la norma americana aun cuando al final sirvan para lo mismo, dentro de las diferencias que pudimos apreciar están las siguientes:
 - a) La norma americana no toma en cuenta los aspectos topográficos que circundan a la torre, mientras que en la mexicana estos factores incrementan o reducen la fuerza de viento, cosa que consideramos totalmente razonable.
 - b) La norma americana tiene factores más estrictos y generales.
 - c) La norma mexicana no toma en cuenta la consideración de la existencia de hielo sobre la estructura, factores que pueden llegar a afectar en algunas regiones del norte de la República Mexicana y sobre todo en torres que se pretendan colocar sobre montañas que frecuentemente sufren nevadas.
 - d) La utilización de la norma americana permite modelar más claramente a las antenas tanto de radio frecuencia como de microondas, ya que cuenta con un capítulo especial para este último tipo de antenas, no obstante existe la posibilidad de obtener estas fuerzas mediante los catálogos de los proveedores, únicamente adecuándolas a la velocidad de viento de diseño.
 - e) Existen una serie de factores dentro del análisis dinámico en la norma mexicana que pueden obtenerse mediante gráficas, lo cual permite tener una gran variación en los resultados.
 - f) Así mismo para poder realizar el análisis mediante la norma mexicana es necesario contar con la frecuencia natural de la estructura, la cual se refiere a la forma en la que la estructura vibraría únicamente por su peso propio y el de sus accesorios, para tal efecto es necesario realizar un análisis muy complejo o en su defecto contar con un programa de computo para diseño especializado de estructuras. Consideramos que esto representa una limitante fuerte para la aplicación de esta norma.

3. Es recomendable utilizar la norma mexicana independientemente de las limitaciones con las que cuenta ya que en cualquier problema legal no existe justificación posible con otro tipo de norma, es por esto que deberíamos tener una regulación al respecto, ya que existen licitaciones de PEMEX (Institución Federal) en las cuales solicitan el diseño de este tipo de estructuras mediante la norma americana.
4. Es recomendable también revisar las cimentaciones con los factores de seguridad que marca el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.
5. Nuestra primera impresión fue corroborada al comprobar que la misma torre diseñada mediante la norma mexicana sería más barata que mediante la americana debido a que generalmente las normas americanas son más estrictas, pero en este caso pudimos observar que esto no se refiere exclusivamente a el castigo que generalmente dan los coeficientes a las estructuras, sino que también influyen una diferencia de consideraciones que toman en cuenta cada una de las normas.
6. Por último pudimos concluir que a pesar de la existencia de programas especializados para el diseño estructural, si no se cuenta con un conocimiento integral de diseño, estas herramientas pueden resultar contraproducentes y hasta pueden llegar a justificar estructuras incorrectamente diseñadas. Es por esto cuando alguien empieza a diseñar requiere necesariamente un procedimiento paralelo para poder verificar la veracidad de sus resultados.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.

1. Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Viento Vol. 4, Comisión Federal de Electricidad, México 1993.
2. Structural Standards for Steel Antena Towers and Antena Supporting Structure, TIA7 EIA-222-F, June 1996
3. REINHOLD, T. Wind tunnel modeling for civil engineering applications, Proceedings of the International Workshop on Wind Tunnel Modeling Criteria and Techniques in Civil Engineering Applications, Gaithersburg, Maryland, E.U.A., abril 1982.
4. MACKEY, S. CHEONG CHUEN, C. Y LAM, R. Gust Factor, Proceeding of the seminar: Wind loads on structures, National Science Foundation, Japan Society for Promotion of Science, University of Hawaii, 19-24 octubre, 1970, págs. 191-202.
5. Lattice tower and masts, Part I. Code of practice for loading, British Standard, BS 8100: Part 1:1986, British Standards Institution, Londres, Inglaterra, 1986.
6. WOOD, D. H., Internal boundary layer growth following a step change in surface roughness, Boundary Layer Meteorology, Vol. 22, págs. 214-244, 1982.
7. ALANIS, A. Determinación de las velocidades máximas de viento causadas por huracanes en la zona costera de la República Mexicana, Reporte interno núm. 42/2919/1/02/P, Departamento de Ingeniería Civil, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México, 1991.
8. HOLLISTER, S. C., The engineering interpretation of weather bureau records for wind loading on structure, Building Science Series 30, Wind Loads on Building and Structures, U. S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, 1970, págs 151-164.
9. TAYLOR, P. A. Y LEE, R. J., Simple guidelines for estimating wind speed variation due to small scale topographi features, Climatological Bulletin, Canada, Vol 18, num. 22, 1984, págs. 3-32.
10. WIND FORCES ON TUBULAR STRUCTURES – DESIGN MANUAL, Tubemakers of Australia, agosto 1987.
11. GONZALEZ, CUEVAS, ROBLES, FERNÁNDEZ, Aspectos fundamentales del concreto reforzado, editorial Limusa, México 1999.
12. Catalog 37 Andrew, U. E. and Canadá, Andrew Corporation, 10500W. 153 rd Street Orland Park , IL U.S.A 60462-3090.

13. Microwave Antennas, RF Transmission Line Products, No. 9001, Celwave, 200 Pondview Drive Meriden, Connecticut 06450.
14. ROBERT L. MOTT, Resistencia de materiales aplicada, University of Dayton, Editorial Prentice – Hall Hispanoamericana, S.A.
15. Manual de construcción en acero – DED, Diseño por esfuerzos Permisibles, Vol. 1, Instituto Mexicano de la Construcción del Acero, Editorial Limusa, Tercera Edición, México.
16. Manual de construcción en acero – DED, Diseño por esfuerzos Permisibles, Vol. 2, Instituto Mexicano de la Construcción del Acero, Editorial Limusa, Tercera Edición, México.