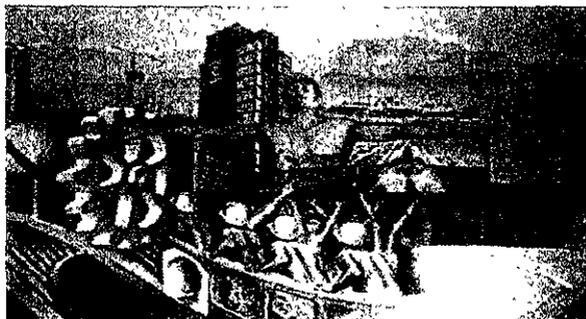


36
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA TORRE
TIPO 4PR3 DE DEFLEXIÓN Y REMATE
PARA 400 / 230 / 115 kV.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

CÉSAR LIMONES ESTÉVEZ

L

CIUDAD UNIVERSITARIA

MÉXICO, D.F. 1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

270252



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FAULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTII/108/98

Señor
CESAR LIMONES ESTEVEZ
Presente

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

**"ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA TORRE DE TRANSMISION DE ENERGIA
ELECTRICA, TIPO 4PR3 DE DEFLEXION Y REMATE PARA 400/230/115kV"**

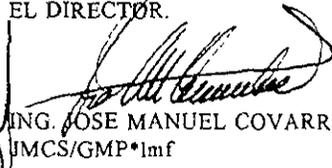
INTRODUCCION

- I. ALCANCE**
- II. EMPLEO DE LAS TORRES DE TRANSMISION**
- III. TIPOS DE CARGAS A CONSIDERAR**
- IV. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO**
- V. METODOS DE ANALISIS**
- VI. ANALISIS Y DISEÑO DE LA TORRE 4PR3 DE DEFLEXION Y REMATE**
- VII. ANALISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACION**
- VIII. ESTIMACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION**
- IX. CONCLUSIONES**

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. Universitaria a 4 de agosto de 1998.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS
JMCS/GMP*lmf

DEDICO ESTE TRABAJO

A MI PADRE CON TODO MI CARIÑO

POR SU APOYO EN TODOS MIS PROYECTOS Y POR CADA UNO DE SUS CONSEJOS, PORQUE HA ESTADO CONMIGO EN LOS MOMENTOS MÁS DIFÍCILES BRINDÁNDOME SU CARIÑO Y CONFIANZA.

A MI MADRE CON TODO MI CARIÑO

POR SU DEDICACIÓN Y APOYO EN TODAS LAS ETAPAS DE MI VIDA.
POR HABERME ENSEÑADO QUE NO HAY NADA IMPOSIBLE SI TENEMOS CONFIANZA EN NOSOTROS MISMOS.

A MI ESPOSA NORMA ADRIANA

POR SU ENTREGA INCONDICIONAL Y POR TODO EL AMOR QUE NOS FALTA POR VIVIR, A MI HIJO CÉSAR ADRIÁN POR SU NATURAL ALEGRÍA Y COMO UN EJEMPLO DE PREPARACIÓN ANTE ESTA SOCIEDAD.

A MIS HERMANOS

CAROLINA, CARLOS Y CLAUDIA, YA QUE HAN CONTRIBUIDO A MI FORMACIÓN COMO PROFESIONISTA Y COMO SER HUMANO.

AL RICKY DONDE QUIERA QUE ESTE, POR SU FIEL COMPAÑÍA. †

AL INGENIERO MARCO ANTONIO ALVAREZ SOLÍS POR SU VALIOSA AYUDA Y GUÍA DESINTERESADA ASÍ COMO POR SUS CONSEJOS, POR DEMÁS ATINADOS, PARA LA PREPARACIÓN, REALIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

EXPRESO MI AGRADECIMIENTO EN FORMA ESPECIAL A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, POR BRINDARME LOS CONOCIMIENTOS NECESARIOS, A TRAVÉS DE TODOS Y CADA UNO DE LOS PROFESORES, PARA ABRIRME PASO EN LA VIDA EN FORMA ÉTICA Y PROFESIONAL.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO, POR SUS COTIDIANAS ENSEÑANZAS Y EN ESPECIAL AL INGENIERO FRANCISCO ALCALÁ GRAJEDA POR SU COLABORACIÓN DESINTERESADA EN LA ORIENTACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE ESTE TRABAJO

AL INGENIERO MARTÍN SÁNCHEZ MUÑOZ POR SU VALIOSA AYUDA EN TODOS Y CADA UNO DE LOS CONSEJOS QUE ME BRINDÓ LOS CUALES DEMUESTRAN SU INDISCUTIBLE PROFESIONALISMO.

A MIS SINODALES POR SUS BUENOS CONSEJOS PARA MEJORAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN; M.I. HUGO SERGIO HAAS MORA, M.I. CONSTANTINO GUTIERREZ PALACIO, M.I. CARLOS A. MONTOYA BELTRÁN Y EL ING. ALEJANDRO PONCE SERRANO.

A MI AMIGA DE TODA LA VIDA ELIZABETH RIESCHENS SANTIAGO POR SUS BUENOS CONSEJOS EN LA REVISIÓN ORTOGRÁFICA DE ESTE TRABAJO

P.D. PARA TRIUNFAR NO ES PRECISO NI POSEER UNA INTELIGENCIA BRILLANTE, NI ALGUNA OTRA CUALIDAD EXCEPCIONAL, LA TENACIDAD, LA PERSISTENCIA, LA SEGURIDAD Y LA FÉ SON MÁS IMPORTANTES

CLE

ÍNDICE

IV.6	CAPACIDAD DE MIEMBROS SOMETIDOS A TENSIÓN AXIAL	63
IV.7	CRITERIOS DE LONGITUD DE DISEÑO	64
IV.8	DISEÑO DE CONEXIONES	65
IV.9	TIPOS DE FALLAS	66
IV.10	SELECCIÓN DEL DIÁMETRO	66
IV.10.1	TALADROS	68
IV.10.2	DOBLADO	70
IV.10.3	EMPALMES (Uniones tipo)	70
CAPÍTULO V	<u>MÉTODOS DE ANÁLISIS</u>	72
V.I	CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES MÁS COMUNES	72
V.1.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE EL EMPLEO DE UNA U OTRA CELOSÍA	73
V.1.3	OBSERVACIONES ENTRE LAS DIFERENTES CELOSÍAS	73
V.2	MÉTODOS DE ANÁLISIS	73
V.2.1	MÉTODO CONVENCIONAL	73
V.2.2	MÉTODO EXACTO	74
V.3	DATOS NECESARIOS PARA EL PROGRAMA	75
CAPÍTULO VI	<u>ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA TORRE 4PR3 DE DEFLEXIÓN Y REMATE</u>	80
VI.1	HIPÓTESIS DE CARGAS	80
VI.2	ANÁLISIS POR EL MÉTODO EXACTO	81
VI.3	MEMORIA DE CÁLCULO	82
VI.3.1	GENERALIDADES	82
VI.3.2	MATERIALES	83
VI.3.3	GEOMETRÍA, DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL	83
VI.3.4	ESTADOS DE CARGA Y ESQUEMAS DE CARGA	84
VI.3.5	CÁLCULO POR COMPUTADORA (Datos de entrada)	94
VI.3.6	DIMENSIONAMIENTO	119
CAPÍTULO VII	<u>ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN</u>	128
VII.1	GENERALIDADES	128
VII.2	MATERIALES	129
VII.3	OBJETIVO	130
VII.4	DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA	131
VII.5	ANÁLISIS DE CARGAS SOBRE LA CIMENTACIÓN	134
VII.6	ESQUEMA GENERAL (Dimensiones de la base)	136
VII.7	DIMENSIONAMIENTO, (Procedimiento general de diseño)	137
VII.7.1	ELEMENTOS MECÁNICOS PARA DISEÑO	137
VII.5	ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO	139
VII.8.1	ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA PARA PRESIÓN MEDIA (Solicitaciones)	139
VII.9	VERIFICACIÓN AL ARRANCAMIENTO	141

VII.10	VERIFICACIÓN AL VOLTEO	141
VII.10.1	ANÁLISIS DE RESISTENCIA AL VOLTEO POR COMPRESIÓN	141
VII.10.2	ANÁLISIS DE RESISTENCIA AL VOLTEO POR TENSIÓN	142
VII.11	DISEÑO ESTRUCTURAL	143
VII.12	ACERO DE REFUERZO EN LA LOSA (ZAPATA)	144
VII.12.1	EN EL LECHO INFERIOR EN AMBAS DIRECCIONES	144
VII.12.2	EN EL LECHO SUPERIOR EN AMBAS DIRECCIONES	145
VII.13	REVISIÓN POR PENETRACIÓN	146
VII.13.1	ACERO DE REFUERZO EN EL DADO	146
VII.13.2	REFUERZO TRANSVERSAL EN EL DADO	147
VII.14	ESQUEMA FINAL DE LA CIMENTACIÓN	149
VII.15	CUBICACIÓN DE MATERIALES	150
CAPÍTULO VIII	<u>ESTIMACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN</u>	153
VIII.1	COSTO TOTAL DE UNA TORRE TIPO 4PR3	160
VIII.2	MANIFESTACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	162
CAPÍTULO IX	<u>CONCLUSIONES</u>	165
BIBLIOGRAFÍA		169

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Algunos de los materiales más importantes en las estructuras modernas son el acero y el concreto reforzado, de entre estos el acero es el que tiene mejores propiedades de resistencia, rigidez y ductilidad gracias a los elementos que lo componen como son la aleación del hierro, carbono, manganeso, silicio, cromo y níquel, estos tienen gran influencia en ciertas características mecánicas del acero; su eficiencia estructural es alta debido a que puede fabricarse en secciones con la forma que demande el diseño ya sea para resistir flexión, compresión u otro tipo de sollicitación.

El acero estructural tiene ventajas importantes por ejemplo cuando se pretende cubrir grandes claros, cubiertas ligeras o de soporte, como en el caso de las estructuras de torres de transmisión de energía eléctrica, cuyo peso es relativamente reducido, existe la facilidad para apoyar o colgar de la estructura maquinaria y equipo para su propio montaje, además de la sencillez con la que se modifica o amplía su diseño cuando es necesario, esto convierte al acero en el material estructural más adecuado para la construcción de fabricas, bodegas, almacenes, edificios, cines o torres de transmisión de energía por citar algunos ejemplos.

Su utilización en estructuras refleja algunas ventajas; menor peso en estructuras, disminuye el costo de la cimentación y se reducen las sollicitaciones sísmicas, su ductilidad y capacidad de admitir deformaciones inelásticas sin sufrir daños importantes, mayor resistencia, que permite obtener elementos estructurales de dimensiones menores y además el hecho de que la estructura se fabrique fuera de la obra al mismo tiempo que se construye la cimentación, disminuyendo así el tiempo total de construcción y con esto minimizando el costo total de la obra.

En el ámbito de la energía eléctrica se fabrican estructuras de soporte como torres de transmisión de energía eléctrica para ser instaladas en toda la República Mexicana con la finalidad de proporcionar luz en todos los centros de consumo; este tipo de estructuras se fabrica en su totalidad de acero estructural.

El interconectar a los elementos estructurales de acero con tornillos y tuercas hexagonales regulares ha originado que se obtengan estructuras más eficientes, confiables y económicas.

Entre las desventajas que presenta el acero como material estructural se encuentran, su baja resistencia al fuego y la posibilidad de ser atacado por la corrosión.

La resistencia estructural del acero depende en alto grado de la temperatura, la pérdida de su resistencia es bastante notable a altas temperaturas y la fractura es frágil sin que fluya el material, ésta se

asocia también con las bajas temperaturas, obligando a emplear costosos recubrimientos y cierto mantenimiento en condiciones ambientales severas. En las estructuras que se mencionan, las torres de transmisión son el sistema estructural más convenientemente usado, con las que se constituye generalmente el cuerpo básico (silueta) resistente de una torre.

Debido a la amplia utilización de torres en las estructuras actuales, en este trabajo se realizará el procedimiento a seguir para la elaboración del análisis y diseño establecido por la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (I.I.E.) de una torre en particular. Esta torre es la 4PR3, que será utilizada en Deflexión y Remate para la Línea de Transmisión de Energía Eléctrica, Lázaro Cárdenas - Donato Guerra - San Bernabé, de 400/230/115 kilovolts, contando con 1 y 2 circuitos y hasta 3 conductores por fase, siendo esta la torre más importante y grande que tiene la República Mexicana, debido a las condiciones de operación que tendrá en servicio.

Para tal efecto, en este trabajo se continuará con la investigación que se inició en el trabajo entregado de Servicio Social en el se exponen los lineamientos generales, definiciones y criterios de acuerdo a las especificaciones que intervienen en el diseño de torres de transmisión (CFEJ1000-50 de 1994 para estructuras de acero) además de tipos y características para las estructuras de acero más comunes, en este otro trabajo se propone una torre para su solución; en el Capítulo III se mencionan las condiciones básicas de carga de las torres de transmisión y se describen los elementos que las conforman.

El Capítulo IV presenta las características y especificaciones para el diseño, en el Capítulo V se presentan dos opciones para efectuar el análisis estructural: El convencional en el cual es válido el principio de superposición de causas y efectos que se analizan en el plano; y el método exacto, mediante el cual se empleará el programa de computadora " SAP90-PLUS " para simplificar los resultados esperados del primer método de una estructura tridimensional de este tipo definiendo las características estructurales más comunes y los métodos de análisis.

La solución de la armadura rígida propuesta en el Capítulo II se presenta en el Capítulo VI, el análisis estructural se realiza con los métodos desarrollados en el Capítulo IV y el dimensionamiento, se obtiene con los procedimientos y requisitos especificados por los Manuales de Diseño de Obras Civiles: C.2.3.- Estructuras para Transmisión de Energía Eléctrica (Diseño por viento de 1993); además de la

Guía para Diseño de Torres de Transmisión de Acero y las Especificaciones de Diseño de Torres CFEJ1000-50, anteriormente mencionadas, en el Capítulo VI se presenta la aplicación al análisis y diseño de la torre propuesta.

En el Capítulo VII se presenta el cálculo de la cimentación propuesta para esta torre con las características y requisitos especificados por la C.F.E..

Finalmente en el Capítulo VIII se presentan los conceptos necesarios para obtener el cálculo de los costos de construcción del trabajo desarrollado en este proyecto de investigación y un breve resumen de la manifestación del impacto ambiental que se produce a raíz de la construcción de la Línea de Transmisión, en el Capítulo IX se presentan las conclusiones y comentarios de este trabajo.

CAPÍTULO I

ALCANCES

En este trabajo se plantea, como objetivo describir en forma breve algunos de los aspectos que deben considerarse durante las etapas de análisis, diseño y dimensionamiento de torres preferentemente de acero estructural según lo establecido en las publicaciones anteriormente mencionadas, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (R.C.D.F.) de 1993, en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas de 1995 y en la Guía para Diseño de Torres de Transmisión de Acero basada en el Manual de la American Society of Civil Engineers (A.S.C.E.) de 1991.

I.1 CRITERIOS DE DISEÑO.

El proceso del Diseño Estructural está necesariamente ligado a reglamentos y normas; estos documentos cambian frecuentemente a medida que se incorporan nuevos conocimientos y nuevas técnicas. En el desarrollo de los temas aquí tratados, se adoptan los procedimientos y requisitos especificados por el R.C.D.F.; el cual estipula que para que una construcción cumpla con las funciones para las que esta ha sido proyectada, es necesario que la respuesta de la estructura ante las acciones externas, se mantenga dentro de límites de seguridad y servicio para que no afecten su correcto funcionamiento ni su estabilidad. Se llama estado límite (o límite de utilidad estructural) de una estructura en cualquier etapa de su comportamiento a partir del cual su respuesta se considera inaceptable y deja de cumplir con la función para la que fue proyectada.

Los estados límite pueden dividirse en Estados Límite de Falla (relacionados con la seguridad de la estructura) y en Estados Límite de Servicio (relacionados con el funcionamiento adecuado de la misma). Los primeros, a su vez, se subdividen en estados de falla dúctil y falla frágil.

En el Capítulo III del Título Sexto del R.C.D.F. se establece que toda estructura y cada una de las partes que la componen, deberán diseñarse para cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- I.- Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada y
- II.- No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que correspondan a condiciones normales de operación.

Los estados límite de falla son aquellos relacionados con la seguridad y corresponden a situaciones en las que la estructura sufre falla total o parcial, o simplemente presenta daños que afectan su capacidad para recibir nuevas acciones. La falla de una sección por cortante, flexión, torsión, carga axial

o cualquier combinación de estos efectos, constituye un estado límite de falla, así como la inestabilidad o falta de equilibrio global de la estructura, el pandeo de uno de sus miembros o el pandeo local de una sección. Se debe evitar la aparición de estados límite de falla debidos a las acciones que ocurren durante la operación normal de la estructura y a las acciones correspondientes a condiciones extremas.

El otro tipo de estado límite se relaciona con aquellas situaciones que afectan el correcto funcionamiento de la construcción, debe revisarse también los estados límite de servicio el cual comprende las deflexiones, agrietamientos y vibraciones excesivas, así como el daño en elementos no estructurales, en la construcción. Los requisitos de servicio se relacionan principalmente con la rigidez de la estructura y de sus miembros; de ella dependen principalmente los movimientos, flechas y vibraciones, quedando estas limitadas a valores tales que el funcionamiento en condiciones de servicio sea satisfactorio.

Para satisfacer los requisitos indicados en I (estados límite de falla) debe revisarse que para las distintas combinaciones de acciones especificadas en el R.C.D.F. y para cualquier estado límite de falla posible, la resistencia de diseño sea mayor al efecto de las acciones que intervengan en la combinación de cargas en estudio, multiplicando por el factor de carga correspondiente.

Lo anterior se expresa como sigue:

$$(F_R \times R) \geq (F_c \times \sum S_n)$$

El significado de los símbolos que aparecen en esta expresión es el siguiente:

R = Resistencia nominal de la sección o elemento considerado.

F_R = Factor de reducción de la resistencia correspondiente a la resistencia nominal que se está considerando.

$\sum S_n$ = Acción especificada en el Reglamento (el símbolo \sum indica que debe considerarse la suma de todas las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente).

F_c = Factor de carga, correspondiente a la acción o combinación de acciones que se está considerando.

El producto $(F_R) (R)$ recibe el nombre de resistencia de diseño.

Las acciones y las combinaciones entre ellas, así como los factores de carga que han de considerarse en el análisis, se incluyen en el Título Sexto del Reglamento.

Las resistencias nominales y de diseño con las que ha de revisarse cada uno de los posibles estados límite de falla dependen de las características de los materiales, por lo que en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas del 27 de Febrero de 1995 (Gaceta Oficial del Distrito Federal) se proporcionan los valores del factor de reducción de la resistencia F_R (adimensional) que corresponde a los elementos y estructuras que deben diseñarse de acuerdo a ellas y se dan métodos y fórmulas para evaluar, en cada caso, las resistencias nominales.

En la revisión de los estados límite de servicio se toma siempre un factor de carga unitario; es decir, la revisión se efectúa con las cargas nominales (cargas de trabajo).

I.2 TIPO DE ESTRUCTURA.

Toda construcción debe contar con una estructura que tenga características adecuadas para asegurar su estabilidad bajo cargas verticales y que le proporcione resistencia y rigidez suficiente para resistir los efectos combinados de las cargas verticales y de las horizontales que actúen en cualquier dirección, en cada caso particular el análisis, diseño, fabricación y montaje deben hacerse de manera que se obtenga una estructura cuyo comportamiento corresponda al del tipo elegido. Debe prestarse particular atención al diseño y construcción de las conexiones.

Por lo tanto la seguridad y las características de una estructura de acero dependen, en una buena parte, de las conexiones entre los elementos que la componen, las que determinan la manera en que interactúan esos elementos.

En las Normas Técnicas Complementarias se establecen dos tipos básicos de estructuras las tipo 1 designadas marcos rígidos o estructuras continuas, donde el análisis y diseño se caracteriza porque los miembros que las componen están unidos entre sí por medio de conexiones rígidas, capaces de reducir a un mínimo las rotaciones relativas entre los extremos de las barras que concurren en cada nudo, de manera que el análisis puede basarse en la suposición de que los ángulos originales entre esos extremos se conservan sin cambio al deformarse la estructura, no se alteran los ángulos que forman los ejes de las barras que concurren a cada conexión y las tipo 2 que se analizan y diseñan como si las barras estuviesen articuladas por medio de conexiones que permiten rotaciones relativas y estas son capaces de transmitir la totalidad de las fuerzas normales y cortantes así como momentos no mayores del 20 por ciento de los momentos resistentes de diseño de los miembros considerados. En este trabajo me ocuparé de las estructuras tipo armadura como una estructura hiperestática autosoportada la cual se acerca más a las de tipo 2 debido a que los momentos que aparecen en este tipo de diseño son despreciables según la Guía para Diseño de Torres de Transmisión de Acero basada en el Manual de la American Society of Civil

Engineers (A.S.C.E.) de 1991; Capítulo 3 " Métodos de Análisis " el cual nos dice que las fuerzas calculadas en los ejes de los miembros de una estructura de celosía de acero, sostenida por si misma o por cables, son momentos existentes normalmente en los miembros de una torre, estos son debidos a la excentricidad de los ejes de cálculo a cargas ligeramente excéntricas, viento lateral en la estructura, etc.; estos no son frecuentemente significativos.

Los momentos provocados por este tipo de solicitaciones son pequeños y es poco practico modelar cada detalle de conexión donde exista excentricidad, las torres son analizadas casi exclusivamente como una estructura ideal.

Estos análisis sólo producen desplazamientos en las uniones de los miembros de tensión o compresión y sólo tensión en cables.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

ALCANCES

En este trabajo se plantea, como objetivo describir en forma breve algunos de los aspectos que deben considerarse durante las etapas de análisis, diseño y dimensionamiento de torres preferentemente de acero estructural según lo establecido en las publicaciones anteriormente mencionadas, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (R.C.D.F.) de 1993, en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas de 1995 y en la Guía para Diseño de Torres de Transmisión de Acero basada en el Manual de la American Society of Civil Engineers (A.S.C.E.) de 1991.

1.1 CRITERIOS DE DISEÑO.

El proceso del Diseño Estructural está necesariamente ligado a reglamentos y normas; estos documentos cambian frecuentemente a medida que se incorporan nuevos conocimientos y nuevas técnicas. En el desarrollo de los temas aquí tratados, se adoptan los procedimientos y requisitos especificados por el R.C.D.F.; el cual estipula que para que una construcción cumpla con las funciones para las que esta ha sido proyectada, es necesario que la respuesta de la estructura ante las acciones externas, se mantenga dentro de límites de seguridad y servicio para que no afecten su correcto funcionamiento ni su estabilidad. Se llama estado límite (o límite de utilidad estructural) de una estructura en cualquier etapa de su comportamiento a partir del cual su respuesta se considera inaceptable y deja de cumplir con la función para la que fue proyectada.

Los estados límite pueden dividirse en Estados Límite de Falla (relacionados con la seguridad de la estructura) y en Estados Límite de Servicio (relacionados con el funcionamiento adecuado de la misma). Los primeros, a su vez, se subdividen en estados de falla dúctil y falla frágil.

En el Capítulo III del Título Sexto del R.C.D.F. se establece que toda estructura y cada una de las partes que la componen, deberán diseñarse para cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- I.- Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada y
- II.- No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que correspondan a condiciones normales de operación.

Los estados límite de falla son aquellos relacionados con la seguridad y corresponden a situaciones en las que la estructura sufre falla total o parcial, o simplemente presenta daños que afectan su capacidad para recibir nuevas acciones. La falla de una sección por cortante, flexión, torsión, carga axial

o cualquier combinación de estos efectos, constituye un estado límite de falla, así como la inestabilidad o falta de equilibrio global de la estructura, el pandeo de uno de sus miembros o el pandeo local de una sección. Se debe evitar la aparición de estados límite de falla debidos a las acciones que ocurren durante la operación normal de la estructura y a las acciones correspondientes a condiciones extremas.

El otro tipo de estado límite se relaciona con aquellas situaciones que afectan el correcto funcionamiento de la construcción, debe revisarse también los estados límite de servicio el cual comprende las deflexiones, agrietamientos y vibraciones excesivas, así como el daño en elementos no estructurales, en la construcción. Los requisitos de servicio se relacionan principalmente con la rigidez de la estructura y de sus miembros; de ella dependen principalmente los movimientos, flechas y vibraciones, quedando estas limitadas a valores tales que el funcionamiento en condiciones de servicio sea satisfactorio.

Para satisfacer los requisitos indicados en I (estados límite de falla) debe revisarse que para las distintas combinaciones de acciones especificadas en el R.C.D.F. y para cualquier estado límite de falla posible, la resistencia de diseño sea mayor al efecto de las acciones que intervengan en la combinación de cargas en estudio, multiplicando por el factor de carga correspondiente.

Lo anterior se expresa como sigue:

$$(F_R \times R) \geq (F_c \times \sum S_n)$$

El significado de los símbolos que aparecen en esta expresión es el siguiente:

R = Resistencia nominal de la sección o elemento considerado.

F_R = Factor de reducción de la resistencia correspondiente a la resistencia nominal que se está considerando.

$\sum S_n$ = Acción especificada en el Reglamento (el símbolo Σ indica que debe considerarse la suma de todas las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente).

F_c = Factor de carga, correspondiente a la acción o combinación de acciones que se está considerando.

El producto $(F_R)(R)$ recibe el nombre de resistencia de diseño.

Las acciones y las combinaciones entre ellas, así como los factores de carga que han de considerarse en el análisis, se incluyen en el Título Sexto del Reglamento.

Las resistencias nominales y de diseño con las que ha de revisarse cada uno de los posibles estados límite de falla dependen de las características de los materiales, por lo que en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas del 27 de Febrero de 1995 (Gaceta Oficial del Distrito Federal) se proporcionan los valores del factor de reducción de la resistencia F_r (adimensional) que corresponde a los elementos y estructuras que deben diseñarse de acuerdo a ellas y se dan métodos y fórmulas para evaluar, en cada caso, las resistencias nominales.

En la revisión de los estados límite de servicio se toma siempre un factor de carga unitario; es decir, la revisión se efectúa con las cargas nominales (cargas de trabajo).

I.2 TIPO DE ESTRUCTURA.

Toda construcción debe contar con una estructura que tenga características adecuadas para asegurar su estabilidad bajo cargas verticales y que le proporcione resistencia y rigidez suficiente para resistir los efectos combinados de las cargas verticales y de las horizontales que actúen en cualquier dirección, en cada caso particular el análisis, diseño, fabricación y montaje deben hacerse de manera que se obtenga una estructura cuyo comportamiento corresponda al del tipo elegido. Debe prestarse particular atención al diseño y construcción de las conexiones.

Por lo tanto la seguridad y las características de una estructura de acero dependen, en una buena parte, de las conexiones entre los elementos que la componen, las que determinan la manera en que interactúan esos elementos.

En las Normas Técnicas Complementarias se establecen dos tipos básicos de estructuras las tipo 1 designadas marcos rígidos o estructuras continuas, donde el análisis y diseño se caracteriza porque los miembros que las componen están unidos entre sí por medio de conexiones rígidas, capaces de reducir a un mínimo las rotaciones relativas entre los extremos de las barras que concurren en cada nudo, de manera que el análisis puede basarse en la suposición de que los ángulos originales entre esos extremos se conservan sin cambio al deformarse la estructura, no se alteran los ángulos que forman los ejes de las barras que concurren a cada conexión y las tipo 2 que se analizan y diseñan como si las barras estuviesen articuladas por medio de conexiones que permiten rotaciones relativas y estas son capaces de transmitir la totalidad de las fuerzas normales y cortantes así como momentos no mayores del 20 por ciento de los momentos resistentes de diseño de los miembros considerados. En este trabajo me ocuparé de las estructuras tipo armadura como una estructura hiperestática autosoportada la cual se acerca más a las de tipo 2 debido a que los momentos que aparecen en este tipo de diseño son despreciables según la Guía para Diseño de Torres de Transmisión de Acero basada en el Manual de la American Society of Civil

Engineers (A.S.C.E.) de 1991; Capítulo 3 " Métodos de Análisis " el cual nos dice que las fuerzas calculadas en los ejes de los miembros de una estructura de celosía de acero, sostenida por si misma o por cables, son momentos existentes normalmente en los miembros de una torre, estos son debidos a la excentricidad de los ejes de cálculo a cargas ligeramente excéntricas, viento lateral en la estructura, etc.; estos no son frecuentemente significativos.

Los momentos provocados por este tipo de sollicitaciones son pequeños y es poco practico modelar cada detalle de conexión donde exista excentricidad, las torres son analizadas casi exclusivamente como una estructura ideal.

Estos análisis sólo producen desplazamientos en las uniones de los miembros de tensión o compresión y sólo tensión en cables.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

EMPLEO DE LAS TORRES DE TRANSMISIÓN

Las estructuras de transmisión de energía eléctrica tienen como finalidad transportar la energía en forma confiable y económica desde los centros de generación hasta los lugares de consumo.

Existen dos maneras de hacer dicho transporte: en forma subterránea o aérea. La primera de ellas es excesivamente costosa y peligrosa, por lo que sólo se hace a nivel urbano. La transmisión aérea de la energía requiere de estructuras de soporte para los cables conductores. En este caso cuando las tensiones a transmitir son bajas, los cables se pueden soportar mediante postes y cuando son altas se emplean comúnmente torres de acero.

Su objetivo principal como parte del conjunto que forma la línea aérea, es soportar las cargas que le transmiten los cables, aisladores y herrajes, como son: peso propio, presión de viento, hielo y rotura de cables.

Las líneas aéreas de energía eléctrica se deben de clasificar en cuanto a su importancia, por el número de kilovolts que conducirán, las más usuales en México transmiten 400/230/115 kV.

Las líneas que funcionan con alto voltaje y se tienen que conducir a grandes distancias también son aéreas, soportadas por torres de acero rígidas autosoportadas, construidas con perfiles angulares laminados, formadas por cuatro patas arriostradas por medio de celosías.

II.1 CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE TORRES.

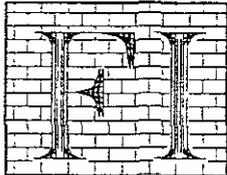
Existe una gran variedad de tipos como son:

Por su forma

- * Torres autosoportadas (**figura 1**)
 - a) Delta
 - b) Recta
 - c) Cara de gato
- * Torres con retenidas (**figura 2**)
 - a) Columnas en "V"
 - b) Columnas en portal

Las torres autosoportadas se forman con las siguientes partes principales (**figura 3**)

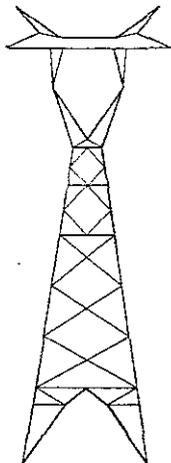
- a) Cimentación que puede ser metálica o de concreto.
- b) Extensiones "patas".
- c) Cerramiento.



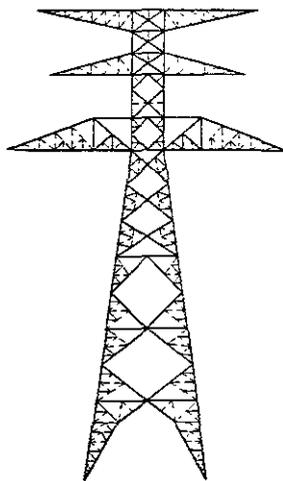
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

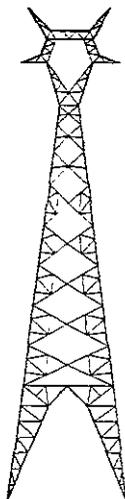
PROYECTO TESIS PROFESIONAL TITULO TORRES AUTOSOPORTADAS



(a)



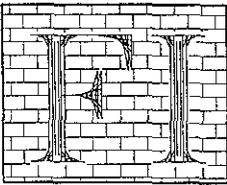
(b)



(c)

FIGURA No 1

AREA	INGENIERIA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	a) DELTA
DIBUJ	César Limones Estévez	8325891-8	JUNIO 98	b) RECTA c) CARA DE GATO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

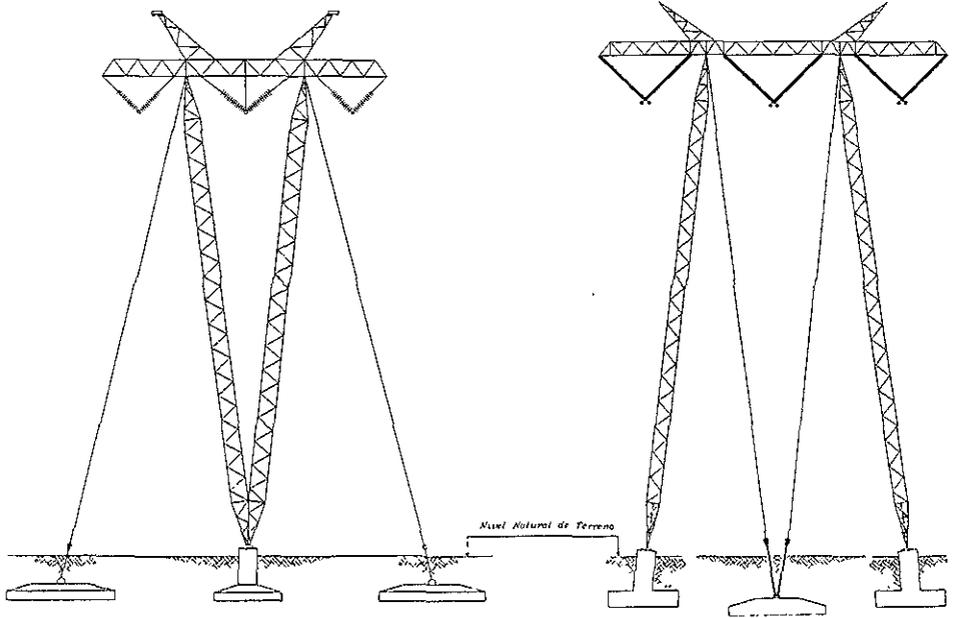
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

PROYECTO

TESIS PROFESIONAL

TITULO

TORRES CON RETENIDAS



(a)

(b)

FIGURA No 2

AREA	INGENIERIA DE DISEÑO	No. CUENTA	PÁGINA	a) COLUMNAS EN V b) COLUMNAS EN PORTAL
1010	ESTRUCTURAS	4	8	

TORRES AUTOSOPORTADAS

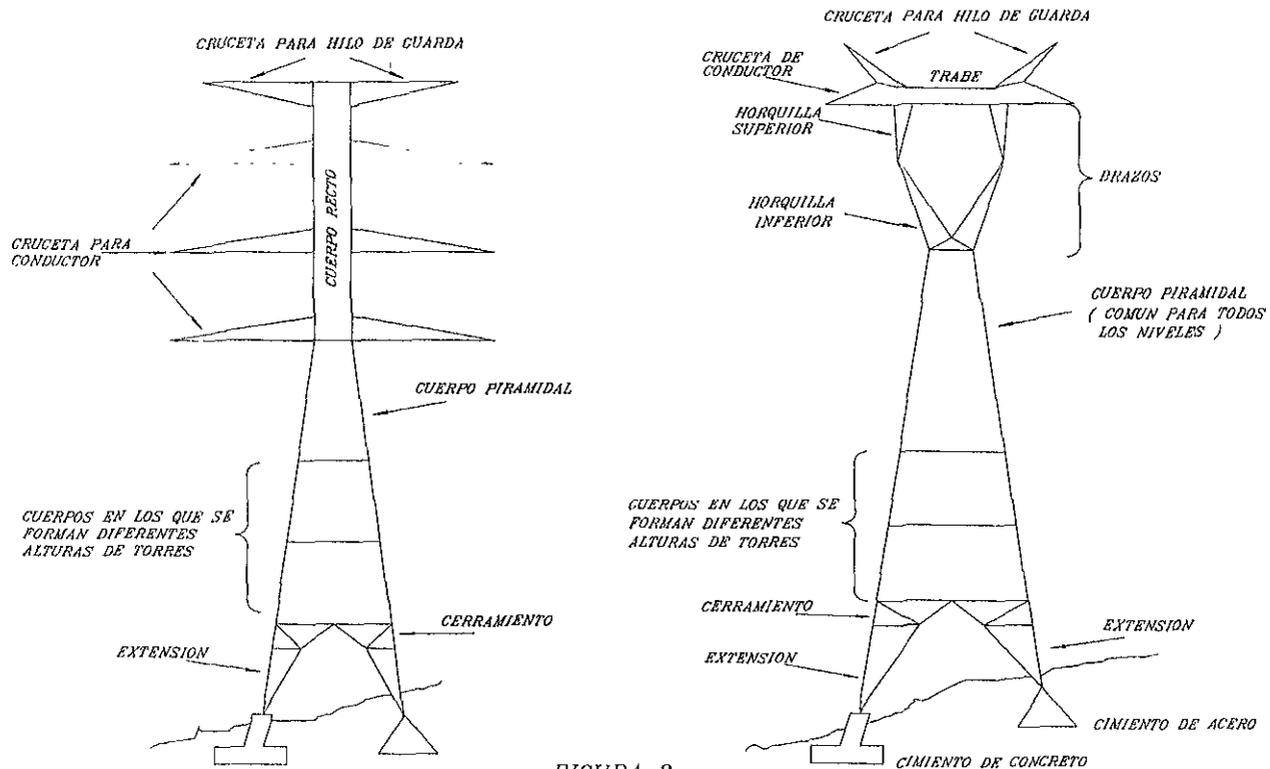
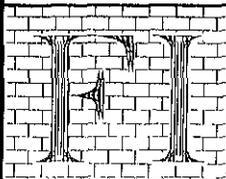


FIGURA 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

AREA	INGENIERIA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	PROYECTO	TESIS PROFESIONAL
DIBUJO	Cesar Limones Estevez	8323891-8	JUNIO 98	TITULO	PARTES DE TORRES DE TRANSMISION

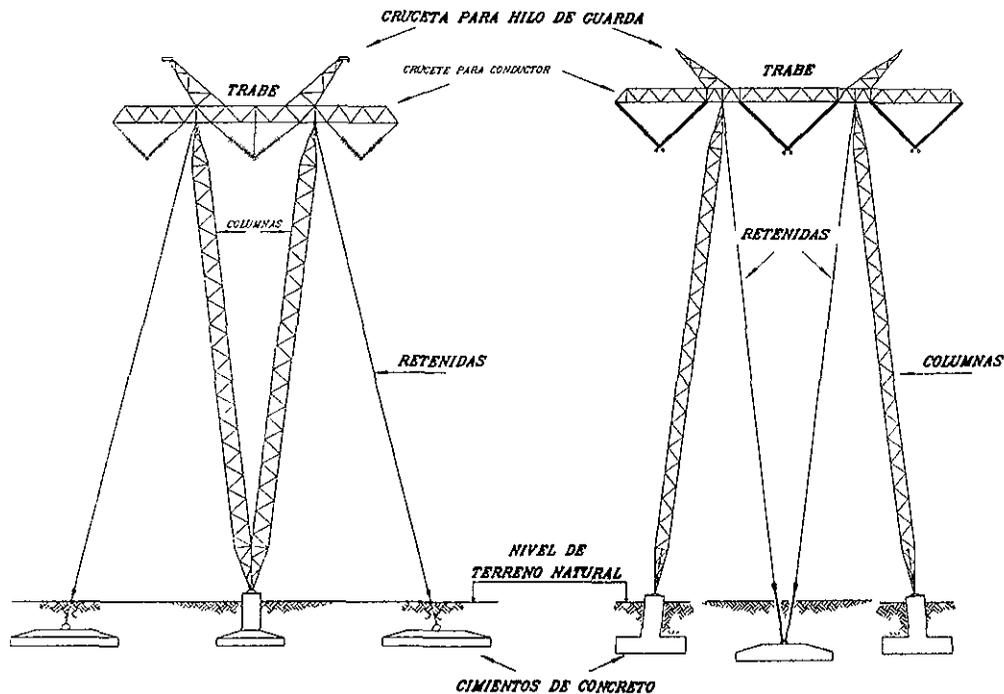


FIGURA No. 4

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

AREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	PROYECTO: TESIS PROFESIONAL
DEBUN	César Limones Estévez	8323891-8	JUNIO 98	TITULO: TORRES DE TRANSMISION CON RETENIDAS

- d) Cuerpo piramidal.
- e) Horquillas "brazos", para torres tipo delta.
- f) Cuerpo recto para torres con circuitos de disposición vertical.
- g) Trabe, para torres tipo delta.
- h) Crucetas para conductores e hilos de guarda.

Las torres con retenidas se forman con las siguientes partes principales (**figura 4**)

- a) Cimentación de concreto.
- b) Columnas.
- c) Trabe.
- d) Crucetas para conductores e hilo de guarda.
- e) Cables para retenidas.

Estas partes forman un conjunto cuyo comportamiento estructural depende del comportamiento de cada una de ellas.

La meta por alcanzar en el diseño de las estructuras es que formen parte de sistemas construidos a un costo razonable y altamente confiable.

Conocida la necesidad se debe realizar un diseño óptimo que implica:

- a) Establecer los requisitos de seguridad y servicio.
- b) Evaluar solicitaciones.
- c) Efectuar un análisis estructural.
- d) Dimensionar los elementos de la torre evaluando su resistencia.
- e) Elaborar los planos.

Los pasos anteriores deben regirse por un conjunto de criterios, dependiendo del método de diseño. Para las torres se sigue el método de los estados límite como se enuncia en el punto I.1 del Capítulo I.

Los requisitos de seguridad y servicio se establecen mediante la definición de los estados límite.

Recordando que el estado límite es la etapa del comportamiento de una estructura a partir de la cual, esta o alguna de sus partes deja de cumplir con la función para la cual fue proyectada.

Esta definición presenta en ocasiones grandes dificultades, ya que existen deformaciones permanentes o transitorias durante la aplicación de una carga, cuyo impacto en el comportamiento eléctrico de una torre o su contribución al colapso de la misma no son fáciles de determinar.

II.2 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS.

- a) **Línea Aérea:** Es en conjunto, una instalación destinada a la transmisión de energía eléctrica y consta de:
- a.1.- **Apoyos o estructuras de soporte:** Generalmente postes y torres de tipo celosía.
 - a.2.- **Cimientos:** Generalmente de acero o concreto.
 - a.3.- **Cables conductores:** Son cables desnudos o aislados, libremente tendidos entre los apoyos de una línea aérea. El conductor múltiple o haz de conductores es la combinación de dos o más conductores.
 - a.4.- **Cable de guarda:** Su función es de proteger a los conductores contra las descargas atmosféricas.
 - a.5.- **Accesorios del conductor:** Por accesorios se entiende aquellas partes que se hallan en contacto con el conductor y cuyo destino es anclarlo, unirlo o suspenderlo.

La línea de transmisión se considera como un sistema integrado por una serie de componentes. La falla de cualquier componente principal (cables, accesorios, estructuras, cimentaciones) llevará a la falla del sistema. Este enfoque permite diseñar los componentes coordinando lógicamente sus resistencias mecánicas y producir un diseño económico y global. Por ello, todos los valores de confiabilidad que se discuten en este trabajo se refieren a la torre tipo 4PR3 la cual se utilizara en deflexión y remate, con una tensión de operación en forma combinada.

- b) **Claros de Diseño:** A fin de determinar las cargas que transmiten los cables a la estructura y que provocan el desplazamiento angular de las cadenas de aisladores se considerarán dos claros de diseño, los cuales se definen a continuación. (figura 5)
- b.1.- **Claro Medio Horizontal (Claro de Viento):** Es la semisuma de los claros adyacentes a la torre y se utiliza para calcular las cargas transversales que actúan sobre la estructura debidas a la acción del viento sobre los cables.

- b.2. **Claro Vertical (Claro de Peso):** Es la suma de las distancias horizontales entre los puntos más bajos de las catenarias de los cables adyacentes a la torre y se utiliza para determinar las cargas verticales, que actúan sobre la estructura, debidas a la masa de los conductores y cables de guarda.
- c) **Deflexión:** Es el ángulo máximo de cambio de dirección en la trayectoria de la línea de transmisión que permite la torre en estudio sin afectar su estabilidad.
- d) **Uso:** La conjunción de los tres parámetros anteriores forman el denominado "USO" de la torre: deflexión / claro medio horizontal / claro vertical.
- e) **Utilización:** Es la conjunción de tres parámetros de tipo eléctrico para diseño como es el No. de kV. / No. de circuitos / No. de conductores por fase.
- f) **Flecha del conductor:** Es la distancia vertical entre la recta que une ambos puntos de sujeción y el conductor.
- g) **Clasificación:** Los diferentes tipos de torres que se solicitan en cada línea de transmisión, se indican en las características particulares y se clasifican en los siguientes tipos:

* Por su Uso pueden ser para:

- Suspensión.
- Deflexión.
- Remate.
- Transposición.

* Por su Tensión de Operación pueden ser para:

- 400 kV.
- 230 kV.
- 115 kV.
- Combinadas.

* Por el Número de Circuitos pueden ser de: 1,2,3,4 circuitos

* Por su Condición de Apoyo pueden ser: Autosoportadas o con retenidas.

II.3 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PARA DISEÑO.

Para el funcionamiento adecuado de un sistema de transmisión deben cumplirse condiciones determinadas durante el diseño eléctrico las cuales definen entre otros requisitos los niveles de aislamiento y la protección contra descargas atmosféricas que debe tener la línea, estas disposiciones se traducen, para el diseño de las estructuras de soporte, en una serie de restricciones geométricas, principalmente en cuanto a las distancias y posición relativa entre cables conductores y de guarda, estructuras de soporte y terreno circundante; restricciones que determinan básicamente la configuración de la estructura y de la línea completa.

La configuración geométrica general de las estructuras de soporte deberá ser tal que el aislamiento de la línea de transmisión se conserve en cualquier condición de operación, incluyendo las sobretensiones provocadas por factores externos o internos y considerando la influencia del medio ambiente en cuanto a presión barométrica, temperatura, humedad, contaminación, etc.

Para la evaluación de las solicitaciones y tener en cuenta la incertidumbre con la que se determinan los valores de las fuerzas que intervienen en las combinaciones, estas fuerzas últimas se multiplican por factores mayores que uno (Factores de carga), cuyos valores aumentan conforme al tipo de combinación obteniendo fuerzas más desfavorables, para determinar estas evaluaciones se requiere además de la siguiente información proporcionada por los ingenieros eléctricos:

- a) Tipo y número de cadenas de aisladores.
- b) Disposición: Vertical o en "V".
- c) Número de aisladores, con el fin de calcular la masa de los mismos.
- d) Longitud de las cadenas con la finalidad de calcular el área expuesta al viento.
- e) Silueta de las estructuras, en la cual se indiquen las limitaciones dieléctricas.
- f) Tipo de torre y uso; (**Ver II.2**)
- g) Tipo de conductor; cable "BLUEJAY" ACSR/AS 1113; diámetro 0.03198 m
- h) Tipo de hilo de guarda; cable "GROUND WIRE"; diámetro 0.01410 m
- i) Tensión en los cables (Conductor y de Guarda).
- j) Si se debe diseñar para una zona con hielo.

Ver tablas II.2.1, II.2.2 (Características generales para diseño)

Lo anterior con la finalidad de darle forma y configuración a las torres de transmisión.

La información relacionada con el aislamiento eléctrico proporciona las características particulares de cada torre en estudio y consta de los siguientes nombres de dibujos:

- Dimensiones generales de la torre.
- Tipo y disposición de la(s) fase(s) y número de conductores.
- Detalles de la sujeción de cables.
- Requisitos de aislamiento eléctrico de la torre.
- Niveles y extensiones para las cuales se deben diseñar la torre.
- Tipos y niveles de terreno para cimentaciones.

Tomando como base la torre propuesta para este trabajo en II.2, se definen las distancias de aislamiento y características geométricas, necesarias para darle la forma definitiva que tomara en su diseño la torre y posteriormente en operación. **Tablas No. II.2.1, II.2.2 y figuras 6a, 6b y 6c;** (datos investigados en los Departamentos de Ingeniería Eléctrica y Líneas de Transmisión de C.F.E.).

CONDICIONES DE OPERACIÓN (Utilización)
400 kV. 1 CIRCUITO, 3 CONDUCTORES POR FASE
400 kV. 2 CIRCUITOS, 3 CONDUCTORES POR FASE
230 kV. 2 CIRCUITOS, 1 CONDUCTOR POR FASE

TENSIÓN DE OPERACIÓN (Uso)
DEFLEXIÓN 50° / 450 / 600 m
REMATE 15° / 450 / 600 m

CONDICIONES DE SERVICIO

DEFLEXIÓN 50° / 450 / 600 m	REMATE 15° / 450 / 600 m
400 kV. 1 CIRCUITO, 3 COND/FASE	400 kV. 1 CIRCUITO, 3 COND/FASE
230 kV. 2 CIRCUITOS, 1 COND/FASE	230 kV. 2 CIRCUITOS, 1 COND/FASE
400 kV. 2 CIRCUITOS, 3 COND/FASE	400 kV. 2 CIRCUITOS, 3 COND/FASE

DISTANCIAS DE AISLAMIENTO

CARACTERÍSTICAS	TORRE 4PR3	
CLARO MEDIO HORIZONTAL (m)	450	
CLARO VERTICAL (m)	600	
USO (°)	DEFL. 50°	REM. 15°
d1 (m)	2.67	
d2 (m)	2.97	
d3 (m)	3.63	
d4 (m)	3.97	
No. DE AISLADORES EN	26	19
No. DE AISLADORES EN TENSION	27	20
ARREGLOS EN SUSPENSION	I	V,I
ARREGLOS EN TENSION	TRIPLE	DOBLE
C1 (m)	3.37	
C2 (m)	3.54	
C3 (m)	3.27	
C4 (m)	4.83	
C5 (m)	-----	
C6 (m)	4.56	
f1 mínimo (m)	8.60	
f2 mínimo (m)	10.85	
g (m)	5.50	
G (m)	5.50	
β (°)	-----	
USO ELÉCTRICO HASTA 3100 M.S.N.M.		

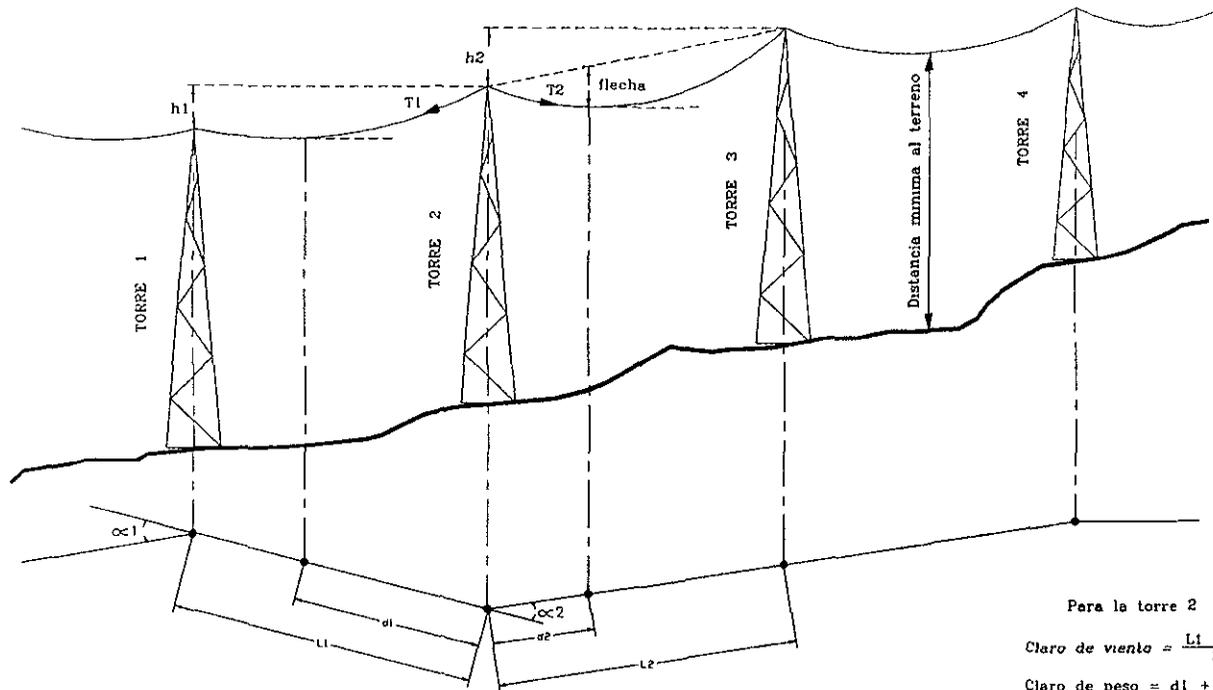
TABLA No. II.2.1

TORRE 4 P R 3

DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE LA TORRE 4PR3 (PROPUESTA)							
ESTRUCTURA TIPO: 4PR3	DEFLEXIÓN	DEFLEXIÓN	REMATE	REMATE	CADENAS ADICIONALES		UNIDAD
CLARO MEDIO HORIZONTAL	450	450	450	450	11	17	m
CLARO VERTICAL	600	600	600	600	11	17	m
ANGULO DE DEFLEXIÓN	50	50	15	15	0	0	Grados
DIÁMETRO DE CONDUCTOR	0.03198	0.03198	0.03198	0.03198	0.03198	0.03198	m
PESO DE CONDUCTOR	1.868	1.868	1.868	1.868	1.868	1.868	kg/m
NUMERO DE CONDUCTORES POR FASE	1	3	1	3	1	3	-
DIÁMETRO DE HILO DE GUARDA	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	m
PESO DE HILO DE GUARDA	0.469	0.469	0.469	0.469	0.469	0.469	kg/m
DIÁMETRO DE AISLADOR	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	m
LONGITUD DE AISLADOR	3.27	4.56	3.27	4.56	3.54	4.83	m
PESO DE AISLADOR POR UNIDAD	270	650	270	650	135	190	kg
NÚMERO DE CADENAS EXTREMO	2	2	2	2	1	1	pz
NÚMERO DE CADENAS EN CENTRO	2	0	2	0	2	0	pz
TENSIÓN DEL CONDUCTO	4300	4300	4300	4300	4300	4300	kg
TENSIÓN DEL HILO DE GUARDA	1250	1250	1250	1250	1250	1250	kg

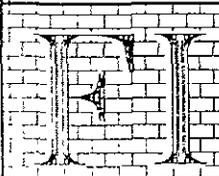
TABLA II.2.2 (RESUMEN)

ELEVACIÓN



Para la torre 2
 Claro de viento = $\frac{L_1 + L_2}{2}$
 Claro de peso = $d_1 + d_2$

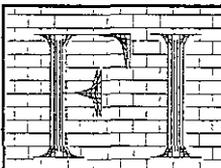
FIGURA No. 5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

AREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	PROYECTO. TESIS PROFESIONAL
C.BUJO	César Limones Estévez	8323891-8	JULIO 98	TITULO CONFIGURACION SOBRE EL PERFIL DE LA LÍNEA

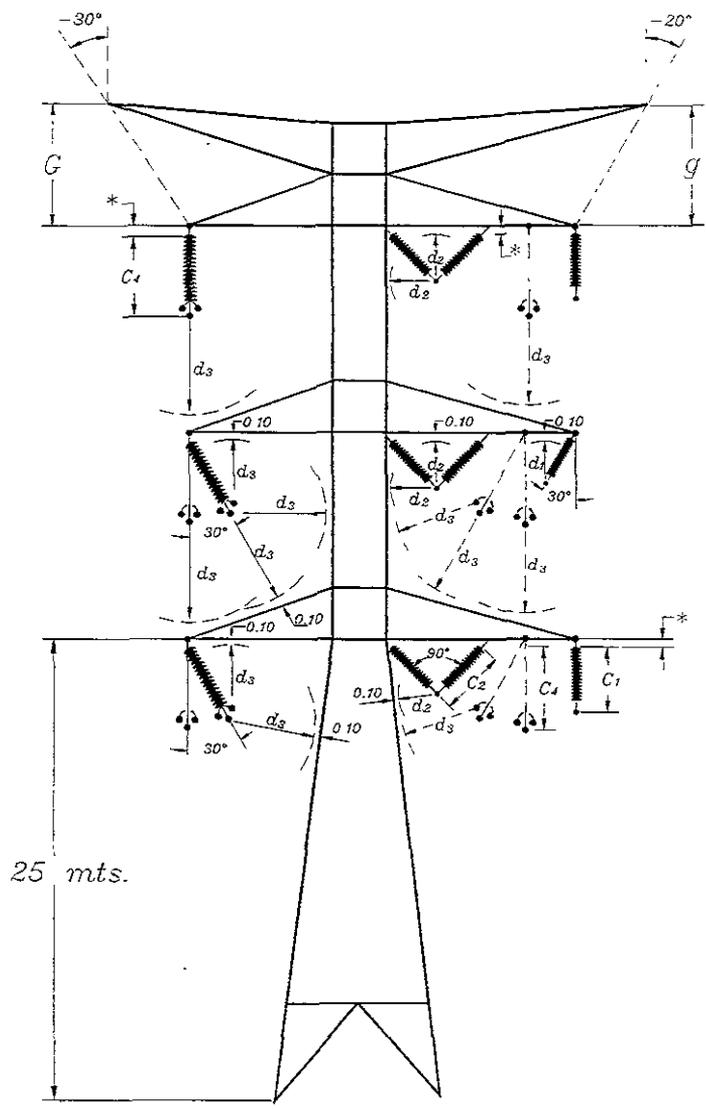


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

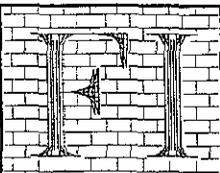
PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

TÍTULO: DISTANCIAS ELÉCTRICAS



ÁREA	INGENIERIA DE DISEÑO	No. CUENTA	FECHA
DEBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	JULIO 98

FIGURA No. 6a



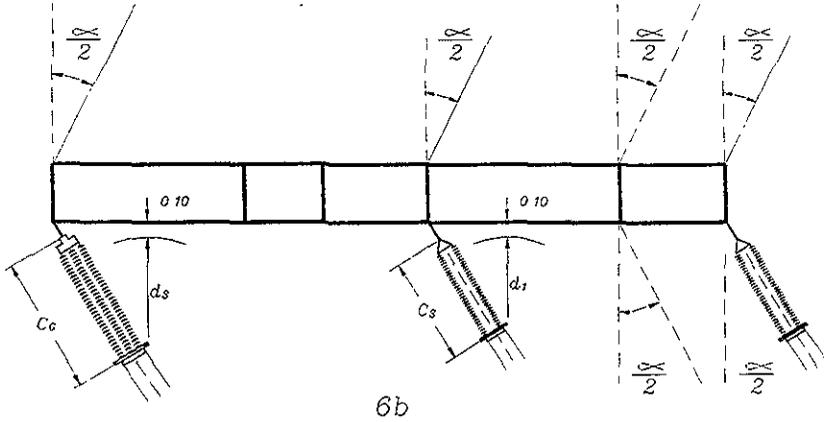
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

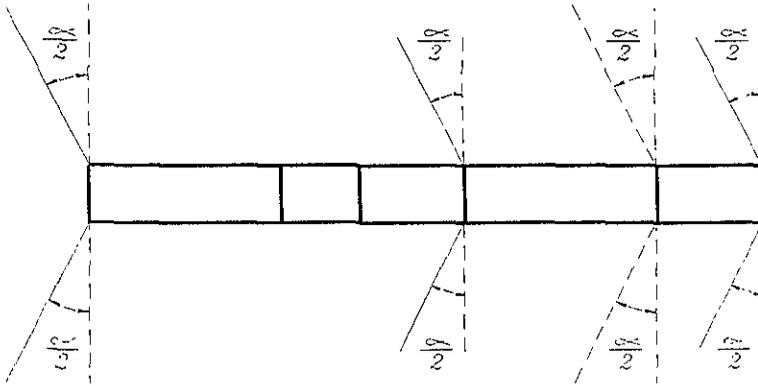
PROYECTO TESIS PROFESIONAL

TÍTULO DISTANCIAS ELÉCTRICAS

VISTA PLANTA



6b



6c

ALMA ELITE	INGENIERIA DE PUNTO MEMBROS DE ACERO	No CUENTA 82289-8	FECHA JUNIO 08	FIGURAS 6b y 6c
---------------	---	----------------------	-------------------	-----------------

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

TIPOS DE CARGAS A CONSIDERAR

III.1 CONDICIONES BÁSICAS A LAS QUE ESTÁN SUJETAS DICHAS ESTRUCTURAS. (Solicitaciones)

Las líneas de transmisión están sometidas a varios tipos de cargas durante su vida útil, las condiciones de carga que se recomienda emplear para el análisis de las estructuras de soporte son las siguientes:

- A) Cargas verticales debidas al peso de los cables conductores y de guarda, con sus aisladores, herrajes y accesorios.

Donde: El peso total se calcula como se indica en la (figura 7)

- B) Cargas verticales debidas al peso propio de la estructura.

- C) Carga transversal debida a la acción del viento sobre los cables. En este caso, se tomarán en cuenta las fuerzas transversales provocadas por la desviación del eje de la línea con las tensiones mecánicas en los cables calculadas de acuerdo con 3.2. del tomo III del fascículo C.2.3 del Manual de Diseño de Obras Civiles. Esta condición de carga se calculará para dos velocidades de viento: una velocidad media (condición C1) y una máxima (condición C2).

Donde: El viento total se calcula como se indica en la (figura 8)

- D) Carga transversal sobre la torre debida a la acción del viento. Se calcularán, al igual que para la carga C, dos condiciones de diseño para viento máximo (D2) y para viento medio (D1).

- E) Carga longitudinal sobre la torre debida a la acción del viento máximo.

- F) Carga por rotura de cables. Se escogerá la alternativa y posición de cables rotos que provoque los elementos mecánicos más desfavorables sobre la torre o elemento estructural en consideración (cruzeta, soporte del hilo de guarda, etc.). El valor de las fuerzas consideradas será un porcentaje (Ver III.2.2) del calculado de acuerdo con 3.2 del inciso C, (cálculo de flechas y tensiones).

- i) En estructuras para distribución.

Tensión proporcionada por las dos terceras partes de los cables, pero nunca menos de dos, que tengan una resistencia a la ruptura menor de 1350 Kg.

- ii) En estructuras para transmisión.

Tensión dada por un cable cuando haya ocho o menos de ellos (incluidos los de guarda) que tengan una resistencia a la ruptura mayor de 1350 Kg. o la producida por dos cables cuando haya mas de ocho.

PARA CONDUCTOR: $A_c = (W_c \times CV) + W_{cad} + h + W_a$
 PARA HILO DE GUARDA: $A_h = (W_h \times CV) + h$ + Masa de estructura

DONDE:

W_c = Masa de conductor (es)

CV = Claro Vertical (ver II.2.b.2)

W_{cad} = Masa de cadenas de aisladores

h = Masa de herrajes

W_a = Masa de cadenas adicionales

W_h = Masa de hilo de guarda

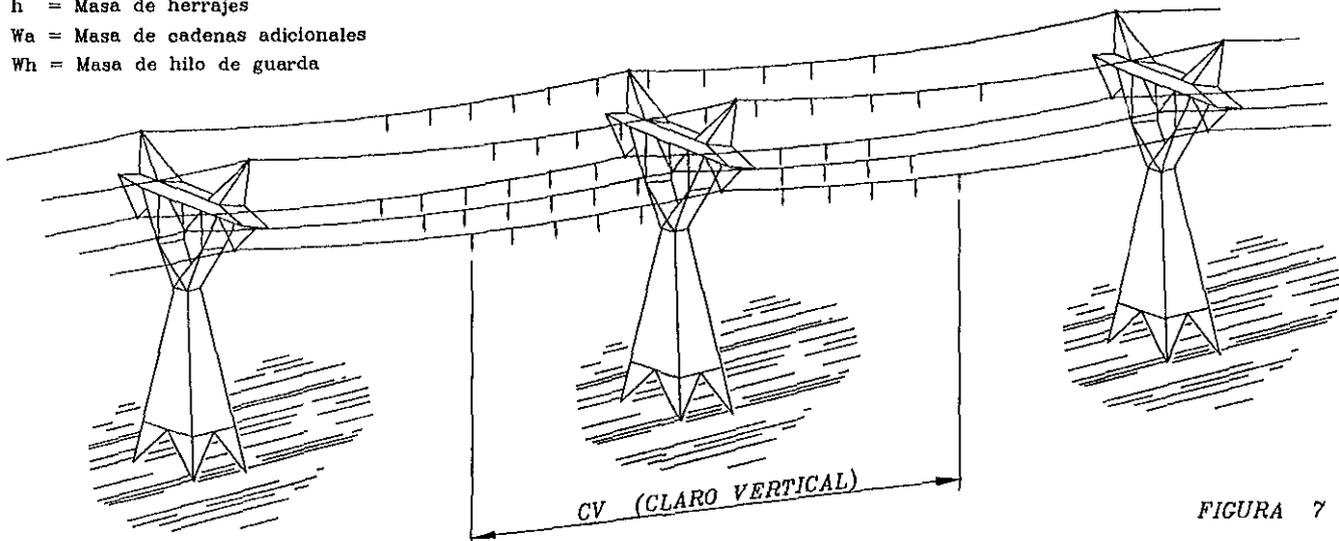
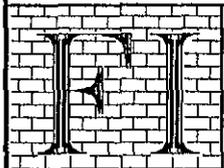


FIGURA 7



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

ÁREA	INGENIERIA DE DISEÑO	No. CUENTA	FECHA	PROYECTO:	TESIS PROFESIONAL
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	JULIO 1998	TITULO:	FUERZAS VERTICALES

PARA CONDUCTOR: $C_c = \{ (\varnothing_c \times CMH \times Fr) + (\varnothing_{cad} + L_{cad}) \} P_{vc} + D \times P_{ve}$
 PARA HILO DE GUARDA: $Ch = (\varnothing_h \times CMH \times Fr) P_{vc}$

DONDE:

\varnothing_c = Diámetro del conductor

CMH = Claro Medio Horizontal (ver II.2.b.2)

Fr = Factor de claro

\varnothing_{cad} = Diámetro de la cadena de aisladores

Lcad = Longitud de cadena(s) de aisladores

P_{vc} = Presión de viento en cables

\varnothing_h = Diámetro del hilo de guarda

D = Área expuesta al viento de la torre

P_{ve} = Presión de viento en torre

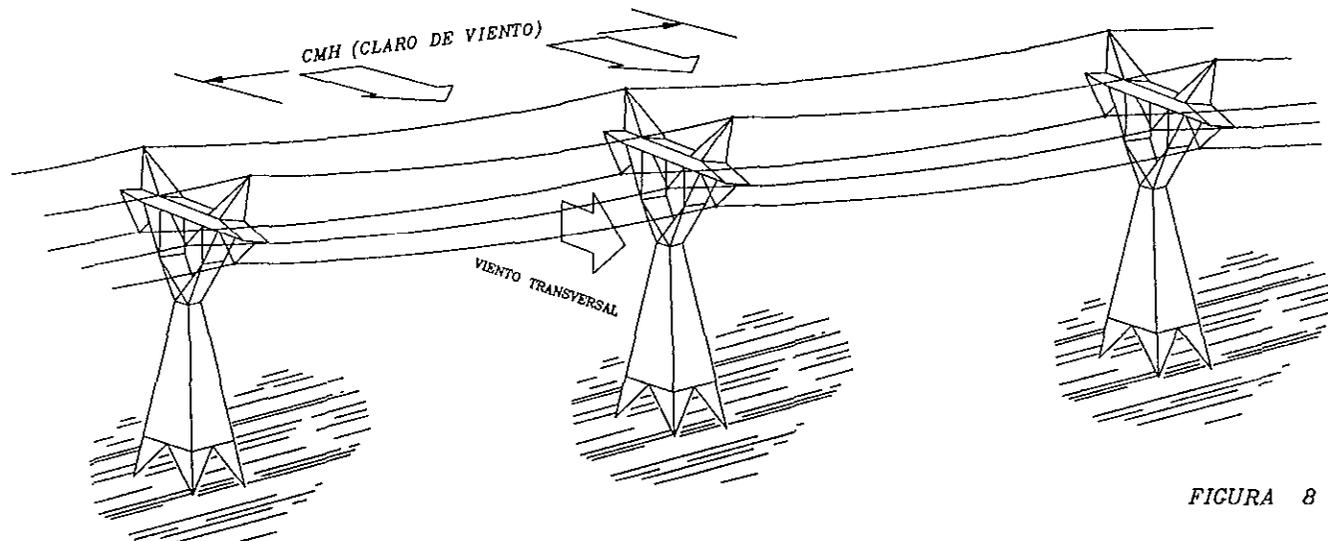
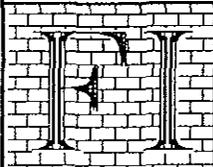


FIGURA 8

29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

ÁREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	Nº CUENTA	FECHA	PROYECTO:
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	JULIO 1998	TESIS PROFESIONAL
				TÍTULO: FUERZAS TRANSVERSALES POR EFECTO DE VIENTO

- G) Carga longitudinal sobre la torre debida a tensiones desbalanceadas en los cables para la condición de viento en estudio.

No se considera la falla simultánea de mas de dos cables, por ser una situación muy desfavorable para el diseño de estructuras de soporte y porque no se dispone de reportes de su ocurrencia que justifiquen su inclusión.

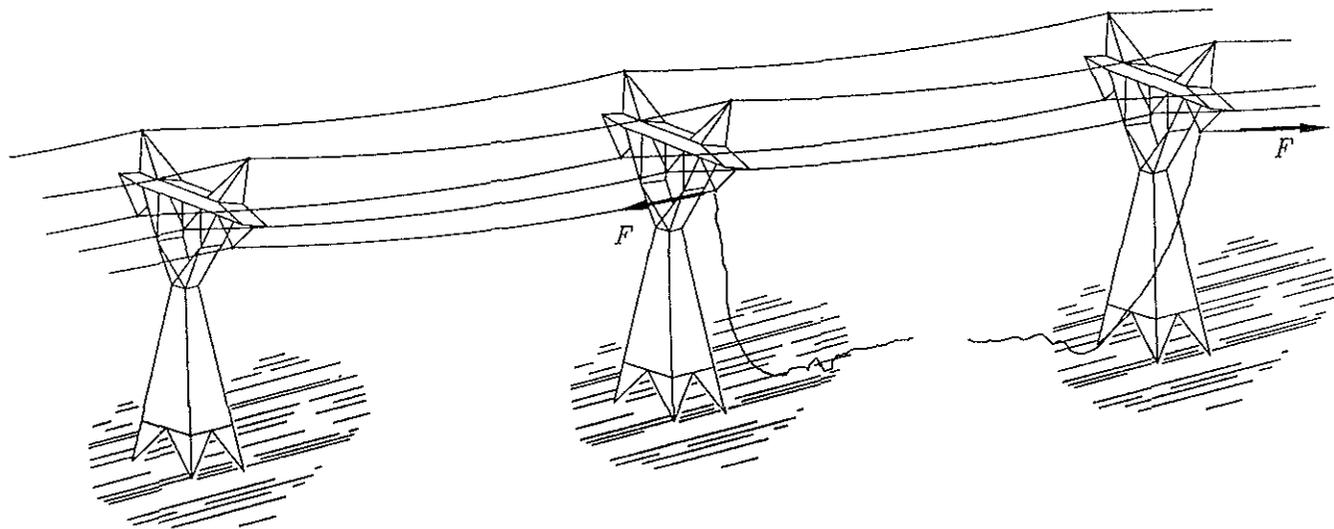
De las anteriores, las principales cargas a considerar en el diseño de torres de transmisión son:

- a) Cargas que transmiten los cables.
Éstas se deben a: deflexión, claros, tensión mecánica, masa propia y presión de viento.
- b) Acción del viento sobre la estructura y cadenas de aisladores.
- c) Masa propia de la estructura.
- d) Masa de cadenas de aisladores y herrajes.
- e) Por acumulación de hielo (cuando se indique en las características particulares).

Estas condiciones de carga, que son las empleadas para el análisis de las estructuras de soporte (torres de transmisión) se identifican con las siguientes letras:

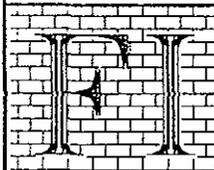
- A = Fuerza vertical en Kg. debida a la masa de los cables conductores y de guarda, aisladores, herrajes y accesorios.
- B = Fuerza vertical en Kg. debida al peso propio de la estructura.
- C = Fuerza transversal en Kg. generada por viento en cables.
- C1 = Debida a la acción del viento V1.
- C2 = Debida a la acción del viento V2.
- C3 = Debida a la acción del viento reducido V3.
- D = Fuerza transversal en Kg. generada por viento en estructura.
- D1 = Debida a la acción del viento V1.
- D2 = Debida a la acción del viento V2.
- D3 = Debida a la acción del viento reducido V3.
- F = Fuerza longitudinal en Kg. debida a la tensión máxima de los cables. (Figura 9)

- Para torres de suspensión y deflexión, es la fuerza longitudinal no contrarrestada debida a la rotura de cable conductor o de hilo de guarda.
- Para torres de remate, son las fuerzas longitudinales no contrarrestadas de todos los conductores e hilos de guarda.



$F =$ Fuerza longitudinal debida a la rotura de cable

FIGURA 9



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

ÁREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	PROYECTO:	TESIS PROFESIONAL
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	AGOSTO 1998	TÍTULO:	ROTURA DE CONDUCTOR LATERAL

- Para todos los tipos de torres se considera la fuerza longitudinal por maniobra de montaje de conductor o hilo de guarda.
- H = Componente transversal en Kg. producida por la tensión máxima de los cables y la desviación de la línea. (figura 10)
- T_c = Tensión de conductores.
 - T_h = Tensión de hilos de guarda.
 - α = 1/2 de la deflexión de la línea en radianes.
- W = Fuerza vertical adicional carga viva en puntas de crucetas por montaje:
- 714 Kg. para conductores de 230 y 400 kV.
 - 510 Kg. para conductores de 115 kV.
 - 306 Kg. para hilos de guarda.

III.2 COMBINACIONES Y FACTORES DE CARGA.

Se entenderá como combinación de carga la superposición de aquellas condiciones básicas de carga que se considera, tienen una alta probabilidad de ocurrir simultáneamente.

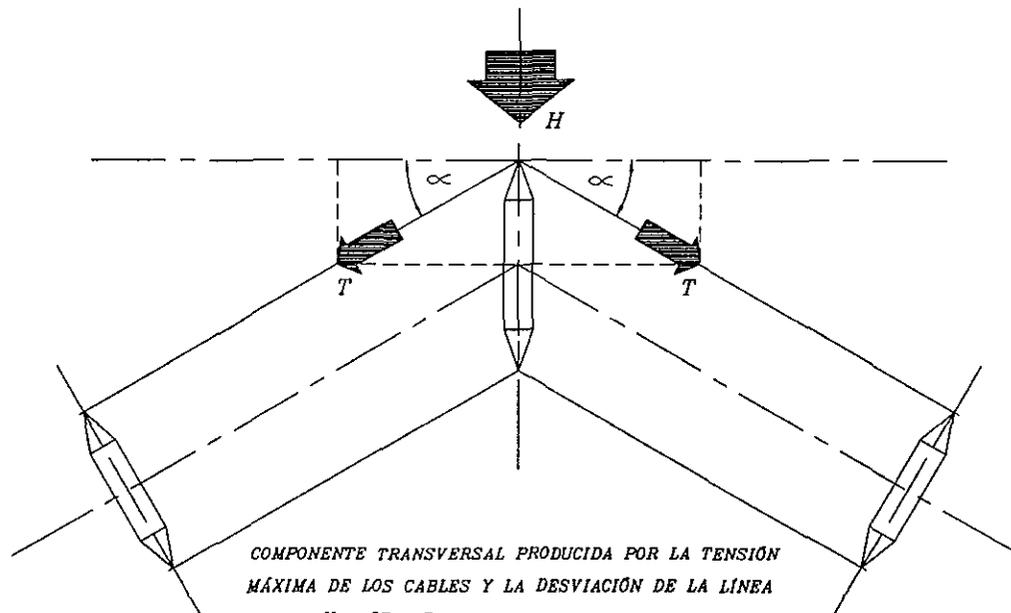
En la tabla III.1 se indican las combinaciones de carga y sus factores de carga correspondientes, los cuales se toman en consideración para el diseño de torres.

TABLA III.1 Combinaciones y factores de carga

CONDICIÓN DE SERVICIO	COMBINACIÓN DE	VIENTO
Normal (suspensión y deflexión)	$(A+B+H)_{1,1}+(C_1+D_1)_{1,5}$	V1
Normal (remate)	$(A+B+F+H)_{1,1}+(C_1+D_1)_1$	V1
Máxima (suspensión y deflexión)	$(A+B+C_2+D_2+H)_{1,1}$	V2
Máxima (remate)	$(A+B+C_2+D_2+F+H)_{1,1}$	V2
Rotura de cable	$(A+B+C_1+D_1+F+H)_{1,1}$	V1
Maniobra	$(A+B+C_3+D_3+F+H)_{1,1}+$	V3

Donde:

- V1 Es la velocidad regional máxima de viento para un período de retorno de 10 años.
- V2 Es la velocidad regional máxima de viento para un período de retorno de 50 años.
- V3 Es la velocidad regional reducida de viento. Se considera la mitad de V1.



COMPONENTE TRANSVERSAL PRODUCIDA POR LA TENSION MÁXIMA DE LOS CABLES Y LA DESVIACIÓN DE LA LÍNEA

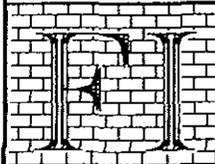
$$H = 2T \alpha \text{ Sen } \alpha$$

DONDE:

T = TENSION DE CABLE

α = 1/2 DE LA DEFLEXIÓN DE LA LÍNEA

FIGURA 10



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

ÁREA	INGENIERIA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	PROYECTO:	TESIS PROFESIONAL
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	AGOSTO 1998	TÍTULO:	COMPONENTE TRANSVERSAL

III.2.1 COMBINACIONES CON HIELO.

La tabla III.2 muestra la carga debida a la acumulación de hielo sobre los cables y la estructura.

TABLA III.2 Carga por acumulación de hielo en cables y estructura.

CONDICIÓN DE SERVICIO	COMBINACIÓN DE	VIENTO
Normal (suspensión y deflexión)	$(A^*+B+C3^*+D3)1,5+(F+H)1,1$	V3
Normal (remate)	$(A^*+B+C3^*+D3)1,5+(F+H)1,1$	V3
Rotura de cable	$(A^*+B+C3^*+D3+F+H)1,1$	V3

Para las dos tablas anteriores se considera lo siguiente:

- La "A*" se refiere a la masa de los cables cuando en ellos se ha acumulado una capa de hielo de 5.0 mm de espesor, cuyo peso específico es de 900 Kg./m³.
Donde: El peso total se calcula como se indica en la (figura 11)
- Para la condición de carga "C" (viento en cables) la presión actuante se debe multiplicar por:
 - 0,6 si el Claro Medio Horizontal es igual o mayor de 500 m
 - 0,8 si el Claro Medio Horizontal es igual o menor de 100 m
 - para Claros intermedios se debe calcular mediante una interpolación lineal.
- Para "C3*" el área del cable expuesta al viento debe considerar el espesor del hielo, con el mismo espesor que en el inciso a).
- Para condiciones de carga "D" (viento en estructura) se toma la proyección vertical del área de los miembros en una cara de la torre expuesta al viento.
- Para la fuerza "F" y de acuerdo a la combinación, se usan tres diferentes factores a multiplicar por la tensión mecánica de los cables.
 - * rotura de conductor:
 - torre de suspensión = 0,67
 - torre de deflexión y remate = 1,00
 - * rotura de hilo de guarda = 1,00
 - * maniobra = 1,00

Haciendo hincapié en el caso de dos o mas conductores por fase, se considera la rotura de un sólo conductor.

PARA CONDUCTOR: $A^*c = (Wc \times WHic) CV + Wcad + h + Wa$
 PARA HILO DE GUARDA: $A^*h = (Wh \times WHHh) CV + h$ + Masa de estructura

DONDE:

- Wc = Masa de conductor (es)
- WHic = Masa de hielo en conductor (es)
- CV = Claro Vertical (ver II.2.b.2)
- Wcad = Masa de cadenas de aisladores
- h = Masa de herrajes
- Wa = Masa de cadenas adicionales
- Wh = Masa de hilo de guarda
- WHHh = Masa de hielo en hilo de guarda

FUERZAS VERTICALES, PARA SOLICITACIÓN CON HIELO

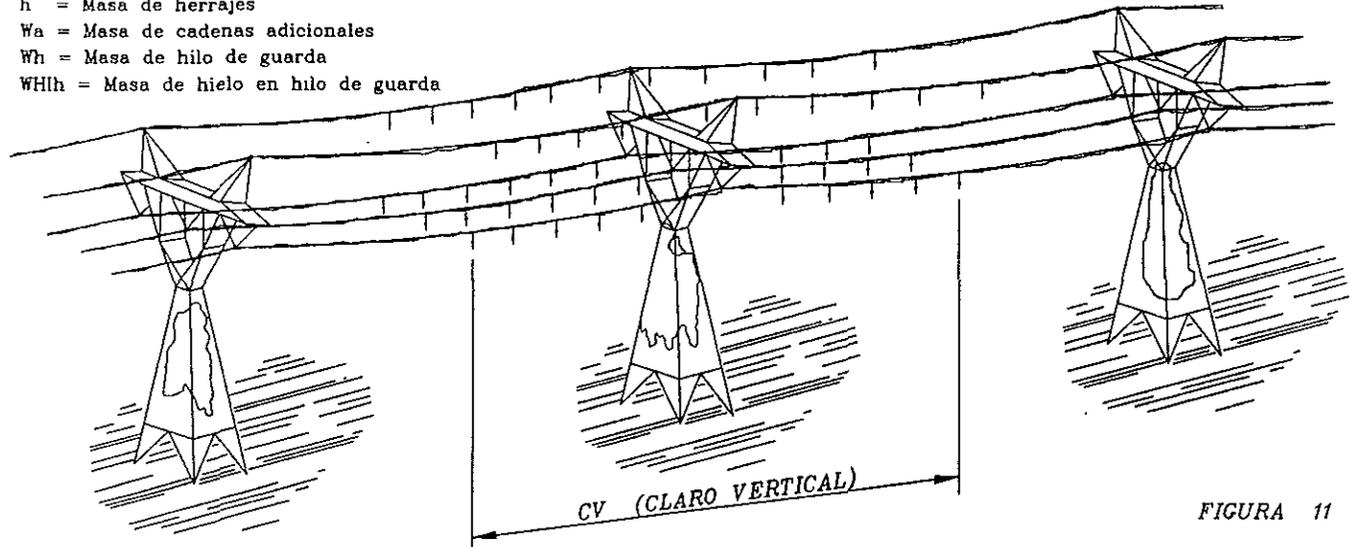
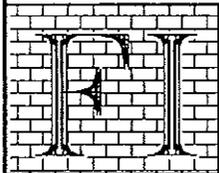


FIGURA 11



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

ÁREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No. CUENTA	FECHA	PROYECTO:	TESIS PROFESIONAL
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	AGOSTO 1998	TÍTULO:	FUERZAS VERTICALES CON HIELO

III.2.2 CONSIDERACIONES ADICIONALES.

- a) En el caso de torres que deban llevar dos o más conductores por fase, se tomara el empuje del viento sobre el área proyectada de todos los cables.
- b) Para viento transversal en cruceta, se toma el área proyectada de ésta.
- c) En las crucetas rectangulares de deflexión y remate, se debe revisar el diseño, aplicando en una de sus esquinas el 100% de las cargas de la condición normal con hielo, sin que esto afecte el resto de la estructura.
- d) La carga "W" debe considerarse únicamente en la fase donde aparece la carga longitudinal para el caso de maniobra.
- e) En el caso de estructuras de doble circuito se deben hacer las siguientes consideraciones para el diseño.
 - e1) Las hipótesis de carga para un circuito instalado con dos hilos de guarda colocados.
 - e2) Las hipótesis de carga para dos circuitos instalados.
- f) En la combinación de carga para viento normal con hielo, se tiene contemplada la masa de hielo en la estructura.
- g) Se deben considerar las tensiones mecánicas y efectos producidos por deformaciones de segundo orden para torres con retenidas.
- h) Se deben analizar todos los niveles de la estructura combinados con todas las variables de alturas de extensiones.

III.2.3 VIENTO.

De todos los tipos de cargas a las que está sujeta una torre, la acción del viento es la única sollicitación que es variable en intensidad con respecto al tiempo. Para la cuantificación de los efectos del viento sean estos estáticos o dinámicos (la acción del viento en una estructura puede ser estática o dinámica), por lo tanto se recurre a estudios de tipo estadístico o a ensayos de laboratorio.

En el Manual de Obras Cíviles (Diseño por Viento, 1993), se han establecido nuevos procedimientos que toman en cuenta la influencia de diferentes parámetros involucrados en la evaluación de las sollicitaciones generadas por los vientos extremos que ocurren en el territorio nacional. Dichos procedimientos reflejan en gran medida la experiencia y los resultados de investigaciones recientes, tanto

nacionales como internacionales, llevadas a cabo por expertos en la materia y aún cuando algunos de ellos sean rigurosos o difíciles de aplicar en la práctica, son necesarios para determinar en forma correcta la sollicitación del viento.

Es importante señalar que debido a que los parámetros involucrados en dicho manual son muy difíciles de determinar no se ha aplicado este procedimiento y sólo se aplica el cálculo para obtener la velocidad regional por medio de los planos de isotacas, por tal motivo se sigue aplicando el procedimiento simplificado y fundamentado en el fascículo C.2.3.- Estructuras para Transmisión de Energía Eléctrica, del Manual de Obras Civiles de C.F.E., con el cual se obtienen los conceptos necesarios para determinar las cargas provocadas por el viento en una estructura.

III.2.4 EFECTOS DEL VIENTO QUE DEBEN CONSIDERARSE.

- a) En estructuras poco flexibles las presiones medias (estáticas) constituyen los efectos más importantes en construcciones poco flexibles y con períodos naturales de vibración cortos no mayores de un segundo. La distribución de presiones depende de las características geométricas de la estructura, los empujes medios son los causados por presiones y succiones del flujo del viento prácticamente laminar, tanto interiores como exteriores 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, tales que, los empujes medios representan la acción media (estática) del viento al actuar sobre una estructura.
- b) En estructuras flexibles, son importantes las presiones dinámicas y su distribución depende del período natural de amortiguamiento de la estructura; los 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 y se originan cuando el flujo del viento presenta un régimen turbulento y se deben principalmente a las fluctuaciones en su velocidad; es decir a las ráfagas y su duración.
- c) Las vibraciones transversales al flujo se ocasionan con 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) La 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.

Todas estas características son de interés en el área de ingeniería estructural ya que su superposición determina, en cierto modo, la velocidad de diseño.

Para diseñar este tipo de estructuras se consideran los efectos dinámicos causados por la turbulencia del viento, estos se tomarán en cuenta mediante la aplicación del factor de respuesta dinámica debida a ráfagas; mediante un análisis dinámico, en el cual se afirma que una construcción o elemento estructural es sensible a los efectos dinámicos del viento cuando se presentan fuerzas importantes provenientes de la interacción dinámica entre el viento y la estructura, por lo que las torres son consideradas como estructuras rígidas (poco flexibles), por lo que únicamente consideremos las presiones estáticas actuando en la estructura, así como sus características aerodinámicas.

III.2.5 PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LAS ACCIONES POR VIENTO.

Valuación de los Empujes Estáticos

- a) **DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD REGIONAL, (Manual de Diseño por Viento 1993).**

La velocidad regional del viento es la máxima velocidad media probable de presentarse con un cierto período de recurrencia en una zona o región determinada del país.

En este manual se presentan los mapas de isotacas con diferentes períodos de retorno, esta velocidad se refiere a condiciones homogéneas que corresponden a una altura de 10 metros sobre la superficie del suelo en terreno plano; es decir no se considera las características de rugosidad locales del terreno ni la topografía específica del sitio, donde esta velocidad se asocia con ráfagas de 3 segundos y toma en cuenta la posibilidad de que se presenten vientos debidos a huracanes en las zonas costeras.

En este trabajo se presenta el procedimiento para determinar la velocidad regional que se utilizo para el diseño de la torre 4PR3 tomando en consideración tanto la localización geográfica del sitio de desplante de la estructura como su destino.

Investigando en C.F.E. en la oficina correspondiente, se obtuvo la localización geográfica mediante cartas topográficas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (I.N.E.G.I.) que contiene el trazo de la línea de transmisión en estudio, con la cual definimos mediante coordenadas geográficas la ubicación en el país, utilizando los planos de isotacas que corresponden a un período de retorno de 10 y 50 años con velocidades regionales, media y máxima respectivamente del manual mencionado, se proponen dos velocidades la de 50 años que tiene una probabilidad baja de ser alcanzada o sobrepasada durante la vida útil de la estructura y la de 10 años que puede suponerse actuando continuamente sobre la estructura. Para fines de diseño se hizo el trazo a escala de la línea de transmisión Pitirera - Donato Guerra - San Bernabé. (Ver resumen en figuras 12,13 y 14)

Coordenadas Geográficas (Ver plano anexo trazo de la línea por C.F.E.)

Zona de Diseño

L.T. Pitirera-Donato Guerra-San Bernabé

Latitud entre 18° y 20°

Longitud entre 99°15' y 102°

Escala real del plano 1:50,000

Zona de Interés

L.T. Donato Guerra-San Bernabé

Latitud entre 19°10' y 19°20'

Longitud entre 99°15' y 100°10'

En resumen tenemos que la velocidad regional con que se diseñara el prototipo de la torre 4PR3 es de acuerdo a lo establecido en las figuras 12 y 13 lo siguiente:

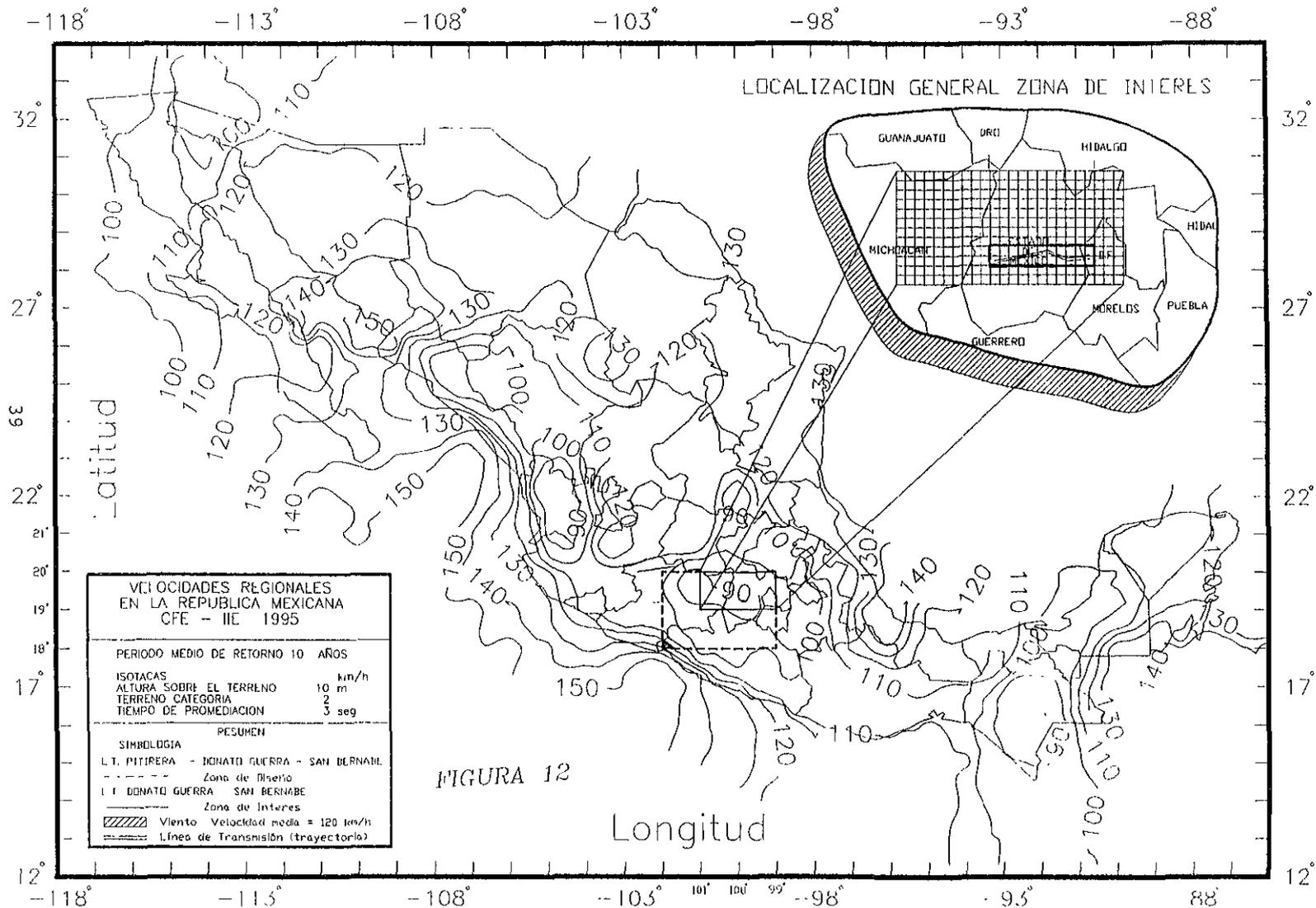
- V_R , Velocidad regional Media 120 Km./h, con período de retorno de 10 años.
- V_R , Velocidad regional Máxima 140 Km./h, con período de retorno de 50 años.

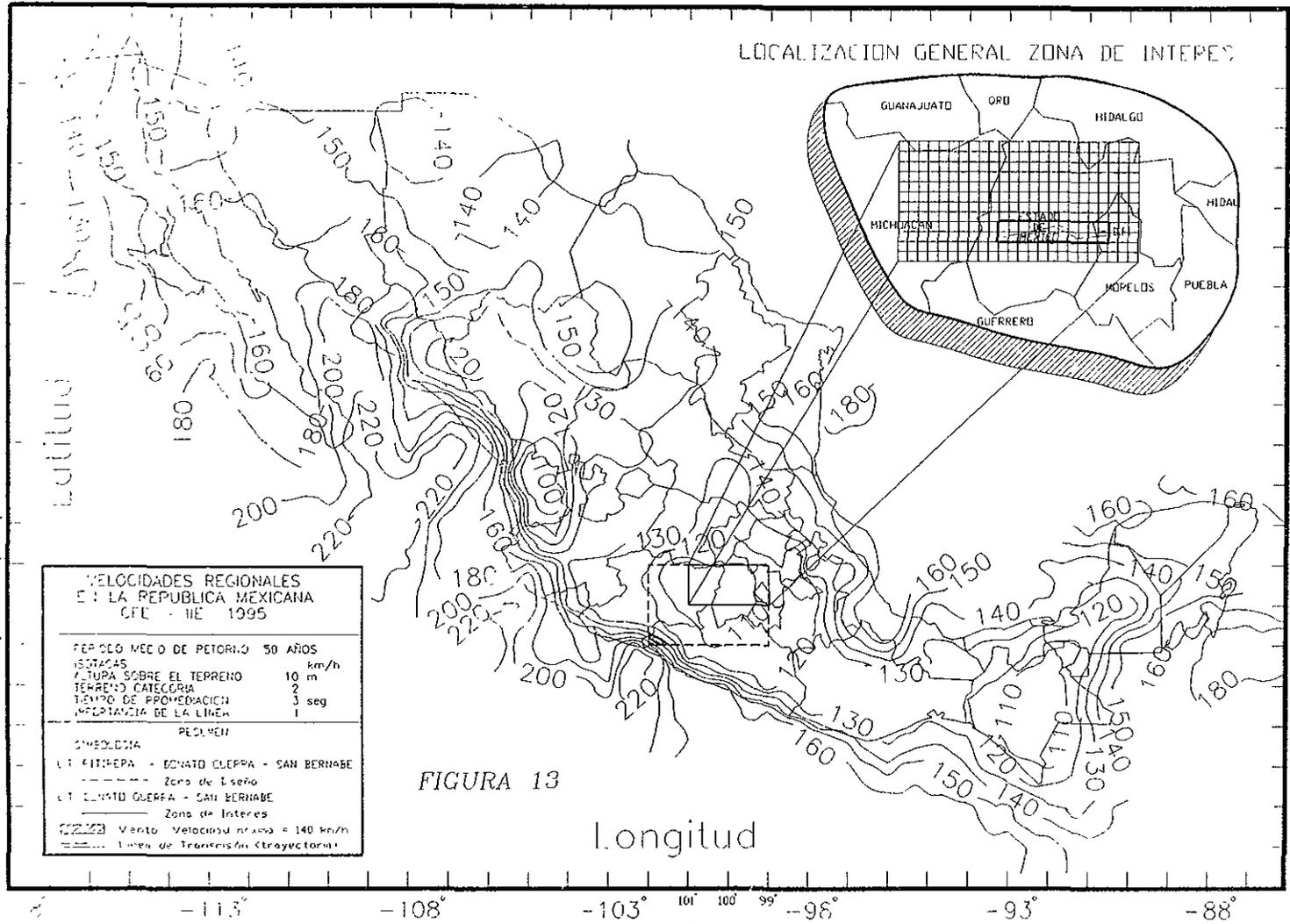
b) DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD BÁSICA.

La velocidad regional se debe modificar para tomar en cuenta la topografía de la ruta que siga el tendido de la línea de transmisión. En la tabla III.3 se presentan los factores propuestos para efectuar esta modificación.

$$V_B = V_R \times K$$

(Ec. III.1)





LOCALIZACION GENERAL ZONA DE INTERES

VELOCIDADES REGIONALES EN LA REPUBLICA MEXICANA CFE - IIE 1995	
PERIODO MEDIO DE RETORNO: 50 AÑOS	
ESTACAS	km/h
ALTURA SOBRE EL TERRENO	10 m
TERRENO CATEGORIA	2
TIEMPO DE PROMEDIACION	3 seg
INCLINACION DE LA LINEA	1
REDUCCION	
SIN REDUCCION	
—	Zona de Liseño
—	Zona de Interes
—	Viento Velocidad maxima = 140 km/h
—	Linea de Transmision (trajectoria)

FIGURA 13

Longitud

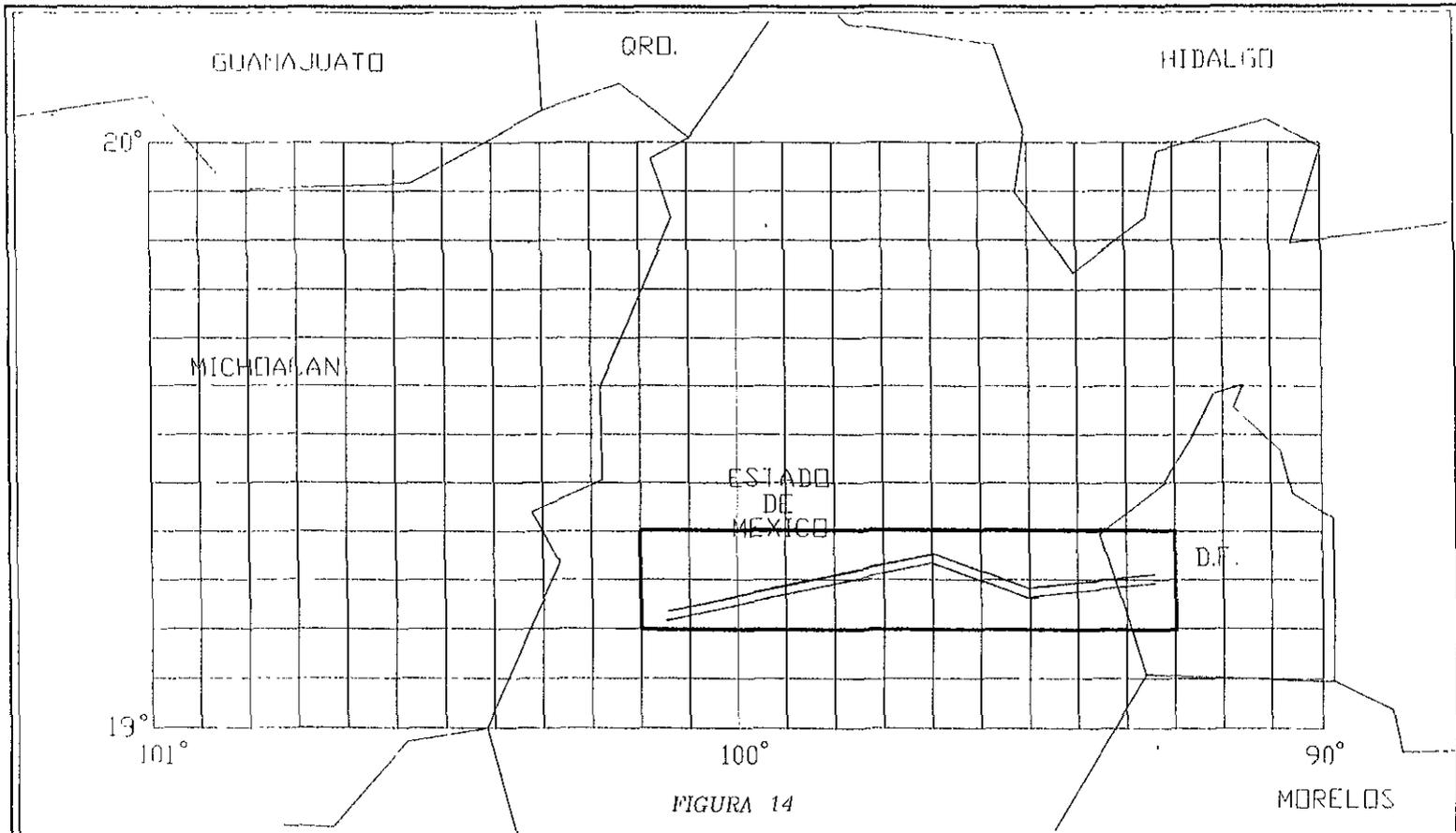


FIGURA 14

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

AREA	INGENIERIA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	PROYECTO	TESIS PROFESIONAL
DISEÑO	César Limónes Estévez	8323891-8	AGOSTO 98	TÍTULO	LOCALIZACION GENERAL (TRAZO DE LA LINEA)

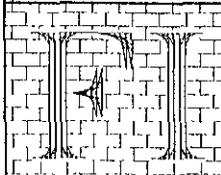


TABLA III.3 Factor de corrección por topografía, K

K	TIPO DE TOPOGRAFÍA
0,7	Muy accidentada (bosques donde la altura de los árboles sea mayor que la de las torres; centro de grandes ciudades, etc.)
0,8	Zonas arboladas donde la altura de los árboles sea menor que la de las torres, pero mayor de 10 m
1,0	Campo abierto.
1,2	Promontorios al descubierto.

Haciendo los cálculos para modificar la velocidad regional con el factor de topografía correspondiente a campo abierto por ser la zona más repetitiva en la trayectoria de la línea.

$$V_{B.med.} = 120 \times 1,0 = 120 \text{ Km./h}$$

$$V_{B.máx.} = 140 \times 1,0 = 140 \text{ Km./h}$$

Esta velocidad básica aumenta con la altura sobre el terreno según la ley expresada por la siguiente fórmula:

$$V_z = V_B \times K_1 \quad (\text{Ec. III.2})$$

Donde:

V_z Velocidad a una altura $z \geq 10$ m. Se recomienda tomar z como la altura de los conductores sobre el terreno medida al pie de la estructura.

K_1 $(z/10)^\alpha$

α Coeficiente que depende del tipo de terreno y que se tomará de la tabla III.4.

TABLA III.4 Valores de α

α	TIPO DE TERRENO
0,14	Litoral o campo abierto interior
0,22	Zonas suburbanas
0,33	Centro de grandes ciudades

Obteniendo lo siguiente con $\alpha = 0,14$ (litoral o campo abierto) y $z = 25,00$ mts. de altura como una distancia promedio entre el nivel de piso terminado y la sujeción del conductor con la estructura:

$$V_{z\text{ med.}} = 120 (25/10)^{0,14} = 136,425 \text{ Km./h}$$

$$V_{z\text{ máx.}} = 140 (25/10)^{0,14} = 159,162 \text{ Km./h}$$

c) VELOCIDAD DE DISEÑO.

Finalmente, para establecer la velocidad de diseño es necesario multiplicar la velocidad V_z por un factor de ráfaga.

$$V_D = FR \times V_z \quad (\text{Ec. III.3})$$

Donde:

V_D Velocidad de diseño

FR Factor de ráfaga, 1,0 para cables y estructura. Solamente cuando la torre tenga altura mayor de 60 m y se considere actuando viento medio, se tomará para la estructura $FR=1,3$ pero debido a que la aparición de la torre con 72 m de altura (nivel +20) en la ruta de la línea es escasa y la mayoría será menor a los 60 m entre los niveles -5 y +20, para el cálculo de las velocidades media y máxima de diseño; se empleara un $FR=1,0$.

$$V_{D\text{ med.}} = 1,0 \times 136,425 = 136,425 \text{ Km./h}$$

$$V_{D\text{ máx.}} = 1,0 \times 159,162 = 159,162 \text{ Km./h}$$

d) PRESIÓN SOBRE LA TORRE Y LOS CABLES.

Una vez que se tiene la velocidad de diseño, la presión que ejerce el viento sobre la estructura y cables, se calcula mediante la siguiente expresión ya que los efectos producidos por el viento se suponen actuando horizontalmente, en la dirección en que sopla el viento.

El valor de la presión o succión se evalúa como:

$$p = 0.0048 G c V_D^2 \quad (\text{Ec. III.4})$$

Donde:

p Presión sobre la estructura, debida al viento en Kg./m^2 .

G Factor correctivo por altitud, o reducción de la densidad de la atmósfera.

En forma aproximada se puede calcular con la expresión,

$$G = \frac{8 + h}{8 + 2h}$$

siendo h igual a la altura, en Km sobre el nivel del mar o también puede calcularse con

$$G = \frac{0,392xb}{273 + t}$$

- c Coeficiente de arrastre, adimensional.
- b Presión barométrica en mm de Hg (760 mm de Hg SNM).
- t Temperatura en °C, a 25°

Para calcular la presión se define la altura sobre el nivel del mar, localizando la cota topográfica más baja o más desfavorable sobre la ruta de la línea de transmisión de diseño (Pitirera - Donato Guerra - San bernabé); A.S.N.M, h = 200 mts.

Para elementos cilíndricos como cables conductores, de guarda, retenidas y cables de aisladores el coeficiente de arrastre recomendado por la Standars of Swiss Association of Engineers and Architects es de:

Forma y dirección del viento	c
	1,2

Las presiones que provocan los efectos del viento se tomaran equivalentes, a los de una fuerza distribuida sobre el área expuesta, donde esta fuerza se supondrá perpendicular a la superficie que actúa y su valor por unidad de área se calculara como sigue:

Teniendo: $V_{D\text{med}} = 136,425 \text{ Km./h}$, $V_{D\text{mix}} = 159,162 \text{ Km./h}$, $c = 1,2$
 Altitud = 200 mts. = 0,200 Km

y utilizando

$$G = \frac{8 + 0,200}{8 + (2 \times 0,200)} = 0,976$$

Ver figura 15

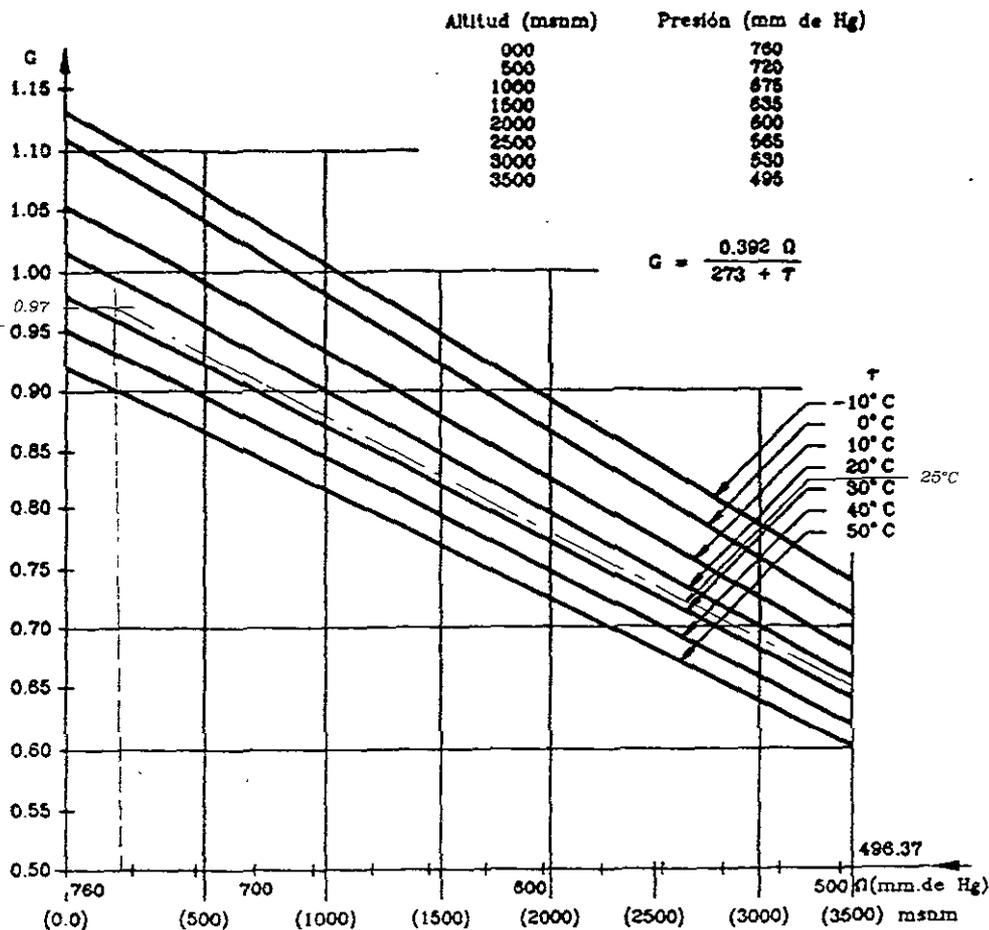


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

TÍTULO: FACTOR DE CORRECCIÓN DE AIRE



Factor de corrección por densidad
relativa del aire y presiones barométricas

ÁREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No. CUENTA	FECHA	FIGURA 15
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	AGOSTO 1998	

Resulta para la presión de viento sobre los cables en la estructura

$$p_{\text{med.}} = 0,0048(0,976)(1,2)(136,425)^2 = 104,630 \text{ Kg./m}^2$$

$$p_{\text{máx.}} = 0,0048(0,976)(1,2)(159,162)^2 = 142,514 \text{ Kg./m}^2$$

Que son las presiones media y máxima para cables

Para calcular la presión sobre la torre el coeficiente de arrastre, "c", se tomará según sea la geometría de la torre, la forma de los miembros que la componen y del factor de solidez; este último se define como la relación de la proyección vertical del área expuesta de los miembros al área total encerrada por el perímetro exterior de la zona en consideración.

Entendiendo por área expuesta en estructuras reticulares tales como armaduras, el 20 % del área limitada por las aristas exteriores de las armaduras, en el caso de torres se calculara el área expuesta con los perfiles supuestos.

Luego entonces la fuerza estática del viento sobre los elementos expuestos se obtiene multiplicando la presión o succión del viento por el área expuesta de la estructura o elemento.

El área expuesta se tomara como el área total de la superficie, en superficies planas llenas por tal motivo el valor recomendado por C.F.E. es de $c = 3,32$ fundamentado en las experiencias del diseño de este tipo de estructuras.

$$p_{\text{med.}} = 0,0048(0,976)(3,32)(136,425)^2 = 289,479 \text{ Kg./m}^2$$

$$p_{\text{máx.}} = 0,0048(0,976)(3,32)(159,162)^2 = 394,011 \text{ Kg./m}^2$$

Que son las presiones media y máxima para la torre

DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE LA TORRE 4PR3 (PROPUESTA)							
ESTRUCTURA TIPO: 4PR3	DEFLEXIÓN	DEFLEXIÓN	REMATE	REMATE	CADENAS ADICIONALES		UNIDAD
PRESIÓN DE VIENTO NORMAL CONDUCTOR	105	105	105	105	105	105	kg/m ²
PRESIÓN DE VIENTO MÁXIMA CONDUCTOR	143	143	143	143	143	143	kg/m ²
PRESIÓN VIENTO NORMAL ESTRUCTURA	289	289	289	289	289	289	kg/m ²
PRESIÓN VIENTO MÁXIMA EN ESTRUCTURA	394	394	394	394	394	394	kg/m ²
FACTOR POR VELOCIDAD Y CMH	0.63	0.63	0.63	0.63	0.80	0.80	-
FACTOR ROTURA	1	1	1	1	0.67	0.67	-
PESO ESPECIFICO DE HIELO	900	900	900	900	900	900	kg/m ³
ESPESOR DE HIELO EN CABLE	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	m
PRESIÓN DE VIENTO REDUCIDA CONDUCTOR	26	26	26	26	26	26	kg/m ²
PRESIÓN VIENTO REDUCIDA ESTRUCTURA	72	72	72	72	72	72	kg/m ²

TABLA III.5 (RESUMEN)

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO

IV.1 DEL MATERIAL.

El material comúnmente usado en torres de transmisión es acero A-36 norma A.S.T.M., en el cual el contenido de carbono es variable y su presencia tiene gran influencia en ciertas características cualitativas y mecánicas como son:

La dureza, la ductilidad y su resistencia a la tensión.

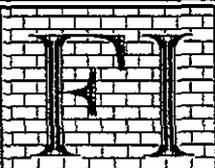
IV.1.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL ACERO.

Módulo de elasticidad (E): Se refiere a la relación del esfuerzo a la deformación en la región elástica de la curva esfuerzo - deformación, en donde este valor se determina por medio de la pendiente de la porción elástica como se muestra en la gráfica, (figura 16) para el acero: $E = 2,040 \times 10^6 \text{ Kg./cm}^2$.

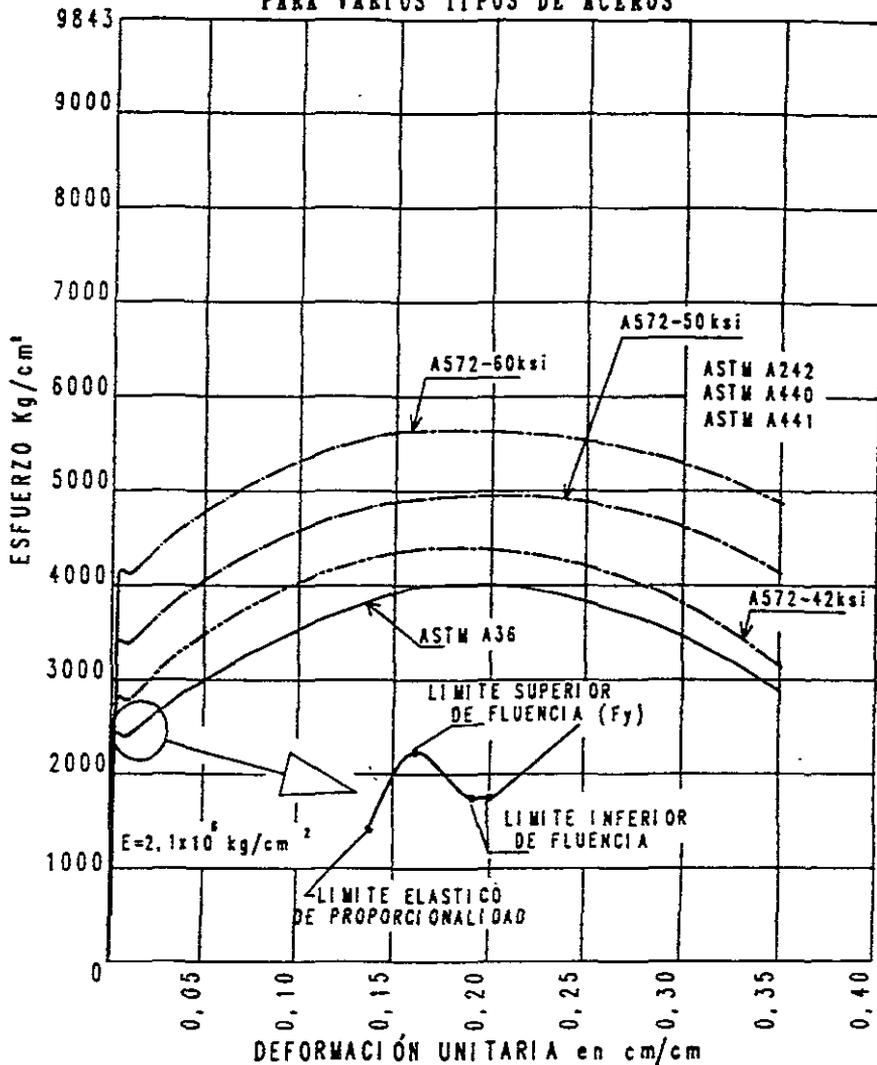
Su resistencia al límite de fluencia (F_y) y su resistencia última a la tensión (F_u) se presentan en la tabla IV.1, además de otros tipos de aceros.

Estos tipos de estructuras están unidas por medio de tornillos de alta resistencia con designación por la "American Society for Testing and Materials" (A.S.T.M.), A394 o similar Acero SEA: Grado 2; la cual presenta las tensiones y cortantes permisibles, en cuanto a su forma y dimensiones se empleará la norma de la "American National Standards Institute" y la "American Society of Mechanical Engineers" ANSI/ASME B18.1.1 y B18.2.1; tanto de cuerpo como de la cabeza deberá usarse "Tornillo Máquina y Tuerca hexagonal estándar"; las normas que rigen en la utilización de materiales estructurales son las de ASTM y A563 para rondanas, además para evitar la corrosión de los elementos de las torres inclusive los que integran los cimientos, deben ser galvanizados por el método de inmersión en caliente (hot dipping), después de haber sido cortados y taladrados, este galvanizado debe cumplir con las normas NMXJ-151, ASTM A123, ASTM A143 Y ASTM E376 .

Estas estructuras se componen de perfiles de lados iguales angulares laminados con los cuales se podrá ofrecer un diseño más ligero, si se utiliza perfil angular alta resistencia con designación por ASTM de A572; también se podrán emplear perfiles de lados desiguales únicamente cuando se demuestre que el diseño es más eficiente.



GRÁFICA ESFUERZO DEFORMACIÓN PARA VARIOS TIPOS DE ACEROS



ÁREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No. CUENTA	FECHA
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	AGOSTO 98

FIGURA 16

PROPIEDADES MÍNIMAS DE ACEROS ESTRUCTURALES

Designación A.S.T.M.	Fluencia Kg./cm ² (Fy)	Resistencia Kg./cm ² (Fu)	Alargamiento % en 203 mm 8"
Aceros al carbón:			
A36	2530	4080-5620	20
A529	2950	4220-5980	19
Aceros Alta Resistencia:			
A242, A440, A441			
Hasta de 19 mm de espesor	3520	4920	18
Mas de 19 mm y hasta 38 mm	3230	4710	19
Mas de 38 mm y hasta 102 mm	2950	4430	16
A572			
Grado 42 hasta 102 mm	2950	4220	20
Grado 45 hasta 38 mm	3160	4220	19
Grado 50 hasta 38 mm	3520	4570	18
Grado 55 hasta 38 mm	3870	4920	17
Grado 60 hasta 25 mm	4220	5270	16
Grado 65 hasta 13 mm	4570	5620	15
Aceros Templados y Recalentados:			
A514			
Hasta 63 mm	7030	8080-9490	18*
Mas de 63 y hasta 102 mm	6330	7380-9490	17*

* % en 51 mm

Aceros al carbón de alta resistencia y baja aleación, aceros templados por inmersión y recalentamiento, las normas para perfiles y placas que se emplean en la fabricación de este tipo de estructuras se describen en la Especificación de C.F.E. J1000-50.

TABLA No. IV.1

PERFIL DE LADOS IGUALES

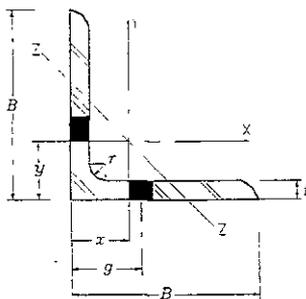


Figura 18 Características geométricas del perfil a usar en este diseño

FUNCIÓN ESTRUCTURAL: CARGA AXIAL

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Área (cm^2)

I_x - Momento de inercia (cm^4)

$x = y$ - Posición del centroide (cm)

r_{xy} = Radio de giro en x-x, y-y (cm)

r_z = El menor radio de giro en z-z con respecto al eje principal (cm)

t = Espesor del patín (cm)

B = Ala o patín (cm)

g = Gramil (cm)

r = Radio de curvatura interior (cm)

S = Módulo de sección (cm^3)

NOMENCLATURA

A P S

Ángulo

perfil estándar

L°

IV.2 DE DISEÑO.

En este tipo de estructuras se deberá cumplir con una función específica, estar dentro de los límites de seguridad requeridos y que bajo condiciones de trabajo o de servicio tenga un comportamiento adecuado, considerando adicionalmente parámetros como economía y estética.

IV.2.1 MÉTODOS DE DISEÑO.

a) **Método de los esfuerzos de trabajo.**

Un miembro estructural sometido a diversas combinaciones de carga de servicio (cargas que actúan sobre la estructura durante su vida útil) se selecciona de tal manera que el máximo esfuerzo calculado no exceda de un valor permisible especificado.

Los esfuerzos se determinan mediante un análisis elástico.

$$\text{Cargas de diseño} = \text{Cargas de servicio}$$

$$\text{Esfuerzos calculados} \leq \text{Esfuerzos permisibles}$$

b) **Método plástico o de factor de carga.**

Un miembro estructural sometido a diversas combinaciones de carga de servicio multiplicadas por un factor de carga se selecciona de tal manera que las fuerzas en el miembro no excedan de la resistencia última de éste previamente especificada.

$$\text{Cargas de diseño} = \text{Cargas de servicio} \times \text{un factor de carga}$$

$$\text{Carga calculada} = \text{Resistencia última}$$

Existen otros métodos como son:

- Métodos probabilísticos.
- Diseño por modelos (experimental).

Para el objetivo de este diseño utilizaremos el método plástico.

IV.2.2 ESPECIFICACIONES.

El proporcionamiento de un elemento o miembro estructural está delimitado por un conjunto de reglas o normas de diseño llamadas especificaciones, las cuales incluyen una serie de fórmulas de diseño que orientan al diseñador en la verificación de la resistencia, rigidez, proporciones y una serie de criterios que determinan la aceptación del elemento estructural.

Estas especificaciones están basadas en la experiencia obtenida por la observación del comportamiento de estructuras reales, así también como por estudios teóricos de laboratorio llevados a la práctica sobre prototipos.

Las especificaciones de diseño que se utilizaran en este trabajo son:

- * Design of Latticed Steel Transmission Structures " A.S.C.E."
- * American Institute of Steel Construction " A.I.S.C."
- * Guide for Design of Steel Transmission Towers " A.S.C.E."

- * Comisión Federal de Electricidad " CFEJ1000-50 "
- * Manuales de Diseño de Obras Civiles de C.F.E.

IV.3 ESFUERZOS UNITARIOS.(Nomenclatura)

$F_y =$ Esfuerzo de fluencia del acero (Kg./cm²)

Es el valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del material.

$F_u =$ Resistencia ultima a la tensión (Kg./cm²)

Es el esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión.

$f_{ac} =$ Carga axial calculada a compresión (Kg.)

$f_{ar} =$ Carga axial calculada a tensión (Kg.)

$f_a =$ Esfuerzo actuante en compresión (Kg./cm²)

$F_a =$ Esfuerzo permisible en compresión (Kg./cm²)

$f_t =$ Esfuerzo actuante en tensión (Kg./cm²)

$F_t =$ Esfuerzo permisible en tensión (Kg./cm²)

$F_v =$ Resistencia al cortante (Kg.)

$F_p =$ Resistencia al aplastamiento (Kg.)

$f_v =$ Esfuerzo cortante calculado (Kg./cm²)

$E =$ Módulo de elasticidad del acero (Kg./cm²)

$b/t =$ Relación ancho espesor

$kl/r =$ Relación de esbeltez efectiva

IV.4 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES. (Fórmulas)

La filosofía del diseño de un elemento estructural está basada fundamentalmente en el mecanismo de falla proporcionado por el elemento mecánico que lo solicita de esta forma dependiendo del tipo de que sea este, puede diseñarse bajo efecto de tensión, compresión flexión, torsión o una combinación de estos como: Flexocompresión o flexotensión.

De tal forma que dichos elementos mecánicos no rebasen ciertos valores límite.

Adicionalmente a estos requerimientos de resistencia, el diseño puede involucrar otros diferentes como:

Fenómenos de inestabilidad (pandeo), fatiga y vibraciones en donde los esfuerzos no determinan directamente el diseño.

IV.5 CAPACIDAD DE MIEMBROS SOMETIDOS A COMPRESIÓN AXIAL.

Para el dimensionamiento de los elementos estructurales, se adoptan las recomendaciones dadas en la Guide for Design of Steel Transmission Towers del A.S.C.E. el cual hace algunas adecuaciones a las fórmulas de capacidades de columnas sujetas a carga axial, que contempla el A.I.S.C. en su capítulo correspondiente a las especificaciones para el diseño, fabricación y montaje de edificios con estructura de acero, las cuales han sido dirigidas principalmente a los perfiles estructurales que se utilizan comúnmente en edificios y estructuras similares, de acuerdo a las investigaciones del Column Research Council (C.R.C.) "Consejo para la Investigación de la Columna".

Considerando lo anterior el A.S.C.E. adopta las fórmulas del C.R.C. para el rango inelástico y de Euler para el rango elástico.

La falla de un elemento estructural sujeto a una carga axial de compresión se puede presentar de dos formas:

- * Por pandeo general del elemento estructural.
- * Por pandeo local de los elementos que lo forman.

El concepto de columna en el caso de torres se puede aplicar a cualquier elemento estructural recto sujeto a una fuerza axial de compresión, puesto que la capacidad de carga de una columna es inversamente proporcional a su relación de esbeltez (kl/r), por lo tanto es necesario mantener este valor tan bajo como sea posible con el objeto de reducir su capacidad a compresión debido al fenómeno de pandeo, de esta forma para una longitud dada, la sección transversal deberá tener un radio de giro lo más alto posible.

En el caso de perfiles angulares la sección óptima, sería aquella que a un momento de inercia dado corresponda el área mínima y esto se lograría proporcionando secciones de alas grandes " b " y espesores pequeños " t ", pero esto lleva a una posible falla por "pandeo local", en donde cada ala del ángulo se comporta a su vez como una columna cuya alta relación ancho-espesor (b/t), propicia el colapso de la sección para cargas menores de las correspondientes para el pandeo total, **figura 19a,b,c**.



(a) Pandeo local



(b) Pandeo local



(c) Pandeo torsional

Figura 19

Para efectos de cálculo de la relación de ancho/espesor (b/t) de perfiles estructurales en ángulos, laminados o de placa doblada, se considera como ancho efectivo a la distancia entre el borde del ángulo y el punto donde se inicia la curvatura. (figura 20)

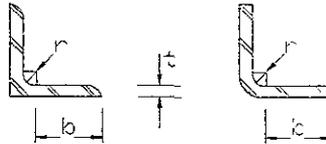


Figura 20 Definición del ancho para ángulos

Las especificaciones A.I.S.C. fijan relaciones ancho-espesor (b/t) que garantizan, que nunca se presentarán fallas locales por pandeo, para esfuerzos menores que el correspondiente al límite de fluencia del material, por lo tanto esas relaciones son fijas e independientes de la esbeltez en conjunto del miembro.

- * Para acero A-36, con un $F_y = 2530 \text{ Kg./cm}^2$ no compactado.
 $b/t \leq 12,72$
- * Para acero AR (alta resistencia), con un $F_y = 4000 \text{ Kg./cm}^2$ no compactado.
 $b/t \leq 10,12$

Cuando las relaciones ancho-espesor (b/t) exceden a las especificaciones lo que se hace es reducir el esfuerzo crítico de la pieza en compresión, para garantizar que no se presente pandeo local en la pieza, antes de que ésta falle en conjunto.

Se recomienda que en ningún caso se empleen elementos cuya relación b/t exceda de 20 y que los espesores de los miembros que componen las torres no deben tener un espesor menor de 4 mm. Esto con el fin de considerar el fenómeno de corrosión de los mismos.

El A.I.S.C. en su Manual de Construcción de Acero (Apéndice B), recomienda una reducción directa al esfuerzo crítico de la pieza en compresión, considerando un ancho efectivo, en lugar del ancho real del perfil a utilizar, el factor de reducción (Q_s) es una relación de áreas, de área efectiva o especificada en compresión entre área real de la sección.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, Unidad 2.3 Sección 2.3.6.1; para ángulos aislados no atiesados comprimidos incluye Q_s para cuando:

$$\begin{array}{ll} b/t < 640/\sqrt{F_y} & ; \quad Q_s = 1,0 \\ 640/\sqrt{F_y} < b/t < 1300/\sqrt{F_y} & ; \quad Q_s = 1,32 - 0,00053 (b/t) \sqrt{F_y} \\ b/t \geq 1300/\sqrt{F_y} & ; \quad Q_s = 1'090,000/[F_y(b/t)^2] \end{array}$$

Las piezas comprimidas sumamente cortas pueden fallar por plastificación completa en sus secciones transversales cuando sobre ellas actúa una carga de intensidad donde:

$$P_y = A F_y$$

Donde: P_y = Falla por plastificación
 A = Área de la sección transversal crítica
 F_y = Esfuerzo de fluencia del material

Este caso constituye la condición límite de pandeo de piezas comprimidas, correspondiente a relación de esbeltez que tiende a cero.

En resumen los miembros sujetos a compresión axial están en general formados por varios elementos planos y es posible que estos alcancen un estado de equilibrio inestable y se pandeen localmente antes de que la pieza falle en forma general. La condición fundamental que rige el diseño respecto al pandeo local, de acuerdo con las especificaciones A.I.S.C., es que el miembro puede alcanzar el esfuerzo de fluencia del material, sin que se presente el fenómeno de "pandeo local", independientemente del esfuerzo crítico de pandeo del miembro considerado en conjunto.

IV.5.1 PANDEO.

Se define como pandeo a la pérdida repentina de resistencia que acompaña a la aparición de fuertes deformaciones, independientemente de que los esfuerzos hayan o no llegado al punto de fluencia. Iniciando el pandeo los desplazamientos laterales provocan que los esfuerzos crezcan rápidamente y se llegue pronto al intervalo inelástico, de tal forma que la falla se presenta siempre en éste intervalo, el

fenómeno de pandeo no es un problema de esfuerzo, sino de estabilidad, por esa razón las fórmulas originales que representan este fenómeno se refieren a cargas críticas no a esfuerzo, sin embargo, por razones prácticas estas cargas se traducen en esfuerzos.

IV.5.2 PANDEO ELÁSTICO.

La determinación de la carga crítica de una columna esbelta, doblemente articulada y de sección transversal constante fue resuelta por "Leonardo Euler" con la siguiente expresión:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \text{-----}(1)$$

donde: P_{cr} = Carga crítica de Euler

E = Módulo de elasticidad del material

I = Momento de inercia de la sección

L = Longitud de la pieza

Para obtener el esfuerzo crítico, es decir cuando se inicia el pandeo, el resultado de la ecuación (1) puede ser expresado en forma diferente dividiendo entre el área de la sección transversal resulta:

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{L^2 A}$$

Y llamando al esfuerzo de compresión promedio para la carga de pandeo $P_{cr}/A = \sigma_{cr}$ (esfuerzo crítico) y recordando que el radio de giro se define como $r = \sqrt{I/A}$ esto es $I = Ar^2$, la fórmula de Euler puede escribirse como:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 EAr^2}{L^2 A} = \frac{\pi^2 Er^2}{L^2}$$

Dividiendo el numerador y el denominador por r^2 se llega a:

$$F_a = \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} \text{-----}(2)$$

IV.5.3 PANDEO INELÁSTICO.

" Engesser y Shanler ", formularon la teoría inelástica comprobando que las fórmulas de " Euler " no son aplicables a columnas cortas o de longitud intermedia en las que se alcanza el límite de proporcionalidad antes que el esfuerzo crítico del pandeo elástico.

Para ambos tipos de pandeo el C.R.C. ha afinado estas teorías y dirigiendo su investigación a la sección estructural en ángulo, ha introducido ciertas reducciones de la capacidad de carga, en columnas por conceptos como esfuerzos residuales (generados durante el proceso de laminación), condiciones de excentricidades pequeñas en la aplicación de las cargas.

Considerando lo anterior el A.S.C.E. adopta las fórmulas del C.R.C. para el rango inelástico con valores de $0 \leq kl/r \leq C_c$ y la inestabilidad general de un miembro sujeto a compresión axial está definida por los esfuerzos críticos de Euler para un rango elástico, con valores de $C_c < kl/r \leq 200$; en la curva de capacidades de carga/metro - relación de esbeltez, la separación entre ambos rangos la marca el valor de kl/r llamado C_c relación de esbeltez efectiva para la cual el esfuerzo crítico corresponde a la mitad del esfuerzo de fluencia. (figura 21)

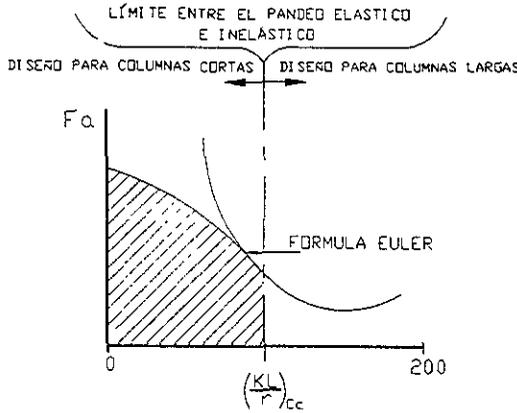


Figura 21

$k =$ Es el factor de longitud efectiva, el cual toma en cuenta la diferencia, entre las condiciones de apoyo de los miembros ideales y los miembros reales. La columna ideal de Euler en la cual se basa toda la teoría, está articulada en los extremos y para esta condición de apoyo $k = 1$, la torre se considera como una armadura en el espacio y sus miembros tienen articulaciones ideales en los extremos.

$kl/r =$ Es la relación de esbeltez efectiva del miembro se define como la longitud entre apoyos dividida por su mínimo radio de giro.

$C_c =$ Es la relación de esbeltez crítica que corresponde a un esfuerzo de $F_y/2$, considerando que puedan existir esfuerzos residuales en el perfil:

$$C_c = \pi \sqrt{\frac{2E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \text{-----}(3)$$

Sustituyendo se tiene que para el rango inelástico con valores de $kl/r \leq C_c$
 Diseño como columna corta; pandeo inelástico.

$$F_a = [1 - 0,5 \frac{(\frac{kl}{r})^2}{C_c^2}] F_y \text{-----}(4)$$

y para el rango elástico con valores de $kl/r \geq C_c$
 Diseño como columna larga, pandeo elástico.

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{(\frac{kl}{r})^2} \text{-----}(5)$$

El criterio a seguir en este trabajo es el que aparece en la " Guía de diseño para torres de transmisión " de la American Society of Civil Engineers (A.S.C.E.), el cual consiste en reducir el F_y del acero utilizado, esta reducción es función de la relación ancho-espesor (b/t) real , a (b/t) especificada, con esta reducción se está garantizando lo explicado anteriormente.

Cuando:

$$(\frac{b}{t})_{exp} < (\frac{b}{t})_{rea}$$

Se debe sustituir " F_{cr} " calculado en la ecuación (6), por " F_y " de la ecuación (4) y así poder calcular el nuevo esfuerzo crítico " F_a ".

$$F_{cr} = [1,677 - 0,677 \frac{(\frac{b}{t})}{(\frac{670,81}{\sqrt{F_y}})}] F_y \text{-----}(6)$$

para cuando los valores de (b/t) estén entre:

$$\frac{670,81}{\sqrt{F_y}} \leq \frac{b}{t} \leq \frac{1207,46}{\sqrt{F_y}}$$

y para cuando los valores de (b/t) sean mayores de:

$$\frac{b}{t} \geq \frac{1207,46}{\sqrt{F_y}}$$

" F_y " en la ecuación (3) también será sustituido por " F_{cr} " para obtener " C_c " con:

$$b = B - t - r$$

$$F_{cr} = \frac{0,0032 \pi^2 E}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} = \frac{667945}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \text{----- (7)}$$

Estas son las ecuaciones propuestas por el A.S.C.E. Manual 52 para capacidades últimas de carga de columnas sujetas a compresión axial.

IV.5.4 RELACIÓN DE ESBELTEZ.

Para el diseño de un miembro estructural sujeto a cargas de compresión, la longitud libre de pandeo estará determinada por las condiciones de apoyo de éste en el momento en que ha sido estructurada la torre.

Se pretende que el elemento sea lo suficientemente resistente para soportar las sollicitaciones a que estará sujeto sin dejar de pensar en la economía de la estructura, por lo que se buscará aquél que reúne las mayores características de peso/eficiencia.

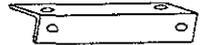
El esfuerzo disminuye para valores altos de L/r por lo que es preferible tener un valor mínimo de L/r para una sección transversal considerada, siempre y cuando este no afecte las condiciones económicas y de estabilidad en la torre.

Las relaciones de esbeltez máximas (L/r) permitidas por CBE para elementos estructurales sujetos a esfuerzos de compresión son:

- * Para miembros principales a compresión: $L/r \leq 150$
- * Para diagonales con esfuerzos calculados a compresión: $L/r \leq 200$
- * Para redundantes a compresión: $L/r \leq 250$
- * para miembros con trabajo a tensión únicamente: $L/r \leq 350$

En la determinación de las longitudes efectivas de pandeo, el Manual A.S.C.E. da una serie de recomendaciones para las diferentes condiciones de soporte que pueda tener en los extremos el elemento estructural objeto de análisis como por ejemplo:

- a) Para patas o montantes conectados con tornillos en ambas alas.
 $k=1$ se utilizará la curva 1 para cuando $L/r \leq 120$



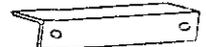
- b) Para miembros con una carga concéntrica en un extremo y excentricidad en el otro extremo.

$$\left(\frac{kl}{r}\right) = 30 + \left(\frac{0,75l}{r}\right) \text{--- para ---} \frac{l}{r} \leq 120 \text{--- curva 2}$$



- c) Para miembros con excentricidades normales en ambos extremos del tramo en soporte.

$$\left(\frac{kl}{r}\right) = 60 + \left(\frac{0,50l}{r}\right) \text{--- para ---} \frac{l}{r} \leq 120 \text{--- curva 3}$$



- d) $k=1$ para miembros libres en ambos extremos se utilizará la curva 4 para cuando
 $120 \geq L/r \geq 200$

- e) Para miembros con rotación restringida parcialmente en un extremo curva 5.

$$\left(\frac{kl}{r}\right) = 28,6 + \left(\frac{0,762l}{r}\right) \text{--- para ---} \frac{l}{r} \text{--- de ---} 120 \text{--- a ---} 225$$

- f) Para miembros con rotación restringida parcialmente en ambos extremos curva 6.

$$\left(\frac{kl}{r}\right) = 46,2 + \left(\frac{0,615l}{r}\right) \text{--- de ---} \frac{l}{r} \text{--- de ---} 120 \text{--- a ---} 250$$

En resumen la finalidad de estas restricciones es proporcionar mayor seguridad a las torres de transmisión debido a la importancia que reviste este tipo de estructuras.

IV.6 CAPACIDAD DE MIEMBROS SOMETIDOS A TENSION AXIAL.

Las capacidades de carga para elementos estructurales sujetos a cargas de tensión axial está dada por la siguiente expresión:

$$F_t = F_r \times F_y \times A_n$$

- Donde:**
- F_t = Esfuerzo permisible en tensión
 - F_r = Factor de reducción igual a 0.9
 - F_y = Límite de fluencia del acero utilizado
 - A_n = Área neta

En el diseño de miembros en tensión, es importante tomar en cuenta los agujeros para conectores, la tensión actuará sobre el área neta de la sección transversal del ángulo, la cuál está determinada por el área total de la sección, menos el área definida por el diámetro del tornillo y el espesor del material, en donde el diámetro del barreno deberá tomarse 1.6 mm (1/16") mayor que la dimensión nominal del tornillo.

$$f_t = \frac{f_a r}{A_n} \text{-----} (8)$$

$$A_n = A_T - (\varnothing_T + 1,6)(t * N_a) \text{-----} (9)$$

Donde:

- f_t = Esfuerzo actuante en tensión.
- $f_a r$ = Carga axial calculada a tensión.
- A_n = Área neta.
- A_T = Área total de la sección.
- \varnothing_T = Diámetro del tornillo.
- t = Espesor de la placa o perfil.
- N_a = Número de agujeros para descuento.

Cuando en la misma sección transversal se encuentran 2 tornillos alineados se deberá considerar la reducción de área y la relación L/r , para miembros en tensión no podrá ser mayor de 375 para evitar que se presenten fenómenos de vibración por la acción del viento a incidir sobre los elementos estructurales.

La capacidad de aplastamiento del ángulo debido a la acción del tornillo sobre el material está dada por la siguiente expresión:

$$F_a = F_r \times 2,25 \times F_y \times A_n \text{-----}(10)$$

Donde:

F_r = Factor de reducción igual a 0,9.

F_y = Límite de fluencia del acero utilizado.

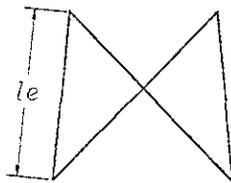
A_n = Área neta.

Sin embargo, la capacidad al aplastamiento de los perfiles empleados en este tipo de estructuras es aproximadamente el 50%, mas de la capacidad que tiene cada elemento a la compresión.

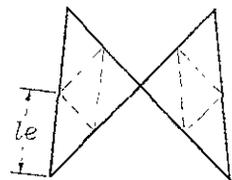
IV. 7 CRITERIOS DE LONGITUD DE DISEÑO.

El A.S.C.E. recomienda las siguientes longitudes de diseño en torres de transmisión.

1. En miembros principales, la longitud efectiva entre apoyos, la considera igual a la longitud de diseño; dividida por su mínimo radio de giro para cálculo de la relación de esbeltez l/r_z ; el factor de longitud efectiva que considera las diferencias entre los tipos de apoyos de la columna ideal a la columna real, en este caso como ya se dijo anteriormente $k=1$ por suponerse la estructura como una armadura, que está compuesta por columnas ideales.



Estructuración tipo 1



Estructuración tipo 2

l_e = Longitud efectiva entre apoyos, igual a la longitud de diseño.

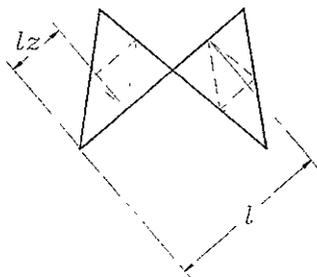
l/r_z = Relación de esbeltez.

r_z = Radio de giro mínimo.

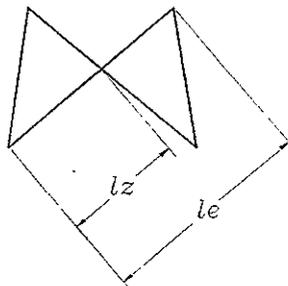
2. En miembros secundarios.

Para la estructuración del tipo 1, la longitud de diseño es igual al 75% de la longitud efectiva, utilizando el radio de giro medio. O la longitud l_z , utilizando el radio de giro mínimo; la que resulte más crítica de las dos.

Estructuración tipo 1



Estructuración tipo 2



Donde: $.75 l_e / r_x$ ó l_z / r_z

Se utilizará la relación de esbeltez mayor.

r_x = Es el radio de giro medio.

r_z = Es el radio de giro mínimo.

* Para la estructuración del tipo 2, la longitud de diseño es:

$0.75 l$ - Dividida por su radio de giro medio r_x

r_x ó l_z - Dividida por su radio de giro mínimo r_z

r_z se diseña con la más crítica de las dos.

IV.8 DISEÑO DE CONEXIONES.

Las conexiones atornilladas para estructuras de Líneas de Transmisión están normalmente diseñadas para resistir y transmitir cargas de un elemento a otro.

Las conexiones se pueden clasificar de acuerdo con la forma de transmitir la carga.

Cuando la carga se transmite en una conexión a cortante únicamente por la fricción producida entre las placas, debido a grandes fuerzas de apriete, se le denomina "conexión por fricción" y no se permite ningún deslizamiento entre las placas. Cuando la carga se transmite por el apoyo entre las placas y los conectores, ocasiona:

- Esfuerzos de corte: Las conexiones cargadas como se indica en las figuras 22a y b tienden a cortar los tornillos y se denominan conexiones a cortante; las que hacen fallar los tornillos por tensión se les denomina conexiones a tensión. (Ver figura 22c)

- b) Esfuerzos de aplastamiento.
 - Conexión por aplastamiento en los tornillos.
- c) Aplastamiento en la placa conectada.
 - Conexión por aplastamiento en la placa.

En el caso de Torres para Líneas de Transmisión se consideran del tipo aplastamiento con la rosca del tornillo incluida en el plano de corte.

IV.9 TIPOS DE FALLAS.

La resistencia de una conexión con tornillos depende del tipo de falla que se pueda presentar en el punto de cálculo. (Ver figura 23)

- a) Falla por tensión en la sección estructural.
- b) Falla por cortante en el tornillo
- c) Falla por aplastamiento entre el tornillo y la placa.
- d) Falla por desgarramiento de la placa o sección distancia insuficiente al borde.

Dependiendo del tipo de falla que pueda sufrir la junta atornillada se determinará el método de diseño para revisar.

- Para el caso presentado en "a" será diseñado y/o revisado el elemento estructural o la placa de unión proponiendo un ancho y espesor.
- Para el caso "b" se diseña el tornillo según recomendaciones de ASTM.
- Para el caso "c" se diseña el tornillo y la placa o el elemento estructural según recomendaciones de A.S.C.E.
- Para el caso "d" se diseña la placa o la sección estructural revisando la distancia al borde.

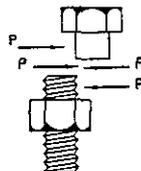
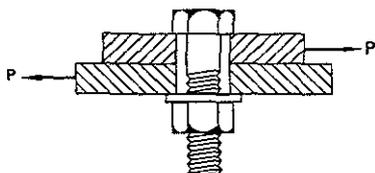
IV.10 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DE TORNILLOS.

Para la selección del diámetro de los tornillos, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

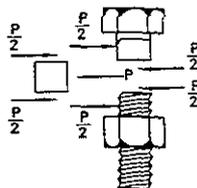
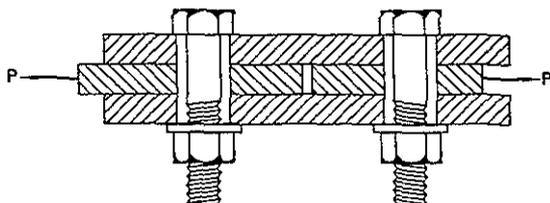
- a) Limitaciones de las especificaciones de C.F.E. en cuanto al diámetro mínimo y número de diámetros diferentes para ser utilizados en la estructura.
- b) La limitación del ancho de los perfiles que forman parte de la junta.
- c) La uniformidad de la junta (tornillos de un sólo diámetro) para mejorar las condiciones de fabricación y construcción.



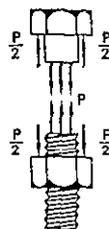
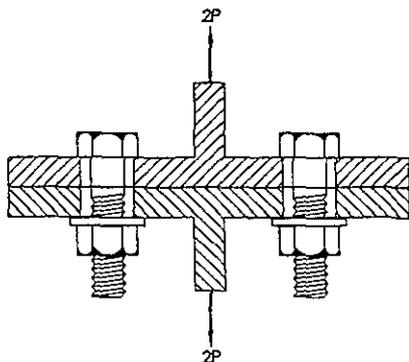
TIPOS DE CONEXIONES



a) TORNILLO A CORTANTE SIMPLE



b) TORNILLO A CORTANTE DOBLE



c) TORNILLO EN TENSION

ÁREA	INGENIERIA DE DISEÑO	No. CUENTA	FECHA
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	AGOSTO 1998

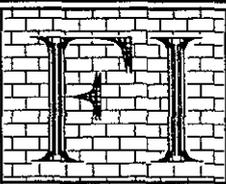
En la siguiente tabla se muestran las tolerancias de fabricación, distancias a las orillas y entre centros de taladros según las Especificaciones de C.F.E.

IV.10.1 TALADROS

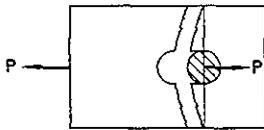
- a) El diámetro de los taladros debe ser de 1.6 mm (1/16") mayor que el diámetro del tornillo respectivo, para espesores mayores de 15.9 mm (5/8") podrá ser de 3.2 mm.
- b) La conicidad de los taladros punzonados no debe exceder de 1.2 mm (3/64") entre diámetros, máximo y mínimo.
- c) Las tolerancias son entre:
- | | | |
|------------------------------|----------|-------|
| Gramiles | = 0.4 mm | 1/64" |
| Centro de taladros | = 0.8 mm | 1/32" |
| Centro de grupos de taladros | = 1.6 mm | 1/16" |
- b) Las distancias a las orillas y espaciamentos mínimos entre centros de tornillos se muestran en la **tabla IV.2**.
- c)

TABLA IV.2 Distancia a la orilla y entre centros de taladros

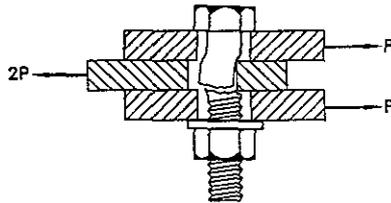
SEPARACION ENTRE CONECTORES			DISTANCIA MINIMA A LA	
Diámetro el tornillo (mm)	Separación mínima (mm)	Espesor del material (mm)	Distancia a la orilla laminada (mm)	Distancia a la orilla conada (mm)
12.7	36	Hasta 4.8	16	19
		Mayor de 4.8	19	22
15.9	40	Hasta 4.8	19	22
		Mayor de 4.8	22	25
19.1	50	Hasta 4.8	22	25
		Mayor de 4.8	25	29
22.2	58	Hasta 4.8	25	29
		Mayor de 4.8	29	32



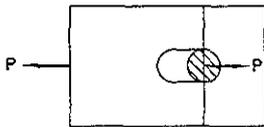
TIPOS DE FALLA EN CONEXIONES



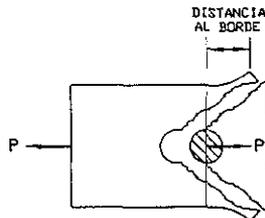
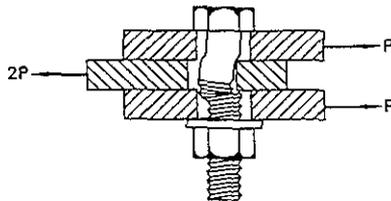
a) FALLA POR TENSIÓN EN LA SECCIÓN ESTRUCTURAL



b) FALLA POR CORTANTE EN EL TORNILLO



c) FALLA POR APLASTAMIENTO



d) FALLA POR DESGARRAMIENTO DE LA PLACA O DE LA SECCIÓN

ÁREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	FIGURA 23
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	AGOSTO 1998	

IV.10.2 DOBLADO

Los dobleces mayores de 5 grados se deben hacer en caliente, a temperatura de 600 a 650 grados centígrados para materiales hasta espesores de 12,7 mm y de 850 a 950 grados centígrados cuando son mayores.

IV.10.3 EMPALMES, UNIONES TIPO

- a) Unión a Tope, los tornillos
Trabajan a cortante doble.

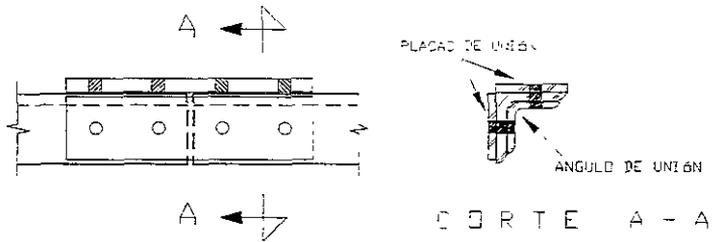


Figura 24

- b) Unión a Traslape, los tornillos
Trabajan a cortante simple.

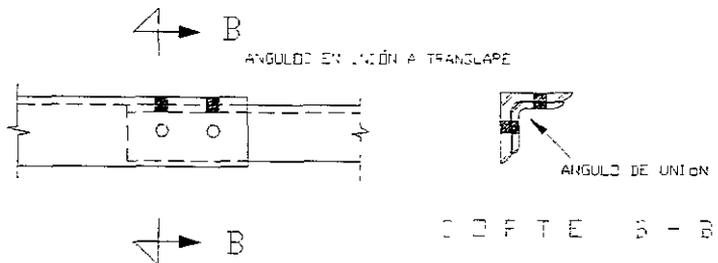


Figura 25

CAPÍTULO V

CAPÍTULO V

MÉTODOS DE ANÁLISIS

V.1 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES MÁS COMUNES

Las torres que son empleadas como soportes en las Líneas de Transmisión de Energía Eléctrica están construidas como ya se ha dicho con perfiles angulares laminados unidos entre sí por medio de tornillos; los montantes o patas de la torre, se disponen generalmente en sección cuadrangular manteniéndose separadas por medio de celosías.

Los tipos de estructuración más comunes en torres de transmisión son verticales, delta y microondas:

1. Montantes o Patas arriostradas por medio de celosía normal. (figura 26)
2. Montantes o Patas arriostradas por medio de celosía italiana. (figura 27)
3. Arriostramiento por medio de celosía para torres de microondas tipo. (figura 28)

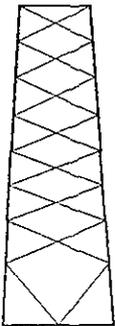


Figura 26

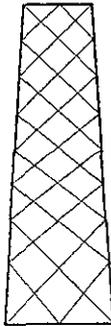


Figura 27

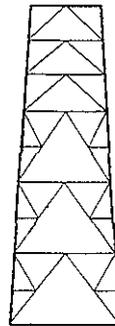


Figura 28

El uso de uno u otro tipo de celosía, depende de que se logre una estructura más ligera, justificándose con un análisis y un diseño, de cualquiera de las tres alternativas.

La diferencia básica entre la celosía normal y la italiana es la longitud de diseño.

V.1.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL EMPLEO DE UNA U OTRA CELOSÍA.

V E N T A J A S		D E S V E N T A J A S	
Celosía Normal		Celosía Normal	
a)	Empleo de menor número de miembros.	a)	Longitud de diseño mayor.
		b)	Relación de esbeltez mayor.
		c)	Esfuerzos permisibles bajos.
		d)	Perfiles pesados.
Celosía Italiana		Celosía Italiana	
a)	Longitud de diseño menor.	a)	Empleo de mayor número de elementos.
b)	Relación de esbeltez menor.		
c)	Esfuerzos permisibles altos.		
d)	Perfiles Ligeros.		

V.1.3 OBSERVACIONES ENTRE LAS DIFERENTES CELOSÍAS

Al emplear celosía normal, el diseño proporciona perfiles más pesados, pero se compensa el peso al disminuir el número de elementos. Si se emplea celosía italiana, al diseñar obtenemos perfiles más ligeros pero aumenta considerablemente el número de elementos, por lo tanto es necesario realizar las dos alternativas de diseño para poder afirmar cuando es más apropiado el uso de una u otra celosía, para cada torre en particular; la figura V.3 es un diseño óptimo sólo para torres de microondas.

V.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS

V.2.1 MÉTODO CONVENCIONAL.

El método convencional de análisis, es por superposición de efectos (la aplicación de cargas en la estructura es gradual, por lo tanto es válido el principio de superposición de causas y efectos), se analiza en el plano, el método es aplicado a torres tipo vertical como lo es la torre en estudio; tradicionalmente y hasta antes del auge de las grandes computadoras digitales, el análisis de las torres de transmisión se llevaba a cabo en forma manual lo que implicaba una serie de consideraciones y simplificaciones que hacían que los resultados obtenidos de ese análisis fuesen sólo aproximados, una de las simplificaciones más importantes en este procedimiento es la de descomponer la torre en armaduras planas independientes, sometidas a cargas en su plano y posteriormente analizarlas mediante algún método gráfico o analítico simplificado.

Otra simplificación consiste en convertir las armaduras planas obtenidas en estructuras isostáticas (removiendo redundantes y diagonales dobles) con objeto de poder llevar a cabo el análisis con mayor facilidad.

Si bien estas simplificaciones son aceptables para evaluar los efectos de cargas verticales e incluso de cargas longitudinales simétricas, no lo son para representar la manera real en que se comporta la estructura bajo los efectos de torsión (rotura de un conductor extremo), que en ocasiones son los que rigen el diseño.

Un ejemplo local del método convencional se verá en el Capítulo VI de este trabajo, el diseño de la torre, es de acuerdo a lo especificado en el Capítulo IV y para facilitar el diseño se elaborará una tabla de esfuerzos y capacidades (Planilla de Dimensionamiento).

V.2.2 MÉTODO EXACTO.

El programa de computadora propuesto para el análisis automático y diseño de la torre de transmisión propuesta en este trabajo es SAP90-PLUS y se considerará como una armadura en el espacio, el análisis y el diseño son elásticos de acuerdo a las especificaciones A.I.S.C., dada la gran hiperestaticidad de la estructura, por lo tanto es necesario correr el archivo fuente en una computadora con gran capacidad de memoria.

El programa de computadora reduce en forma considerable el tiempo empleado en el análisis y diseño convencional, la torre que usaré como un ejemplo para la explicación del método exacto en el Capítulo VI de este trabajo, se corrió en computadora, obteniéndose en los resultados de las patas de la torre esfuerzos menores que los que se podrían obtener en el cálculo completo de toda la torre en un análisis hecho con el cálculo por el método convencional.

Afortunadamente, en el caso de las torres de transmisión, los errores inducidos por consideraciones simplistas para el análisis, pueden detectarse mediante la prueba a la falla de un prototipo, cuya realización es siempre justificada, dado el gran número de estructuras que se producen con un mismo diseño.

Sin embargo, en este tipo de pruebas sólo se detectan los elementos subdiseñados, más no aquellos subrediseñados; es decir, los que tienen capacidad sobrada.

En consecuencia, con este procedimiento si se evitan estructuras inseguras pero se obtienen torres poco eficientes y con peso mayor que el necesario.

La torre aquí descrita se fabricó en prototipo de ensayo con los resultados obtenidos en el cálculo electrónico, se montó en el campo de pruebas de TOMEXSA, (Torres Mexicanas S.A.) ubicado en Monclova, Coahuila y se sometió a las cargas consideradas en el análisis de la torre, obteniéndose excelentes resultados en la prueba.

V.3 DATOS NECESARIOS PARA EL PROGRAMA

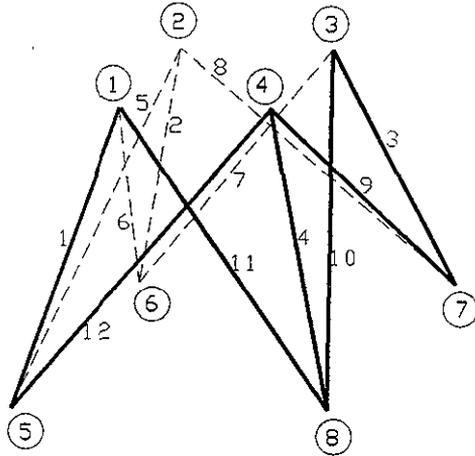
La información de entrada a la computadora difiere para cada torre en particular, ya que esta se refiere esencialmente a características geométricas y de carga en la estructura; que definen los elementos mecánicos y desplazamientos de la torre.

- a) Dibujo esquemático de la torre numerando nudos y barras, ya que una numeración adecuada de los nudos de la torre reduce en forma considerable el tamaño de la matriz general de rigideces que se forma, lográndose mayor eficiencia en la rapidez de solución.
- b) Coordenadas de los nudos.- El programa de computadora, analiza la torre como una estructura indeterminada en el espacio, considerándola como una armadura tridimensional según el método general de rigideces; por lo tanto necesita de las coordenadas para proceder al dimensionamiento de los miembros con base en las fórmulas de tensión y compresión (sólo fuerzas axiales) que se describen en el Capítulo V estos nudos que se forman, están referidos a un sistema de ejes ortogonales.
- c) Definición de los miembros.- Un miembro se define por la nomenclatura de sus nudos extremos, nudo inicial, nudo final o viceversa.

TOPOLOGÍA

Ejemplo: figura 29 El miembro No. 1 está definido por los nudos 1 y 5.

La topología de la torre propuesta se encuentra definida en la memoria de cálculo



SIMBOLOGÍA

○ Indica nudo.

El No. Indica barra.

- d) Características físicas de los materiales a usar, como área y módulo de elasticidad.
- e) Condiciones de apoyo en todos los nudos involucrados (restricciones o grados de libertad).
- f) Casos y combinaciones de carga.- Las cargas que actúan en la torre están aplicadas en los nudos, estas cargas están definidas en magnitud y posición (la posición de las cargas están dadas por las coordenadas de los nudos) y (la dirección está dada por el sistema ortogonal de referencia).

Los casos de carga se indican por separado en el formato de entrada.

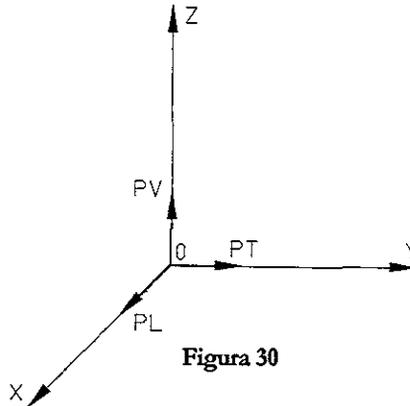
Primero: Las cargas que le transmiten los cables y herrajes a la torre.

Segundo: La presión de viento transversal en la torre.

Tercero: Peso propio.

La computadora calcula los elementos mecánicos para cada caso de carga y para cada combinación de carga indicada y suma los efectos.

(Sistema ortogonal de referencia)



SIMBOLOGÍA

- CARGAS VERTICALES PV - EN EL EJE Z DIRECCIÓN 3
- CARGAS TRANSVERSALES PT - EN EL EJE Y DIRECCIÓN 2
- CARGAS LONGITUDINALES PL - EN EL EJE X DIRECCIÓN 1

Carga vertical (PV):

Se refiere a cargas debidas al peso propio de cables, cadenas de aisladores y herrajes.

Carga transversal (PT):

Se refiere a cargas debidas a la acción del viento en cables y torre.

Carga longitudinal (PL):

Se refiere a la tensión longitudinal de los cables.

La carga de diseño para cada elemento será la mayor de todas las combinaciones de carga, automáticamente el programa determina la carga que gobierna el diseño de cada miembro.

g) Características de los tornillos empleados.

Se le proporciona el F_y del tornillo, el número de alas conectadas y su diámetro, automáticamente calcula el número de tornillos que debe llevar la unión de cada barra, ya que conoce la carga que rige el diseño de cada miembro.

Se le proporciona un criterio ingenieril dependiendo del arreglo local, para la normalización de los miembros.

La normalización de los miembros consiste en proporcionar en el diseño final, el mismo perfil para dos o más miembros simétricos de la torre.

La clasificación de los miembros es de acuerdo al diseñador, quien puede designar como principal o diagonal a cualquiera de ellos, se consideran como miembros principales a los montantes de las patas y a los elementos de cruceta; como redundantes a los elementos cuya función principal es reducir la longitud de los miembros principales y diagonales.

La computadora en un primer ciclo analiza, cada miembro de acuerdo a las cargas que transmite individualmente, arrojando esfuerzos diferentes para cada uno de ellos, con el criterio de normalización para elementos semejantes, con otros programas de computadora automáticamente se escoge el esfuerzo más crítico y con este se diseña el perfil más óptimo para lograr la mayor eficiencia y el menor costo, este se define para los miembros seleccionados, y de esta forma la computadora da una envolvente para las barras más parecidas y obtener un diseño final.

Un punto fundamental en el diseño, no sólo de torres de transmisión, sino en general de cualquier estructura, consiste en definir la variedad de elementos que va a integrar el diseño ya que es difícil que varios miembros de la estructura trabajen al mismo esfuerzo; tampoco sería válido diseñar cada elemento para que cumpla únicamente con sus necesidades estructurales y olvidarse de la economía resultado de la homogeneidad en las piezas.

Este aspecto es de gran importancia en el diseño de torres de transmisión por lo que hay que tomar en consideración otros factores que contribuyen al costo de las estructuras, como son su fabricación, transporte, montaje y puesta en servicio; esto desde luego es posible si las soluciones estructurales que se proponen no implican un excesivo número de miembros de distintas características que traigan como consecuencia que la fabricación, la clasificación de los mismos y la construcción de la estructura en sí, sean tareas difíciles y altamente costosas.

Por lo que el software empleado en este trabajo para el análisis y diseño de la torre propuesta tiene la ventaja de agrupar los esfuerzos y asignarle a todos los que pertenecen a un grupo, el perfil que corresponda no a cada uno individualmente sino al miembro más esforzado del grupo.

CAPÍTULO VI

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA TORRE 4PR3 DE DEFLEXIÓN Y REMATE

La estructura se proyectará tomando en cuenta las mismas características y condiciones descritas en los capítulos anteriores; las solicitaciones descritas en el Capítulo III no se consideran aisladamente, sino que se combinan, de acuerdo a la probabilidad que tienen de ocurrir simultáneamente, formándose así las condiciones de carga, que son para las cuales se debe analizar la estructura, las condiciones de carga descritas a continuación son las más típicas.

VI.1 HIPÓTESIS DE CARGAS.

A) CONDICIÓN NORMAL DE LA TORRE.

Esta suposición es cuando la torre se encuentra en operación normal, en esta condición se consideran las cargas a las que está sujeta la torre bajo su estado real de operación, tales como el peso propio de la estructura, el de los cables conductores e hilos de guarda con sus respectivos herrajes y las fuerzas sobre los elementos estructurales debidas al viento actuando en dirección perpendicular a la línea de transmisión.

B) CONDICIÓN CABLE DE GUARDA ROTO.

En este caso, además de considerar las cargas correspondientes de la condición de operación normal, se toma en cuenta la fuerza que se produce en la torre al romperse el cable de guarda en alguno de los claros adyacentes de la misma.

C) CONDICIÓN DE UN CONDUCTOR EXTREMO ROTO.

Esta condición de carga es similar a la anterior, en esta se considera la fuerza que produce un conductor en el extremo al romperse y generarse así una tensión desbalanceada.

D) CONDICIÓN DE UN CONDUCTOR CENTRAL ROTO.

En esta condición, además de tomar en cuenta las cargas correspondientes de la condición de operación normal, se considera la fuerza que se produce al presentarse la rotura del conductor central.

Cada una de estas condiciones y las demás que pudieran presentarse para cada tipo de torre en una línea de transmisión, tienen asociado un factor de sobrecarga, que realmente es un factor global de seguridad, ya que incluye un factor de sobrecarga propiamente dicho y los factores de reducción en los esfuerzos admisibles de los materiales. Para las condiciones enunciadas anteriormente es común en este medio asociar un factor de sobrecarga de 1.5 a la condición "A" y de 1.10 a las tres restantes, como ejemplo de aplicación, la torre que se ha escogido para el desarrollo de este trabajo de investigación tiene la versatilidad de ser una torre con un uso mixto de Deflexión y Remate por lo que es una torre que está sujeta a un conjunto de cargas muy completo, respecto a las demás torres, los factores de sobre carga y los coeficientes de seguridad para cada condición de carga que rigen el diseño de esta torre, se darán en la memoria de cálculo, el análisis será por el método exacto y el diseño será elástico (**Ver Capítulo III**).

VI.2 ANÁLISIS POR EL MÉTODO EXACTO. (MEMORIA DE CÁLCULO)

*** CONTENIDO**

1. Generalidades.
2. Materiales.
3. Geometría.
4. Estados de cargas y esquemas de cargas.
 - a) Cargas que soporta la torre en forma directa.
 - b) Cálculo aproximado del área y viento en estructura.
 - c) Cálculo aproximado del peso propio de la torre.
 - d) Cargas que lo transmiten los cables a la torre por medio de las cadenas de aisladores y herrajes.
5. Cálculo por computadora (datos de entrada).
 - a) Topología (**Ver V.3**)
 - b) Resultados (salida de computadora).
 - c) Resumen de solicitudes.
6. Dimensionamiento.

VI.3 MEMORIA DE CÁLCULO

VI.3.1 GENERALIDADES.

La presente memoria de cálculo tiene por objeto desarrollar el cálculo de la:

TORRE DE DEFLEXIÓN Y REMATE Autosoportada tipo " 4PR3 "

Nivel +20; con 4 Extensiones +0

Correspondiente a la:

L.T. LÁZARO CÁRDENAS - DONATO GUERRA - SAN BERNABÉ

de 400 / 230 / 115 kV.

PARA: COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (C.F.E.)

Para el diseño geométrico se ha tenido en cuenta las recomendaciones y esquemas proporcionadas por C.F.E.

La solución de la estructura se realiza mediante la utilización del paquete de computadora "SAP90-PLUS".

Este programa permite la solución de sistemas hiperestáticos espaciales de múltiples incógnitas mediante el planteo matricial.

La metodología de utilización del programa exige el ingreso de los siguientes datos principales.

* **COORDENADAS DE LOS NUDOS:**

Es la ubicación espacial de los nudos de la estructura con referencia a un sistema de ejes cartesianos previamente seleccionado.

Una vez teniendo definida la silueta de la estructura delimitada por las restricciones dieléctricas, se procede a calcular las coordenadas de la estructura determinándolas mediante la experiencia que se tenga en este tipo de estructuras a puntos de cálculo y las distancias a terreno natural de las diferentes alturas que pueda tener la torre en la trayectoria de la línea para la mejor y mayor optimización del costo total.

* **INCIDENCIAS DE LAS BARRAS:**

Definición de las barras de la estructura mediante la nominación de sus nudos de comienzo y fin, definidos por los dos puntos anteriores.

* **PROPIEDADES PRISMATICAS DE LAS BARRAS:**

Sección transversal de cada barra definida anteriormente.

* **HIPÓTESIS DE CARGA:**

Se ubicarán por nudo las cargas actuantes.

Estas cargas han sido calculadas por separado y para facilitar la lectura de los resultados de la computadora, se ha multiplicado cada una de ellas por el coeficiente de mayoración indicado en las especificaciones técnicas de C.F.E.

VI.3.2 MATERIALES

- Perfiles Angulares laminados en caliente calidad ASTM A36, ASTM A572 Gr.50 y ASTM A572 Gr.60.
- Límite de fluencia mínimo para A36 = 2530 Kg./cm²
- Límite de fluencia mínimo para A572 Gr.50 = 3520 Kg./cm²
- Límite de fluencia mínimo para A572 Gr.60 = 4220 Kg./cm²
- Placas calidad ASTM A36.
- Límite de fluencia mínimo = 2530 Kg./cm²
- Tornillos ASTM A394.
- Tensión última de rotura (Fu) = 4080-5620 Kg./cm²

VI.3.3 GEOMETRÍA, DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL.

Torre 4PR3 +20, +0 (Geometría y perfiles)

(PLANOS DE CUERPO BÁSICO, Ver Planos No. 1 y 2)

Este es un paso muy importante del diseño, definir en forma óptima las dimensiones de las diferentes partes que constituyen una torre como la base, cintura, peralte de trabe, crucetas de conductor e hilo de guarda, etc. así como también la estructuración de elementos principales y secundarios, esto nos dará como resultado un diseño eficiente y económico.

Por lo que representa en los costos, se debe hacer un análisis preliminar de la torre de mayor altura, variando las dimensiones de las partes mencionadas y comparando las masas de las diferentes alternativas, hasta tener la que represente una masa menor con las restricciones dieléctricas definidas; una vez definida en la torre se presentan partes que son deformables en

alguna dirección, en estos casos es necesario incluir elementos que rigidicen el sistema y a estos se les asigna una área mínima, con el fin de que no tomen esfuerzos y que este se distribuya en los elementos principales.

VI.3.4 ESTADOS DE CARGAS (Determinación) Y ESQUEMAS DE CARGAS.

Datos básicos (Ver tablas II.2.2 y III.5)

Zona Eólica: Alta

*	Velocidades Máximas (km./h)	V1	V2	V3
		120	140	60
*	PRESIONES DEBIDAS AL VIENTO (Kg./cm²)	P1	P2	P3
	Sobre estructura:	289	394	72
	Sobre cables:	105	143	26

En forma general podemos decir que existen dos tipos de acciones sobre la torre.

CARGAS QUE SOPORTA LA TORRE EN FORMA DIRECTA.

- a) **Fuerza transversal en la torre, debida a la presión de viento en la torre. (Ver figura 31)**

$$F_{tv} = P_v \times 1.5a \times F.S.$$

Donde: P_v = Es la presión de viento en la torre, conocida.

$1.5a$ = Es por especificación el 1.5 del área expuesta de la torre, desconocida.

$F.S.$ = Es el factor de seguridad correspondiente, conocido.

Por lo tanto para poder calcular las fuerzas transversales " F_{tv} " en la torre, es necesario conocer el área expuesta al viento, esta área se calcula en base a una estimación que hace el calculista a su criterio de los perfiles que llevaría la torre, basándose fundamentalmente en la geometría, el uso de la torre y de la experiencia.

- **Viento sobre la torre.**

Ver tabla del cálculo de área y viento sobre la estructura.

El factor de incremento y el coeficiente de solidez se obtienen conforme a lo establecido en el Manual de Obras Civiles C.2.3 pág. C.III; 2.3.18.

- **Cargas verticales.**

Debidas al peso propio de la estructura, estas cargas se calculan con respecto a la misma estimación y se cubica la torre por sección en donde el cálculo de las cargas verticales, se distribuye en cada pata; el peso propio por sección entre cuatro.

- **Peso propio de la torre.**

Ver tabla del cálculo del peso propio de la estructura.

El factor de carga por peso propio debe calcularse como sigue:

Para esta torre en particular.

(Peso de barras en el modelo + el peso de redundantes (10%)) por (1 + la proporción estimada del peso de tornillería y placas (8%)) por (El factor de carga global) entre (El peso de barras en el modelo).

b) **Cargas que le transmiten los cables a la torre por medio de las cadenas de aisladores y herrajes. (Ver figura 32)**

- Peso propio del cable, aisladores y herrajes.
- Acción del viento sobre cables, aisladores y herrajes.
- Tensión longitudinal del cable se presenta con la rotura de uno o varios cables y en una condición normal en todos los cables para las torres de Remate.

PARA LAS FIGURAS 31 Y 32 (NOMENCLATURA).

PT.- CARGA TRANSVERSAL: Se refiere a cargas debido a la acción del viento en cables y torre.

PL.- CARGA LONGITUDINAL: Se refiere a la tensión longitudinal de los cables.

PV.- CARGA VERTICAL: Se refiere a cargas debidas al peso propio de cables, cadenas de aisladores y herrajes.

TORRE 4PR3 DE DEFLEXIÓN Y REMATE
CÁLCULO DEL PESO DE LA ESTRUCTURA

TIPO DE PERFIL
ANGULAR DE LADOS IGUALES

FACTORES DE INCREMENTO DE CARGA	CONDICIÓN VIENTO NORMAL	CONDICIÓN VIENTO NORMAL CON HILO	IGUAL O CUALQUIER OTRA
PESO DE TORNILLOS, PLACAS Y REDUNDANTES	1,18	1,18	1,18
PESO PROPIO	1,1	1,5	1,1

PESOS Y DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

PARTE DE LA TORRE	PESO PROPIO	PESO APROXIMADO EN TORRE (KG)	PESO REPARTIDO EN TORRE	PESO REPARTIDO EN TORRE (KG)	PESO POR NUDO (KG)		NUDOS CARGADOS (KG)	PESO POR NUMERO DE NUDOS (KG)	
					CONDICIÓN VIENTO NORMAL	CONDICIÓN VIENTO NORMAL CON HILO		CONDICIÓN VIENTO NORMAL	CONDICIÓN VIENTO NORMAL CON HILO
PESO DE LA CRUCETA DE HILO DE GUARDA IZQ.	PP11	238	PP11	238,00	281,80	367,00	336	261,80	357,00
PESO DE LA CRUCETA DE HILO DE GUARDA DER.	PP10	182	PP10	182,00	200,20	273,00	336	200,20	273,00
PESO CRUCETA SUPERIOR IZQUIERDA	PP21	803	PP21/2	401,50	147,22	200,75	280, 303	294,43	401,50
PESO CRUCETA SUPERIOR DERECHA	PP20	1137	PP20/2	568,50	208,45	284,25	291, 292	416,90	568,50
PESO DE CRUCETAS LADO IZQUIERDO C/U	PP4	535	PP4/3*2	356,67	98,08	133,75	240, 261, 200, 221	392,33	535,00
PESO DE CRUCETAS LADO DERECHO C/U	PP5	1141	PP5/3*2	760,67	209,18	285,25	250, 261, 210, 211	836,73	1141,00
PESO CUERPO RECTO TRAMO SUPERIOR	PP6	777	PP6+PP21/3+PP20/3*2	2070,33	589,34	776,38	157, 166, 175, 184	2277,37	3105,50
PESO CUERPO RECTO TRAMO MEDIO	PP7	3692	PP7+PP4/3+PP5/3*2	4808,33	1322,57	1803,50	153, 162, 171, 180	5290,27	7214,00
PESO CUERPO RECTO TRAMO INFERIOR	PP8	5376	PP8+PP4/3+PP5/3*2	6493,33	1785,67	2435,00	11, 22, 33, 44	7142,67	9740,00
PESO CUERPO PIRAMIDAL TRAMO 1	PP9	2121	PP9	2121,00	583,28	795,38	9, 20, 31, 42	2333,10	3181,50
PESO CUERPO PIRAMIDAL TRAMO 2	PP10	1872	PP10	1872,00	514,80	702,00	8, 19, 30, 41	2059,20	2808,00
PESO CUERPO PIRAMIDAL TRAMO 3	PP11	2320	PP11	2320,00	638,00	870,00	7, 18, 29, 40	2552,00	3460,00
PESO CUERPO PIRAMIDAL TRAMO 4	PP12	3311	PP12	3311,00	810,53	1241,63	6, 17, 28, 39	3842,10	4966,50
PESO CUERPO PIRAMIDAL TRAMO 5	PP13	3469	PP13	3468,00	851,23	1297,13	5, 16, 27, 38	3804,90	5188,50
PESO CUERPO PIRAMIDAL TRAMO 6	PP14	3816	PP14	3816,00	1049,40	1431,00	4, 15, 26, 37	4197,60	5724,00
PESO CUERPO PIRAMIDAL TRAMO 7	PP15	4119	PP15	4119,00	1132,73	1644,63	3, 14, 25, 36	4530,90	6178,50
PESO CUERPO PIRAMIDAL TRAMO 8	PP16	4529	PP16+PP17/2	7643,50	2101,96	2866,31	2, 13, 24, 35	8407,85	11465,25
PESO 4 EXTENSIONES +0, PATAS	PP17	6229	PP17/2	3114,50	856,40	1167,94	1, 12, 23, 34	3425,65	4671,75
PESO APROXIMADO PARA EL ANÁLISIS		45657		47656	PESO TOTAL APROXIMADO PARA ANÁLISIS			62066,30	70899,50

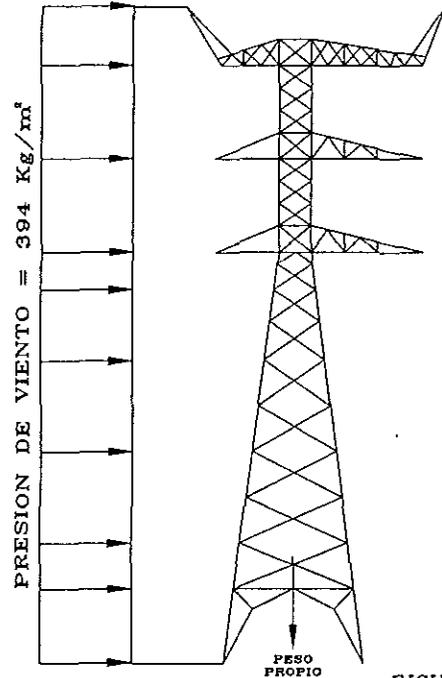


FIGURA 31

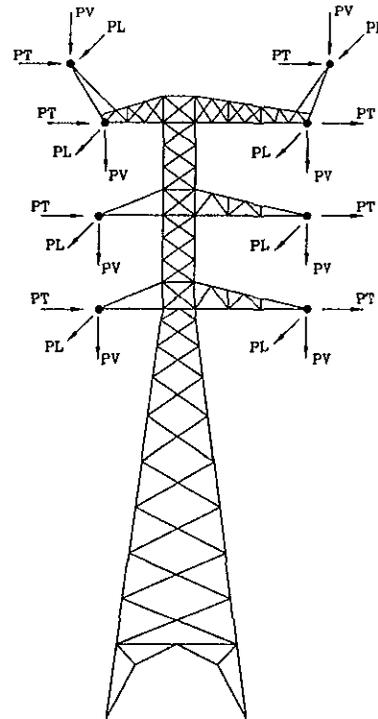


FIGURA 32

SIMBOLOGÍA

PT : TRANSVERSAL
 PL : LONGITUDINAL
 PV : VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

ÁREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	PROYECTO	TESIS PROFESIONAL
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	AGOSTO 1998	TÍTULO	ACCIONES SOBRE LA TORRE (CARGAS)

b.1 Peso propio de cables, aisladores y herrajes.

(PV) Carga vertical.

* Para hilo de guarda.

$$PV = (Wh \times CV) + h$$

* Para conductor.

$$PV = (Wc \times CV) + Wcad + h + Wa$$

Donde: PT = Es la carga vertical debida a la acción del peso de los cables.

Wc = Masa de conductor(es).

CV = Es el claro vertical.

Wcad = Es la masa de cadenas de aisladores.

Wa = Es la masa de cadenas adicionales.

h = Es la masa de herrajes.

Wh = Es la masa de hilo de guarda.

b.2 Acción del viento sobre cable, aisladores y herrajes.

(PT) Carga transversal.

* Para hilo de guarda.

$$PT = (\varnothing h \times CMH \times Fr) Pvc$$

* Para conductor.

$$PT = (\varnothing c \times CMH \times Fr) + (\varnothing cad + Lcad) Pvc$$

Donde: PT = Es la carga transversal debida a la acción del viento en los cables.

$\varnothing c$ = Diámetro del conductor.

CVH = Claro medio horizontal.

$\varnothing cad$ = Diámetro de la cadena de aisladores.

Lcad = Es la longitud de cadena(s) de adicionales.

Pvc = Presión de viento en cables.

$\varnothing h$ = Diámetro del hilo de guarda.

D = Área expuesta al viento de la torre.

Pve = Presión de viento en torre.

b.3 Tensión longitudinal del cable. (PL) Carga longitudinal.

Por especificación será igual al 100% de la tensión longitudinal del cable.

Esta será multiplicada por su factor correspondiente y para torres de remate será incluido el número de conductores por fase.

**CÁLCULO DE CARGAS EN EL PUNTO DE SUJECIÓN DE LA CRUCETA DE HILO
DE GUARDA
PARA CONDICIÓN NORMAL**

Ver tablas II.2.2, III.5; figuras 33, 34 y tablas siguientes

- * NUDOS: A y B para conductor de hilo de guarda.

(PV) Carga vertical.

$$PV = (0,469 \times 600)1,1 = 310 \text{ Kg.}$$

(PT) Carga transversal.

Por ser una torre de Deflexión y Remate, la carga transversal crítica será, cuando la torre esté trabajando a su deflexión máxima, entendiéndose por deflexión, el ángulo formado a partir de la dirección normal de la línea por partes iguales en ambos sentidos Ver figuras 6b, 6c y 10.

La torre puede recibir al cable en cualquiera de los dos sentidos por lo tanto la composición de fuerzas se hará respecto al ángulo alfa entre dos.

$$PT = ((0,0141 \times 450 \times \text{COS}(50^\circ/2 \times 3,1416/180)) \times (0,63 \times 105)1,5 + \\ 2 \times (1250 \times \text{SEN}(50^\circ/2 \times 3,1416/180))1,1 = 1728 \text{ Kg.}$$

(PL) Carga longitudinal.

PL = 100% de la tensión longitudinal del cable y por su factor correspondiente, cuando exista carga longitudinal.

**CÁLCULO DE CARGAS EN EL PUNTO DE SUJECIÓN DE LA CRUCETA DE
CONDUCTOR
PARA CONDICIÓN NORMAL**

- * NUDOS: C, D, F, G, I y J para conductor(es).

(PV) Carga vertical.

$$PV = (1\ 868 \times 3 \times 600) + (2 \times 650) \times 1,1 = 5129 \text{ Kg.}$$

(PT) Carga transversal.

$$PT = ((0.03198 \times 3 \times 450 \times \cos(50^\circ/2 \times 3.1416/180) \times 0.63) + 0.254 \times 4.56 \times 2) \times (105 \times 1.5) + 2 \times (3 \times 4300 \times \sin(50^\circ/2 \times 3.1416/180)) \times 1.1 = 16210 \text{ Kg.}$$

(PL) Carga longitudinal.

PL = 100% de la tensión longitudinal del cable y por su factor correspondiente, cuando exista carga longitudinal.

CÁLCULO DE CARGAS EN PUNTO DE SUJECIÓN DE LA CRUCETA DE CONDUCTOR PARA CONDICIÓN NORMAL, CON CADENAS ADICIONALES

* NUDO: L para conductor.

(PV) Carga vertical.

$$PV = (1.868 \times 3 \times 17) + (1 \times 190) \times 1.1 = 314 \text{ Kg.}$$

(PT) Carga transversal.

$$PT = ((0.03198 \times 3 \times 17 \times \cos(0^\circ/2 \times 3.1416/180) \times 0.80) + 0.254 \times 4.83 \times 0) \times (105 \times 1.5) + 2 \times (3 \times 4300 \times \sin(0^\circ/2 \times 3.1416/180)) \times 1.1 = 399 \text{ Kg.}$$

(PL) Carga longitudinal.

PL = 100% de la tensión longitudinal del cable y por su factor correspondiente, cuando exista carga longitudinal.

* NUDO: M para conductor.

(PV) Carga vertical.

$$PV = (1.868 \times 1 \times 11) + (2 \times 135) \times 1.1 = 320 \text{ Kg.}$$

(PT) Carga transversal.

$$PT = ((0.03198 \times 1 \times 11 \times \cos(0^\circ/2 \times 3.1416/180) \times 0.80) + 0.254 \times 3.54 \times 2) \times (105 \times 1.5) + 2 \times (1 \times 4300 \times \sin(0^\circ/2 \times 3.1416/180)) \times 1.1 = 328 \text{ Kg.}$$

(PL) Carga longitudinal.

PL = 100% de la tensión longitudinal del cable y por su factor correspondiente, cuando exista carga longitudinal.

* NUDO: N para conductor.

(PV) Carga vertical.

$$PV = (1.868 \times 1 \times 11) + (1 \times 135) \times 1.1 = 171 \text{ Kg.}$$

(PT) Carga transversal.

$$PT = ((0.03198 \times 1 \times 11 \times \text{COS}(0^\circ/2 \times 3.1416/180) \times 0.80) + 0.254 \times 3.54 \times 1) \times (105 \times 1.5) + 2 \times (1 \times 4300 \times \text{SEN}(0^\circ/2 \times 3.1416/180)) \times 1.1 = 186 \text{ Kg.}$$

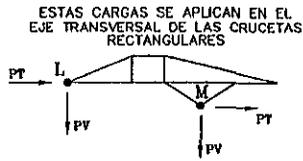
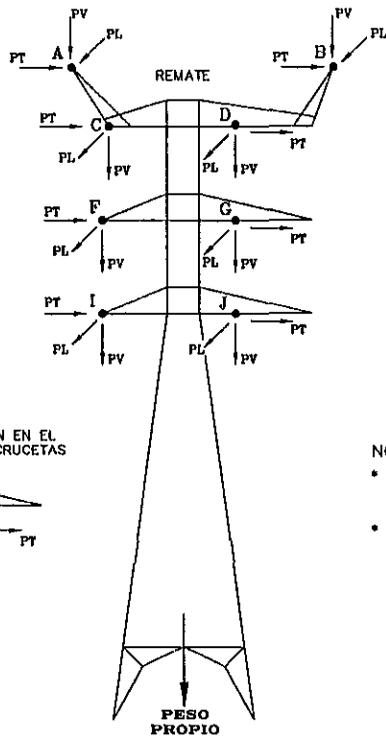
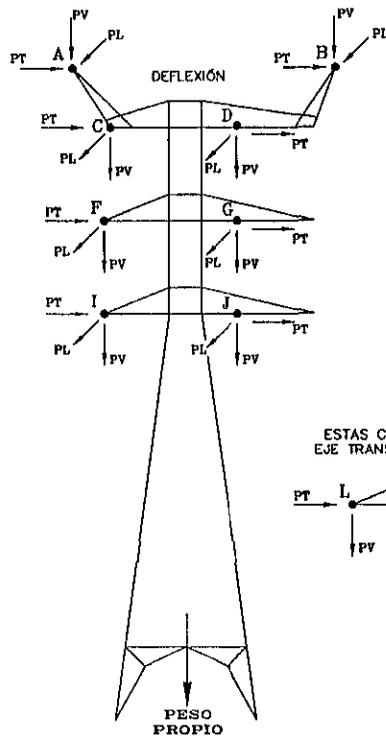
(PL) Carga longitudinal.

PL = 100% de la tensión longitudinal del cable y por su factor correspondiente, cuando exista carga longitudinal.

Los diagramas y las tablas que a continuación se presentan, son el cálculo automático de todas las cargas, para cada condición de carga que se presente, dado que el número de condiciones de carga a las que está sujeta la estructura, es superior a 54 entre las condiciones de Deflexión, Remate.

De entre estas se seleccionaron para su análisis las condiciones con más riesgo de ocurrir en la vida útil de la estructura y las que tienen gran probabilidad de presentarse, cuando la torre se encuentre en servicio, estas son 25 y están descritas en el punto VI.3.5 - a).

Estas cargas son las que se deben aplicar en cada uno de los puntos descritos en los diagramas de cargas (figuras 33 y 34) y están ejemplificadas con un ejemplo para cuando la estructura se encuentre en una condición normal en deflexión con viento medio, como se indicó anteriormente, con sus respectivas cargas verticales, transversales y longitudinales así como también el cálculo de las cargas de sus cadenas adicionales.



DEFLEXIÓN

L.T. 400 kv. 2 CIRCUITOS
3 CONDUCTORES POR FASE
USO: 50' / 450 / 600 m.

REMATE

L.T. 400 kv. 2 CIRCUITOS
3 CONDUCTORES POR FASE
USO: 15' / 450 / 600 m.

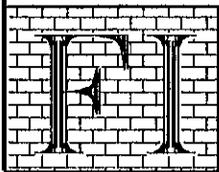
NOTAS:

- LAS CARGAS ESTAN AFECTADAS POR SU FACTOR CORRESPONDIENTE Y SE INDICAN EN LAS TABLAS SIGUIENTES
- PESO PROPIO POR 1.1

SIMBOLOGIA

PT : TRANSVERSAL
PL : LONGITUDINAL
PV : VERTICAL

FIGURA 33



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

AREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No. CUENTA	FECHA	PROYECTO:	TESIS PROFESIONAL
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-B	AGOSTO 1998	TITULO:	DIAGRAMAS DE CARGAS PARA TORRE 4PFS

COMBINACIONES DE CARGA PARA TORRE 4PR3 DE DEFLEXIÓN

L. T. LAZARO CARDENAS - DONATO GUERRA - SAN BERNABE

400 kv. 2 CIRCUITOS, 3 CONDUCTORES POR FASE

USO: 50° / 450 / 600 m.

HOJA 1 DE 3

CONDICIÓN DE CARGA	P V TORRE kg/m ²	CARGAS EN NUDO A kg.			CARGAS EN NUDO B kg.			CARGAS EN NUDO C kg.			CARGAS EN NUDO D kg.		
		V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L
1 NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	310	1728		310	1728		5129	16210		5129	16210	
NORMAL CON VIENTO MAXIMO	433	310	1728		310	1728		5129	16205		5129	16205	
2 ROTURA DE HILO DE GUARDA (A)	318	310	789	1375	310	1577		5129	15086		5129	15086	
3 ROTURA DE HILO DE GUARDA (B)	318	310	1577		310	789	1375	5129	15086		5129	15086	
4 ROTURA DE CONDUCTOR (C)	318	310	1577		310	1577		5129	12616	4730	5129	15086	
5 ROTURA DE CONDUCTOR (D)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		5129	12616	4730
6 ROTURA DE CONDUCTOR (E)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		5129	15086	
7 ROTURA DE CONDUCTOR (F)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		5129	15086	
8 ROTURA DE CONDUCTOR (G)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		5129	15086	
9 ROTURA DE CONDUCTOR (H)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		5129	15086	
10 ROTURA DE CONDUCTOR (I)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		5129	15086	
11 ROTURA DE CONDUCTOR (J)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		5129	15086	
12 ROTURA DE CONDUCTOR (K)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		5129	15086	
13 NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	108	665	1404		665	1404		8405	13349		8405	13349	
14 ROTURA HILO DE GUARDA CON HIELO (A)	79	488	670	1375	488	1340		6164	12988		6164	12988	
15 ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (C)	79	488	1340		488	1340		6164	10834	4730	6164	12988	
16 ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (D)	79	488	1340		488	1340		6164	12988		6164	10834	4730
17 ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (E)	79	488	1340		488	1340		6164	12988		6164	12988	
18 MANIOBRA EN HILO DE GUARDA (A)	79	810	633	1375	310	1266		5129	12767		5129	12767	
19 MANIOBRA EN CONDUCTOR (C)	79	310	1266		310	1266		5829	10650	4730	5129	12767	
20 MANIOBRA EN CONDUCTOR (D)	79	310	1266		310	1266		5129	12767		5829	10650	4730
21 MANIOBRA EN CONDUCTOR (E)	79	310	1266		310	1266		5129	12767		5129	12767	

COMBINACIONES DE CARGA PARA TORRE 4PR3 DE REMATE

L. T. LAZARO CARDENAS - DONATO GUERRA - SAN BERNABE

400 kV. 2 CIRCUITOS, 3 CONDUCTORES POR FASE

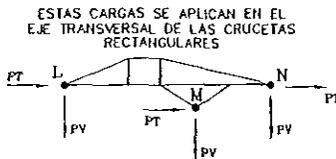
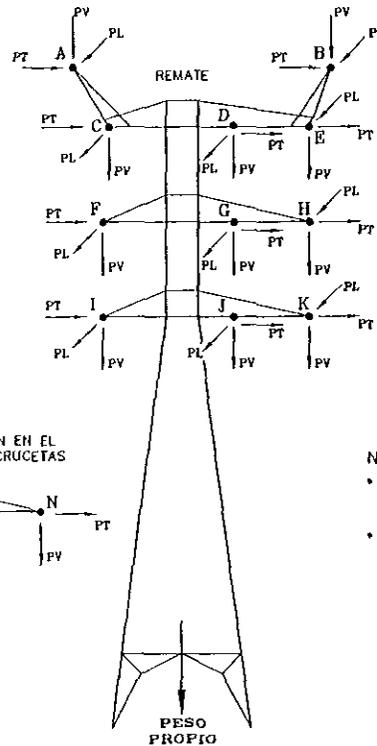
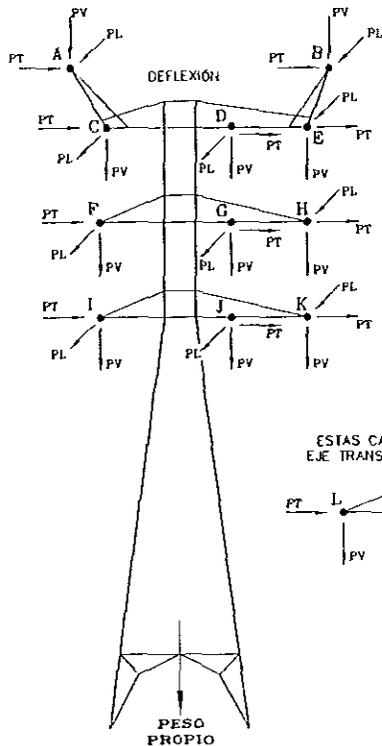
USO: 15° / 450 / 600 m.

HOJA 1 DE 1

CONDICIÓN DE CARGA	P.V.TORRE kg/m ²	CARGAS EN NUDO A kg.			CARGAS EN NUDO B kg.			CARGAS EN NUDO C kg.			CARGAS EN NUDO D kg.		
		V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L
NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	310	978	1375	310	978	1375	5129	8283	14190	5129	8283	14190
NORMAL CON VIENTO MÁXIMO	433	310	977	1375	310	977	1375	5129	8277	14190	5129	8277	14190
NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	108	665	624	1375	665	624	1375	8405	5178	14190	8405	5178	14190

CONDICIÓN DE CARGA	P.V.TORRE kg/m ²	CARGAS EN NUDO F kg.			CARGAS EN NUDO G kg.			CARGAS EN NUDO I kg.			CARGAS EN NUDO J kg.		
		V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L
NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	5129	8283	14190	5129	8283	14190	5129	8283	14190	5129	8283	14190
NORMAL CON VIENTO MÁXIMO	433	5129	8277	14190	5129	8277	14190	5129	8277	14190	5129	8277	14190
NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	108	8405	5178	14190	8405	5178	14190	8405	5178	14190	8405	5178	14190

CONDICIÓN DE CARGA	P.V.TORRE kg/m ²	NUDO L kg.		NUDO M kg.	
		V	T	V	T
NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	314	399	320	328
NORMAL CON VIENTO MÁXIMO	433	314	398	320	327
NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	108	468	116	444	85



DEFLECCIÓN

L.T. 400 kV 1 CIRCUITO
3 CONDUCTORES POR FASE

L.T. 230 kV. 2 CIRCUITOS
1 CONDUCTOR POR FASE

USO. 50' / 450 / 600 m.

REMATE

L.T. 400 kV 1 CIRCUITO
3 CONDUCTORES POR FASE

L.T. 230 kV. 2 CIRCUITOS
1 CONDUCTOR POR FASE

USO. 15' / 450 / 600 m.

NOTAS:

- LAS CARGAS ESTAN AFECTADAS POR SU FACTOR CORRESPONDIENTE Y SE INDICAN EN LAS TABLAS SIGUIENTES
- PESO PROPIO POR 11

SIMBOLOGIA

PT : TRANSVERSAL
PL : LONGITUDINAL
PV : VERTICAL

FIGURA 34

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

ÁREA	INGENIERÍA DE DISEÑO	No CUENTA	FECHA	PROYECTO.	TESIS PROFESIONAL
DIBUJO	César Limones Estévez	8323891-8	AGOSTO 1998	TITULO.	DIAGRAMAS DE CARGAS PARA TORRE 4PR3

COMBINACIONES DE CARGA PARA TORRE 4PR3 DE DEFLEXIÓN

L. T. LAZARO GARDENAS · DONATO GUERRA · SAN BERNABE

400 kV. 1 CIRCUITO, 3 CONDUCTORES POR FASE Y

230 kV. 2 CIRCUITOS, 1 CONDUCTOR POR FASE

USO: 50° / 450 / 600 m.

HOJA 1 DE 3

CONDICIÓN DE CARGA	P.V.TORRE kg/m ²	CARGAS EN NUDO A kg.			CARGAS EN NUDO B kg.			CARGAS EN NUDO C kg.			CARGAS EN NUDO D kg.			CARGAS EN NUDO E kg.		
		V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L
16 NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	310	1728		310	1728		5129	16210		1827	5543		1827	5543	
NORMAL CON VIENTO MÁXIMO	433	310	1728		310	1728		5129	16205		1827	5542		1827	5542	
17 ROTURA DE HILO DE GUARDA (A)	318	310	789	1375	310	1577		5129	15086		1827	5131		1827	5131	
18 ROTURA DE HILO DE GUARDA (B)	318	310	1577		310	789	1375	5129	15086		1827	5131		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (C)	318	310	1577		310	1577		5129	12616	4730	1827	5131		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (D)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		1827	2662	4730	1827	5131	
19 ROTURA DE CONDUCTOR (E)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		1827	5131		1827	2662	4730
ROTURA DE CONDUCTOR (F)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		1827	5131		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (G)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		1827	5131		1827	5131	
20 ROTURA DE CONDUCTOR (H)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		1827	5131		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (I)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		1827	5131		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (J)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		1827	5131		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (K)	318	310	1577		310	1577		5129	15086		1827	5131		1827	5131	
NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	108	665	1401		665	1401		8405	13119		2962	4185		2962	4185	
ROTURA HILO DE GUARDA CON HIELO (A)	79	488	670	1375	488	1140		6161	12988		2172	4355	4730	2172	4355	
ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (C)	79	488	1340		488	1340		6161	10834	4730	2172	4355		2172	4355	
ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (D)	79	488	1340		488	1340		6161	12988		2172	2201	4730	2172	4355	
ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (E)	79	488	1340		488	1340		6161	12988		2172	4355		2172	2201	4730
MANIOBRA EN HILO DE GUARDA (A)	79	810	631	1375	310	1266		5129	12767		1827	4281		1827	4281	
MANIOBRA EN CONDUCTOR (C)	79	310	1266		310	1266		5829	10650	4730	1827	4281		1827	4281	
MANIOBRA EN CONDUCTOR (D)	79	310	1266		310	1266		5129	12767		2527	2165	4730	2527	2165	
21 MANIOBRA EN CONDUCTOR (E)	79	310	1266		310	1266		5129	12767		1827	4281		2527	2165	4730
NORMAL VIENTO MEDIO UN CIRCUITO	434	310	1728		310	1728		5129	16210							
NORMAL HILO Y VIENTO REDUCIDO UN CIRCUITO	108	665	1401		665	1401		8405	13119							

906

COMBINACIONES DE CARGA PARA TORRE 4PR3 DE DEFLEXIÓN

L. T. LAZARO CARDENAS - DONATO GUERRA - SAN BERNABE

400 kv. 1 CIRCUITO, 3 CONDUCTORES POR FASE Y

230 Kv. 2 CIRCUITOS, 1 CONDUCTOR POR FASE

USO: 50° / 450 / 600 m.

HOJA 2 DE 3

CONDICIÓN DE CARGA	P V.TORRE kg/m2	CARGAS EN NUDO F kg.			CARGAS EN NUDO G kg.			CARGAS EN NUDO H kg.			CARGAS EN NUDO I kg.			CARGAS EN NUDO J kg.		
		V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L
NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	5129	16210		1827	5543		1827	5543		5129	16210		1827	5543	
NORMAL CON VIENTO MÁXIMO	433	5129	16205		1827	5542		1827	5542		5129	16205		1827	5542	
ROTURA DE HILO DE GUARDA (A)	318	5129	15086		1827	5131		1827	5131		5129	15086		1827	5131	
ROTURA DE HILO DE GUARDA (B)	318	5129	15086		1827	5131		1827	5131		5129	15086		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (C)	318	5129	15086		1827	5131		1827	5131		5129	15086		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (D)	318	5129	15086		1827	5131		1827	5131		5129	15086		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (E)	318	5129	15086		1827	2662	4730	1827	5131		5129	15086		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (F)	318	5129	12616	4730	1827	5131		1827	5131		5129	15086		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (G)	318	5129	15086		1827	5131		1827	5131		5129	15086		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (H)	318	5129	15086		1827	5131		1827	2662	4730	5129	15086		1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (I)	318	5129	15086		1827	5131		1827	5131		5129	12616	4730	1827	5131	
ROTURA DE CONDUCTOR (J)	318	5129	15086		1827	5131		1827	5131		5129	15086		1827	2662	4730
ROTURA DE CONDUCTOR (K)	318	5129	15086		1827	5131		1827	5131		5129	15086		1827	5131	
NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	108	8405	13349		2962	4485		2962	4485		8405	13349		2962	4485	
ROTURA HILO DE GUARDA CON HIELO (A)	79	6164	12988		2172	4355		2172	4355		6164	12988		2172	4355	
ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (C)	79	6164	12988		2172	4355		2172	4355		6164	12988		2172	4355	
ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (D)	79	6164	12988		2172	4355		2172	4355		6164	12988		2172	4355	
ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (E)	79	6164	12988		2172	2201	4730	2172	4355		6164	12988		2172	4355	
MANIOBRA EN HILO DE GUARDA (A)	79	5129	12767		1827	4281		1827	4281		5129	12767		1827	4281	
MANIOBRA EN CONDUCTOR (C)	79	5829	12767		1827	4281		1827	4281		5129	12767		1827	4281	
MANIOBRA EN CONDUCTOR (D)	79	5129	12767		1827	4281		1827	4281		5129	12767		1827	4281	
MANIOBRA EN CONDUCTOR (E)	79	5129	12767		1827	4281		1827	4281		5129	12767		1827	4281	
NORMAL VIENTO MEDIO UN CIRCUITO	434	5129	16210								5129	16210				
NORMAL HIELO Y VIENTO REDUCIDO UN CIRCUITO	108	8405	13349								8405	13349				

917

COMBINACIONES DE CARGA PARA TORRE 4PR3 DE DEFLEXION

L. T. LAZARO CARDENAS - DONATO GUERRA - SAN BERNABE

400 kv. 1 CIRCUITO, 3 CONDUCTORES POR FASE Y

230 Kv. 2 CIRCUITOS, 1 CONDUCTOR POR FASE

USO: 50° / 450 / 600 m.
HOJA 3 DE 3

CONDICIÓN DE CARGA	P.V.TORRE kg/m ²	CARGAS EN NUDO K kg.			NUDO L kg.		NUDO M kg.		NUDO N kg.	
		V	T	L	V	T	V	T	V	T
NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	1827	5543		314	399	320	328	171	186
NORMAL CON VIENTO MÁXIMO	433	1827	5542		314	398	320	327	171	186
ROTURA DE HILO DE GUARDA (A)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE HILO DE GUARDA (B)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE CONDUCTOR (C)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE CONDUCTOR (D)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE CONDUCTOR (E)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE CONDUCTOR (F)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE CONDUCTOR (G)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE CONDUCTOR (H)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE CONDUCTOR (I)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE CONDUCTOR (J)	318	1827	5131		314	292	320	240	171	136
ROTURA DE CONDUCTOR (K)	318	1827	2662	4730	314	292	320	240	171	136
NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	108	2962	4485		468	116	444	85	242	50
ROTURA HILO DE GUARDA CON HIELO (A)	79	2172	4355		343	85	326	63	171	37
ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (C)	79	2172	4355		343	85	326	63	171	37
ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (D)	79	2172	4355		343	85	326	63	171	37
ROTURA DE CONDUCTOR CON HIELO (E)	79	2172	4355		343	85	326	63	171	37
MANIOBRA EN HILO DE GUARDA (A)	79	1827	4281		314	73	320	60	171	34
MANIOBRA EN CONDUCTOR (C)	79	1827	4281		314	73	320	60	171	34
MANIOBRA EN CONDUCTOR (D)	79	1827	4281		314	73	320	60	171	34
MANIOBRA EN CONDUCTOR (E)	79	1827	4281		314	73	320	60	171	34
NORMAL VIENTO MEDIO UN CIRCUITO	434				314	399				
NORMAL HIELO Y VIENTO REDUCIDO UN CIRCUITO	108				468	116				

923

COMBINACIONES DE CARGA PARA TORRE 4PR3 DE REMATE

L. T. LAZARO CARDENAS · DONATO GUERRA · SAN BERNABE

409 kv. 1 CIRCUITO, 3 CONDUCTORES POR FASE Y

230 Kv. 2 CIRCUITOS, 1 CONDUCTOR POR FASE

USO: 15° / 450 / 600 m.

HOJA 1 DE 1

CONDICIÓN DE CARGA	P.V.TORRE kg/m ²	CARGAS EN NUDO A kg.			CARGAS EN NUDO B kg.			CARGAS EN NUDO C kg.			CARGAS EN NUDO D kg.			CARGAS EN NUDO E kg.		
		V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L
NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	310	978	1375	310	978	1375	5129	8283	14190	1827	2901	4730	1827	2901	4730
NORMAL CON VIENTO MAXIMO	433	310	977	1375	310	977	1375	5129	8277	14190	1827	2899	4730	1827	2899	4730
NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	318	665	624	1375	665	624	1375	8405	5178	14190	2962	1761	4730	2962	1761	4730
NORMAL VIENTO MEDIO UN CIRCUITO	108	310	978	1375	310	978	1375	5129	8283	14190						
NORMAL HIELO Y VIENTO REDUCIDO UN CIRCUITO	318	665	624	1375	665	624	1375	8405	5178	14190						

CONDICIÓN DE CARGA	P.V.TORRE kg/m ²	CARGAS EN NUDO F kg.			CARGAS EN NUDO G kg.			CARGAS EN NUDO H kg.			CARGAS EN NUDO I kg.			CARGAS EN NUDO J kg.		
		V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L	V	T	L
NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	5129	8283	14190	1827	2901	4730	1827	2901	4730	5129	8283	14190	1827	2901	4730
NORMAL CON VIENTO MAXIMO	433	5129	8277	14190	1827	2899	4730	1827	2899	4730	5129	8277	14190	1827	2899	4730
NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	318	8405	5178	14190	2962	1761	4730	2962	1761	4730	8405	5178	14190	2962	1761	4730
NORMAL VIENTO MEDIO UN CIRCUITO	108	5129	8283	14190							5129	8283	14190			
NORMAL HIELO Y VIENTO RED UN CIRCUITO	318	8405	5178	14190							8405	5178	14190			

CONDICIÓN DE CARGA	P.V.TORRE kg/m ²	CARGAS EN NUDO K kg.			NUDO L kg.		NUDO M kg.		NUDO N kg.	
		V	T	L	V	T	V	T	V	T
NORMAL CON VIENTO MEDIO	434	1827	2901	4730	314	399	320	328	171	186
NORMAL CON VIENTO MAXIMO	433	1827	2899	4730	314	398	320	327	171	186
NORMAL CON HIELO Y VIENTO REDUCIDO	318	2962	1761	4730	468	116	444	85	242	50
NORMAL VIENTO MEDIO UN CIRCUITO	108				314	399				
NORMAL HIELO Y VIENTO REDUCIDO UN CIRCUITO	318				468	116				

933

VI.3.5 CÁLCULO POR COMPUTADORA. (Datos de entrada)

Como resultado de la resolución por computadora, se obtendrán los siguientes resultados.

- a) Listado de la coordenadas, topología de la estructura y cargas exteriores. (Ver V.3)**

- b) Esfuerzos en cada una de las barras y desplazamientos de cada nudo de la estructura, para cada hipótesis, resultados. (salida de computadora)**
Documento parcial

- c) Resumen de la envolvente de las solicitaciones por barra.**
Documento parcial

ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA TORRE 4PR3 DE 400 / 230 / 115 Kv
 PARA LA L. T. LAZARO CÁRDENAS - DONATO - GUERRA - SAN BERNABÉ
 PARA PROYECTO DE TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
 DATOS PARA "VIENTO POSITIVO" Y "VIENTO NEGATIVO"
 SYSTEM
 L=25

ANALIZO CÉSAR LIMONES ESTÉVEZ

JOINTS

1	X#	-763,16	Y#	0,00	Z#	763,16	APOYO
2	X#	-657,89	Y#	800,00	Z#	657,89	
3	X#	-592,11	Y#	1300,00	Z#	592,11	
4	X#	-526,32	Y#	1800,00	Z#	526,32	
5	X#	-460,53	Y#	2300,00	Z#	460,53	
6	X#	-394,74	Y#	2800,00	Z#	394,74	
7	X#	-328,95	Y#	3300,00	Z#	328,95	
8	X#	-273,68	Y#	3720,00	Z#	273,68	
9	X#	-228,95	Y#	4060,00	Z#	228,95	
10	X#	-191,45	Y#	4345,00	Z#	191,45	
11	X#	-175,00	Y#	4470,00	Z#	175,00	
12	X#	763,16	Y#	0,00	Z#	763,16	APOYO
13	X#	657,89	Y#	800,00	Z#	657,89	
14	X#	592,11	Y#	1300,00	Z#	592,11	
15	X#	526,32	Y#	1800,00	Z#	526,32	
16	X#	460,53	Y#	2300,00	Z#	460,53	
17	X#	394,74	Y#	2800,00	Z#	394,74	
18	X#	328,95	Y#	3300,00	Z#	328,95	
19	X#	273,68	Y#	3720,00	Z#	273,68	
20	X#	228,95	Y#	4060,00	Z#	228,95	
21	X#	191,45	Y#	4345,00	Z#	191,45	
22	X#	175,00	Y#	4470,00	Z#	175,00	
23	X#	763,16	Y#	0,00	Z#	-763,16	APOYO
24	X#	657,89	Y#	800,00	Z#	-657,89	
25	X#	592,11	Y#	1300,00	Z#	-592,11	
26	X#	526,32	Y#	1800,00	Z#	-526,32	
27	X#	460,53	Y#	2300,00	Z#	-460,53	
28	X#	394,74	Y#	2800,00	Z#	-394,74	
29	X#	328,95	Y#	3300,00	Z#	-328,95	
30	X#	273,68	Y#	3720,00	Z#	-273,68	
31	X#	228,95	Y#	4060,00	Z#	-228,95	
32	X#	191,45	Y#	4345,00	Z#	-191,45	
33	X#	175,00	Y#	4470,00	Z#	-175,00	
34	X#	-763,16	Y#	0,00	Z#	-763,16	APOYO
35	X#	-657,89	Y#	800,00	Z#	-657,89	
36	X#	-592,11	Y#	1300,00	Z#	-592,11	
37	X#	-526,32	Y#	1800,00	Z#	-526,32	
38	X#	-460,53	Y#	2300,00	Z#	-460,53	
39	X#	-394,74	Y#	2800,00	Z#	-394,74	
40	X#	-328,95	Y#	3300,00	Z#	-328,95	
41	X#	-273,68	Y#	3720,00	Z#	-273,68	
42	X#	-228,95	Y#	4060,00	Z#	-228,95	
43	X#	-191,45	Y#	4345,00	Z#	-191,45	
44	X#	-175,00	Y#	4470,00	Z#	-175,00	
50	X#	-447,89	Y#	580,00	Z#	686,84	
51	X#	447,89	Y#	580,00	Z#	686,84	
52	X#	686,84	Y#	580,00	Z#	447,89	
53	X#	686,84	Y#	580,00	Z#	-447,89	
54	X#	447,89	Y#	580,00	Z#	-686,84	
55	X#	-447,89	Y#	580,00	Z#	-686,84	
56	X#	-686,84	Y#	580,00	Z#	-447,89	
57	X#	-686,84	Y#	580,00	Z#	447,89	
80	X#	-438,60	Y#	800,00	Z#	657,89	
81	X#	0,00	Y#	800,00	Z#	657,89	
82	X#	438,60	Y#	800,00	Z#	657,89	
83	X#	657,89	Y#	800,00	Z#	438,60	
84	X#	657,89	Y#	800,00	Z#	0,00	
85	X#	657,89	Y#	800,00	Z#	-438,60	
86	X#	438,60	Y#	800,00	Z#	-657,89	
87	X#	0,00	Y#	800,00	Z#	-657,89	
88	X#	-438,60	Y#	800,00	Z#	-657,89	
89	X#	-657,89	Y#	800,00	Z#	-657,89	
90	X#	-657,89	Y#	800,00	Z#	-438,60	
91	X#	-657,89	Y#	800,00	Z#	0,00	
92	X#	-246,71	Y#	800,00	Z#	438,60	
93	X#	246,71	Y#	800,00	Z#	575,66	
94	X#	575,66	Y#	800,00	Z#	575,66	
95	X#	575,66	Y#	800,00	Z#	246,71	
96	X#	246,71	Y#	800,00	Z#	-246,71	
97	X#	-246,71	Y#	800,00	Z#	-575,66	
98	X#	-575,66	Y#	800,00	Z#	-575,66	
99	X#	-575,66	Y#	800,00	Z#	-246,71	
100	X#	-493,42	Y#	800,00	Z#	246,71	
101	X#	493,42	Y#	800,00	Z#	493,42	
102	X#	493,42	Y#	800,00	Z#	493,42	
103	X#	-493,42	Y#	800,00	Z#	-493,42	

110	X=	0,00	Y=	4470,00	Z=	175,00
111	X=	175,00	Y=	4470,00	Z=	0,00
112	X=	0,00	Y=	4470,00	Z=	-175,00
113	X=	-175,00	Y=	4470,00	Z=	0,00
114	X=	-87,50	Y=	4470,00	Z=	87,50
115	X=	87,50	Y=	4470,00	Z=	87,50
116	X=	87,50	Y=	4470,00	Z=	-87,50
117	X=	-87,50	Y=	4470,00	Z=	-87,50
120	X=	0,00	Y=	5495,00	Z=	175,00
121	X=	175,00	Y=	5495,00	Z=	0,00
122	X=	0,00	Y=	5495,00	Z=	-175,00
123	X=	-175,00	Y=	5495,00	Z=	0,00
124	X=	-87,50	Y=	5495,00	Z=	87,50
125	X=	87,50	Y=	5495,00	Z=	87,50
126	X=	87,50	Y=	5495,00	Z=	-87,50
127	X=	-87,50	Y=	5495,00	Z=	-87,50
130	X=	0,00	Y=	6520,00	Z=	175,00
131	X=	175,00	Y=	6520,00	Z=	0,00
132	X=	0,00	Y=	6520,00	Z=	-175,00
133	X=	-175,00	Y=	6520,00	Z=	0,00
134	X=	-87,50	Y=	6520,00	Z=	87,50
135	X=	87,50	Y=	6520,00	Z=	87,50
136	X=	87,50	Y=	6520,00	Z=	-87,50
137	X=	-87,50	Y=	6520,00	Z=	-87,50
150	X=	-175,00	Y=	4760,00	Z=	175,00
151	X=	-175,00	Y=	5005,00	Z=	175,00
152	X=	-175,00	Y=	5250,00	Z=	175,00
153	X=	-175,00	Y=	5495,00	Z=	175,00
154	X=	-175,00	Y=	5785,00	Z=	175,00
155	X=	-175,00	Y=	6030,00	Z=	175,00
156	X=	-175,00	Y=	6275,00	Z=	175,00
157	X=	-175,00	Y=	6520,00	Z=	175,00
158	X=	-175,00	Y=	6810,00	Z=	175,00
159	X=	175,00	Y=	4760,00	Z=	175,00
160	X=	175,00	Y=	5005,00	Z=	175,00
161	X=	175,00	Y=	5250,00	Z=	175,00
162	X=	175,00	Y=	5495,00	Z=	175,00
163	X=	175,00	Y=	5785,00	Z=	175,00
164	X=	175,00	Y=	6030,00	Z=	175,00
165	X=	175,00	Y=	6275,00	Z=	175,00
166	X=	175,00	Y=	6520,00	Z=	175,00
167	X=	175,00	Y=	6810,00	Z=	175,00
168	X=	175,00	Y=	4760,00	Z=	-175,00
169	X=	175,00	Y=	5005,00	Z=	-175,00
170	X=	175,00	Y=	5250,00	Z=	-175,00
171	X=	175,00	Y=	5495,00	Z=	-175,00
172	X=	175,00	Y=	5785,00	Z=	-175,00
173	X=	175,00	Y=	6030,00	Z=	-175,00
174	X=	175,00	Y=	6275,00	Z=	-175,00
175	X=	175,00	Y=	6520,00	Z=	-175,00
176	X=	175,00	Y=	6810,00	Z=	-175,00
177	X=	-175,00	Y=	4760,00	Z=	-175,00
178	X=	-175,00	Y=	5005,00	Z=	-175,00
179	X=	-175,00	Y=	5250,00	Z=	-175,00
180	X=	-175,00	Y=	5495,00	Z=	-175,00
181	X=	-175,00	Y=	5785,00	Z=	-175,00
182	X=	-175,00	Y=	6030,00	Z=	-175,00
183	X=	-175,00	Y=	6275,00	Z=	-175,00
184	X=	-175,00	Y=	6520,00	Z=	-175,00
185	X=	-175,00	Y=	6810,00	Z=	-175,00
200	X=	-875,00	Y=	4470,00	Z=	91,65
201	X=	-675,00	Y=	4470,00	Z=	115,48
202	X=	-425,00	Y=	4470,00	Z=	145,23
203	X=	355,00	Y=	4470,00	Z=	156,56
204	X=	535,00	Y=	4470,00	Z=	138,11
205	X=	715,00	Y=	4470,00	Z=	119,67
206	X=	895,00	Y=	4470,00	Z=	101,23
207	X=	1045,00	Y=	4470,00	Z=	85,86
208	X=	1195,00	Y=	4470,00	Z=	70,49
209	X=	1325,00	Y=	4470,00	Z=	57,17
210	X=	1395,00	Y=	4470,00	Z=	50,00
211	X=	1395,00	Y=	4470,00	Z=	-50,00
212	X=	1325,00	Y=	4470,00	Z=	-57,17
213	X=	1195,00	Y=	4470,00	Z=	-70,49
214	X=	1045,00	Y=	4470,00	Z=	-85,86
215	X=	895,00	Y=	4470,00	Z=	-101,23
216	X=	715,00	Y=	4470,00	Z=	-119,67
217	X=	535,00	Y=	4470,00	Z=	-138,11
218	X=	355,00	Y=	4470,00	Z=	-156,56
219	X=	-425,00	Y=	4470,00	Z=	-145,23
220	X=	-675,00	Y=	4470,00	Z=	-115,48
221	X=	-875,00	Y=	4470,00	Z=	-91,65
222	X=	1395,00	Y=	4470,00	Z=	0,00
223	X=	895,00	Y=	4470,00	Z=	0,00

224	X=	355,00	Y=	4717,20	Z=	156,56
225	X=	535,00	Y=	4674,40	Z=	138,11
226	X=	715,00	Y=	4631,60	Z=	119,67
227	X=	895,00	Y=	4588,90	Z=	101,23
228	X=	895,00	Y=	4588,90	Z=	-101,23
229	X=	715,00	Y=	4631,60	Z=	-119,67
230	X=	535,00	Y=	4674,40	Z=	-138,11
231	X=	355,00	Y=	4717,20	Z=	-156,56
232	X=	535,00	Y=	4470,00	Z=	0,00
240	X=	-875,00	Y=	5495,00	Z=	91,69
241	X=	-675,00	Y=	5495,00	Z=	115,46
242	X=	-425,00	Y=	5495,00	Z=	145,23
243	X=	355,00	Y=	5495,00	Z=	156,56
244	X=	535,00	Y=	5495,00	Z=	138,11
245	X=	715,00	Y=	5495,00	Z=	119,67
246	X=	895,00	Y=	5495,00	Z=	101,23
247	X=	1045,00	Y=	5495,00	Z=	85,86
248	X=	1195,00	Y=	5495,00	Z=	70,49
249	X=	1325,00	Y=	5495,00	Z=	57,17
250	X=	1395,00	Y=	5495,00	Z=	50,00
251	X=	1395,00	Y=	5495,00	Z=	-50,00
252	X=	1325,00	Y=	5495,00	Z=	-57,17
253	X=	1195,00	Y=	5495,00	Z=	-70,49
254	X=	1045,00	Y=	5495,00	Z=	-85,86
255	X=	895,00	Y=	5495,00	Z=	-101,23
256	X=	715,00	Y=	5495,00	Z=	-119,67
257	X=	535,00	Y=	5495,00	Z=	-138,11
258	X=	355,00	Y=	5495,00	Z=	-156,56
259	X=	-425,00	Y=	5495,00	Z=	-145,23
260	X=	-675,00	Y=	5495,00	Z=	-115,46
261	X=	-875,00	Y=	5495,00	Z=	-91,65
262	X=	1395,00	Y=	5495,00	Z=	0,00
263	X=	895,00	Y=	5495,00	Z=	0,00
264	X=	355,00	Y=	5742,20	Z=	156,56
265	X=	535,00	Y=	5699,40	Z=	138,11
266	X=	715,00	Y=	5656,60	Z=	119,67
267	X=	895,00	Y=	5613,90	Z=	101,23
268	X=	895,00	Y=	5613,90	Z=	-101,23
269	X=	715,00	Y=	5656,60	Z=	-119,67
270	X=	535,00	Y=	5699,40	Z=	-138,11
271	X=	355,00	Y=	5742,20	Z=	-156,56
272	X=	535,00	Y=	5495,00	Z=	0,00
280	X=	-805,00	Y=	6520,00	Z=	100,00
281	X=	-705,00	Y=	6520,00	Z=	111,90
282	X=	-565,00	Y=	6520,00	Z=	128,57
283	X=	-370,00	Y=	6520,00	Z=	151,79
284	X=	355,00	Y=	6520,00	Z=	156,56
285	X=	535,00	Y=	6520,00	Z=	138,11
286	X=	715,00	Y=	6520,00	Z=	119,67
287	X=	895,00	Y=	6520,00	Z=	101,23
288	X=	1045,00	Y=	6520,00	Z=	85,86
289	X=	1195,00	Y=	6520,00	Z=	70,49
290	X=	1325,00	Y=	6520,00	Z=	57,17
291	X=	1395,00	Y=	6520,00	Z=	50,00
292	X=	1395,00	Y=	6520,00	Z=	-50,00
293	X=	1325,00	Y=	6520,00	Z=	-57,17
294	X=	1195,00	Y=	6520,00	Z=	-70,49
295	X=	1045,00	Y=	6520,00	Z=	-85,86
296	X=	895,00	Y=	6520,00	Z=	-101,23
297	X=	715,00	Y=	6520,00	Z=	-119,67
298	X=	535,00	Y=	6520,00	Z=	-138,11
299	X=	355,00	Y=	6520,00	Z=	-156,56
300	X=	-370,00	Y=	6520,00	Z=	-151,79
301	X=	-565,00	Y=	6520,00	Z=	-128,57
302	X=	-705,00	Y=	6520,00	Z=	-111,90
303	X=	-805,00	Y=	6520,00	Z=	-100,00
304	X=	-805,00	Y=	6520,00	Z=	0,00
305	X=	535,00	Y=	6520,00	Z=	0,00
306	X=	895,00	Y=	6520,00	Z=	0,00
307	X=	1395,00	Y=	6520,00	Z=	0,00
308	X=	-853,98	Y=	6600,00	Z=	94,17
309	X=	-692,54	Y=	6649,90	Z=	113,39
310	X=	-565,00	Y=	6689,40	Z=	128,57
311	X=	-370,00	Y=	6749,70	Z=	151,79
312	X=	0,00	Y=	6810,00	Z=	175,00
313	X=	355,00	Y=	6782,70	Z=	156,56
314	X=	535,00	Y=	6755,30	Z=	138,11
315	X=	715,00	Y=	6728,00	Z=	119,67
316	X=	895,00	Y=	6700,60	Z=	101,23
317	X=	1086,40	Y=	6671,60	Z=	81,62
318	X=	1277,80	Y=	6642,50	Z=	62,00
319	X=	1431,50	Y=	6620,00	Z=	46,26
320	X=	1431,50	Y=	6620,00	Z=	-46,26
321	X=	1277,80	Y=	6642,50	Z=	-62,00

322	X=	1086,40	Y=	6671,60	Z=	-81,62
323	X=	895,00	Y=	6700,60	Z=	-101,23
324	X=	715,00	Y=	6729,00	Z=	-119,67
325	X=	535,00	Y=	6755,30	Z=	-138,11
326	X=	355,00	Y=	6782,70	Z=	-156,56
327	X=	0,00	Y=	6810,00	Z=	-175,00
328	X=	-370,00	Y=	6749,70	Z=	-151,79
329	X=	-565,00	Y=	6689,40	Z=	-128,57
330	X=	-692,54	Y=	6649,90	Z=	-113,39
331	X=	-853,98	Y=	6600,00	Z=	-94,17
332	X=	-692,54	Y=	6649,90	Z=	0,00
333	X=	-175,00	Y=	6810,00	Z=	0,00
334	X=	175,00	Y=	6810,00	Z=	0,00
335	X=	-1203,00	Y=	7170,00	Z=	0,00
336	X=	1632,00	Y=	7170,00	Z=	0,00

FRAME
NM=12

1	A=96,80	E=2040000					
2	A=10,90						
3	A=5,81						
4	A=4,03						
5	A=9,29						
6	A=3,08						
7	A=4,61						
8	A=7,68						
9	A=23,30						
10	A=15,50						
11	A=5,22						
12	A=0,001						
1	1	2	M= 96,80	500	206	223	M= 4,03
2	12	13	M= 96,80	501	223	215	M= 4,03
3	23	24	M= 96,80	502	246	263	M= 4,03
4	34	35	M= 96,80	503	263	255	M= 4,03
5	2	3	M= 96,80	504	207	214	M= 4,03
6	13	14	M= 96,80	505	247	254	M= 4,03
7	24	25	M= 96,80	506	210	222	M= 4,03
8	35	36	M= 96,80	507	222	211	M= 4,03
9	3	4	M= 96,80	508	250	262	M= 4,03
10	14	15	M= 96,80	509	252	251	M= 4,03
11	25	26	M= 96,80	510	200	220	M= 5,22
12	36	37	M= 96,80	511	201	221	M= 5,22
13	4	5	M= 96,80	512	240	260	M= 5,22
14	15	16	M= 96,80	513	241	261	M= 5,22
15	26	27	M= 96,80	514	201	219	M= 5,22
16	37	38	M= 96,80	515	202	220	M= 5,22
17	5	6	M= 96,80	516	241	259	M= 5,22
18	16	17	M= 96,80	517	242	260	M= 5,22
19	27	28	M= 96,80	518	202	44	M= 5,22
20	38	39	M= 96,80	519	11	219	M= 5,22
21	6	7	M= 96,80	520	242	180	M= 5,22
22	17	18	M= 96,80	521	153	259	M= 5,22
23	28	29	M= 96,80	522	22	218	M= 5,22
24	39	40	M= 96,80	523	33	203	M= 5,22
25	7	8	M= 96,80	524	162	258	M= 5,22
26	18	19	M= 96,80	525	171	243	M= 5,22
27	29	30	M= 96,80	526	203	217	M= 5,22
28	40	41	M= 96,80	527	218	204	M= 5,22
29	8	9	M= 96,80	528	243	257	M= 5,22
30	19	20	M= 96,80	529	258	244	M= 5,22
31	30	31	M= 96,80	530	204	216	M= 5,22
32	41	42	M= 96,80	531	217	205	M= 5,22
33	9	10	M= 96,80	532	244	256	M= 5,22
34	20	21	M= 96,80	533	257	245	M= 5,22
35	31	32	M= 96,80	534	205	215	M= 5,22
36	42	43	M= 96,80	535	216	206	M= 5,22
37	10	11	M= 96,80	536	245	255	M= 5,22
38	21	22	M= 96,80	537	256	246	M= 5,22
39	32	33	M= 96,80	538	223	207	M= 5,22
40	43	44	M= 96,80	539	223	214	M= 5,22
50	10	110	M= 10,90	540	263	247	M= 5,22
51	110	21	M= 10,90	541	263	254	M= 5,22
52	32	112	M= 10,90	542	208	214	M= 5,22
53	112	43	M= 10,90	543	207	213	M= 5,22
54	9	21	M= 10,90	544	248	254	M= 5,22
55	10	20	M= 10,90	545	247	253	M= 5,22
56	31	43	M= 10,90	546	208	212	M= 5,22
57	32	42	M= 10,90	547	213	209	M= 5,22
58	8	20	M= 10,90	548	248	252	M= 5,22
59	9	19	M= 10,90	549	253	249	M= 5,22
60	30	42	M= 10,90	550	209	222	M= 5,22
61	31	41	M= 10,90	551	222	212	M= 5,22
62	7	19	M= 10,90	552	249	262	M= 5,22
63	8	18	M= 10,90	553	262	252	M= 5,22
64	29	41	M= 10,90	570	153	120	M= 10,90

65	30	40	M= 10,90	571	120	162	M= 10,90
66	6	18	M= 10,90	572	171	122	M= 10,90
67	7	17	M= 10,90	573	122	180	M= 10,90
68	28	40	M= 10,90	574	162	121	M= 10,90
69	29	39	M= 10,90	575	121	171	M= 10,90
70	5	17	M= 10,90	576	180	123	M= 10,90
71	6	16	M= 10,90	577	123	163	M= 10,90
72	27	39	M= 10,90	578	123	124	M= 7,68
73	28	38	M= 10,90	579	124	120	M= 7,68
74	4	16	M= 10,90	580	120	125	M= 7,68
75	5	15	M= 10,90	581	125	121	M= 7,68
76	26	38	M= 10,90	582	121	126	M= 7,68
77	27	37	M= 10,90	583	126	122	M= 7,68
78	3	15	M= 10,90	584	122	127	M= 7,68
79	4	14	M= 10,90	585	127	123	M= 7,68
80	25	37	M= 10,90	586	153	124	M= 4,03
81	26	36	M= 10,90	587	182	125	M= 4,03
82	2	14	M= 10,90	588	171	126	M= 4,03
83	3	13	M= 10,90	589	180	127	M= 4,03
84	24	36	M= 10,90	590	124	127	M= 4,03
85	25	35	M= 10,90	591	125	126	M= 4,03
86	21	111	M= 10,90	600	200	150	M= 4,61
87	111	32	M= 10,90	601	221	177	M= 4,61
88	43	113	M= 10,90	602	240	154	M= 4,61
89	113	10	M= 10,90	603	261	181	M= 4,61
90	20	32	M= 10,90	604	22	224	M= 5,22
91	21	31	M= 10,90	605	33	231	M= 5,22
92	42	10	M= 10,90	606	162	264	M= 5,22
93	43	9	M= 10,90	607	171	271	M= 5,22
94	19	31	M= 10,90	608	224	204	M= 5,22
95	20	30	M= 10,90	609	231	217	M= 5,22
96	41	9	M= 10,90	610	264	244	M= 5,22
97	42	8	M= 10,90	611	257	271	M= 5,22
98	18	30	M= 10,90	612	204	225	M= 5,22
99	19	29	M= 10,90	613	217	230	M= 5,22
100	40	8	M= 10,90	614	244	265	M= 5,22
101	41	7	M= 10,90	615	257	270	M= 5,22
102	17	29	M= 10,90	616	204	226	M= 5,22
103	18	28	M= 10,90	617	217	229	M= 5,22
104	39	7	M= 10,90	618	244	266	M= 5,22
105	40	6	M= 10,90	619	257	269	M= 5,22
106	16	28	M= 10,90	620	206	226	M= 5,22
107	17	27	M= 10,90	621	215	229	M= 5,22
108	38	6	M= 10,90	622	246	266	M= 5,22
109	39	5	M= 10,90	623	255	269	M= 5,22
110	15	27	M= 10,90	624	206	227	M= 5,22
111	16	26	M= 10,90	625	215	228	M= 5,22
112	37	5	M= 10,90	626	246	267	M= 5,22
113	38	4	M= 10,90	627	255	268	M= 5,22
114	14	26	M= 10,90	628	225	232	M= 5,22
115	15	25	M= 10,90	629	232	230	M= 5,22
116	36	4	M= 10,90	630	265	272	M= 5,22
117	37	3	M= 10,90	631	272	270	M= 5,22
118	13	25	M= 10,90	632	227	223	M= 5,22
119	14	24	M= 10,90	633	223	228	M= 5,22
120	35	3	M= 10,90	634	267	263	M= 5,22
121	36	2	M= 10,90	635	263	268	M= 5,22
150	1	50	M= 10,90	636	225	230	M= 5,22
151	12	51	M= 10,90	637	265	270	M= 5,22
152	23	54	M= 10,90	638	227	228	M= 5,22
153	34	55	M= 10,90	639	267	268	M= 5,22
154	50	81	M= 10,90	640	159	224	M= 5,22
155	51	81	M= 10,90	641	224	225	M= 5,22
156	54	87	M= 10,90	642	225	228	M= 5,22
157	55	87	M= 10,90	643	228	227	M= 5,22
158	2	50	M= 5,81	644	227	210	M= 5,22
159	51	13	M= 5,81	645	168	231	M= 5,22
160	24	54	M= 5,81	646	231	230	M= 5,22
161	55	35	M= 5,81	647	230	229	M= 5,22
162	12	52	M= 10,90	648	229	228	M= 5,22
163	23	53	M= 10,90	649	228	211	M= 5,22
164	34	56	M= 10,90	650	280	281	M= 15,50
165	1	57	M= 10,90	651	281	282	M= 15,50
166	52	84	M= 10,90	652	282	283	M= 15,50
167	53	84	M= 10,90	653	283	157	M= 15,50
168	56	90	M= 10,90	654	303	302	M= 15,50
169	57	90	M= 10,90	655	302	301	M= 15,50
170	13	52	M= 5,81	656	301	300	M= 15,50
171	53	24	M= 5,81	657	300	184	M= 15,50
172	35	56	M= 5,81	658	166	284	M= 15,50
173	57	2	M= 5,81	659	284	285	M= 15,50
174	57	50	M= 4,03	660	285	286	M= 15,50
175	51	52	M= 4,03	661	286	287	M= 15,50
176	53	54	M= 4,03	662	287	288	M= 15,50

177	55	58	M= 4,03	663	288	289	M= 15,50
200	2	80	M= 10,90	664	289	290	M= 15,50
201	82	13	M= 10,90	665	290	291	M= 15,50
202	24	86	M= 10,90	666	175	299	M= 15,50
203	88	35	M= 10,90	667	299	298	M= 15,50
204	80	81	M= 10,90	668	298	297	M= 15,50
205	81	82	M= 10,90	669	297	296	M= 15,50
206	86	87	M= 10,90	670	296	295	M= 15,50
207	87	88	M= 10,90	671	295	294	M= 15,50
208	13	83	M= 10,90	672	294	293	M= 15,50
209	85	24	M= 10,90	673	293	292	M= 15,50
210	35	89	M= 10,90	674	281	304	M= 5,22
211	2	91	M= 10,90	675	304	302	M= 5,22
212	83	84	M= 10,90	676	302	282	M= 5,22
213	84	85	M= 10,90	677	281	301	M= 5,22
214	89	90	M= 10,90	678	301	283	M= 5,22
215	90	91	M= 10,90	679	282	300	M= 5,22
216	91	100	M= 9,29	680	300	157	M= 5,22
217	100	92	M= 9,29	681	283	184	M= 5,22
218	92	81	M= 9,29	682	175	284	M= 5,22
219	81	93	M= 9,29	683	166	299	M= 5,22
220	93	101	M= 9,29	684	284	296	M= 5,22
221	101	83	M= 9,29	685	299	285	M= 5,22
222	82	101	M= 9,29	686	298	286	M= 5,22
223	101	94	M= 9,29	687	285	297	M= 5,22
224	94	84	M= 9,29	688	286	296	M= 5,22
225	84	95	M= 9,29	689	297	287	M= 5,22
226	95	102	M= 9,29	690	306	288	M= 5,22
227	102	86	M= 9,29	691	306	295	M= 5,22
228	85	102	M= 9,29	692	295	289	M= 5,22
229	102	96	M= 9,29	693	288	294	M= 5,22
230	96	87	M= 9,29	694	294	290	M= 5,22
231	87	97	M= 9,29	695	289	293	M= 5,22
232	97	103	M= 9,29	696	293	307	M= 5,22
233	103	89	M= 9,29	697	290	307	M= 5,22
234	88	103	M= 9,29	698	280	304	M= 4,03
235	103	98	M= 9,29	699	304	303	M= 4,03
236	98	90	M= 9,29	700	285	305	M= 4,03
237	90	99	M= 9,29	701	305	298	M= 4,03
238	99	100	M= 9,29	702	287	306	M= 4,03
239	100	80	M= 9,29	703	306	296	M= 4,03
240	80	92	M= 3,08	704	288	295	M= 4,03
241	82	93	M= 3,08	705	291	307	M= 4,03
242	83	94	M= 3,08	706	307	282	M= 4,03
243	85	95	M= 3,08	720	157	130	M= 10,90
244	86	96	M= 3,08	721	130	166	M= 10,90
245	88	97	M= 3,08	722	175	132	M= 10,90
246	89	98	M= 3,08	723	132	184	M= 10,90
247	91	99	M= 3,08	724	166	131	M= 10,90
248	2	100	M= 3,08	725	131	175	M= 10,90
249	13	101	M= 3,08	726	184	133	M= 10,90
250	24	102	M= 3,08	727	133	157	M= 10,90
251	35	103	M= 3,08	728	133	134	M= 10,90
252	92	93	M= 4,61	729	134	130	M= 10,90
254	96	97	M= 4,61	730	130	125	M= 10,90
270	11	110	M= 10,90	731	135	131	M= 10,90
271	110	22	M= 10,90	732	131	136	M= 10,90
272	33	112	M= 10,90	733	136	132	M= 10,90
273	112	44	M= 10,90	734	132	137	M= 10,90
274	22	111	M= 10,90	735	137	133	M= 10,90
275	111	33	M= 10,90	736	157	134	M= 4,03
276	44	113	M= 10,90	737	166	135	M= 4,03
277	113	11	M= 10,90	738	175	136	M= 4,03
278	113	114	M= 7,68	739	184	137	M= 4,03
279	114	110	M= 7,68	740	134	137	M= 4,03
280	110	115	M= 7,68	741	135	136	M= 4,03
281	115	111	M= 7,68	742	335	308	M= 5,22
282	111	116	M= 7,68	743	308	280	M= 5,22
283	116	112	M= 7,68	744	335	331	M= 5,22
284	112	117	M= 7,68	745	331	303	M= 5,22
285	117	113	M= 7,68	746	280	309	M= 5,22
286	11	114	M= 4,03	747	303	330	M= 5,22
287	22	115	M= 4,03	748	335	309	M= 5,22
288	33	116	M= 4,03	749	309	282	M= 5,22
289	44	117	M= 4,03	750	335	330	M= 5,22
290	114	117	M= 4,03	751	330	301	M= 5,22
291	115	116	M= 4,03	752	282	310	M= 5,22
300	11	150	M= 96,80	753	301	329	M= 5,22
301	22	159	M= 96,80	754	282	311	M= 5,22
302	33	168	M= 96,80	755	310	283	M= 5,22
303	44	177	M= 96,80	756	301	328	M= 5,22
304	150	151	M= 96,80	757	300	329	M= 5,22
305	159	160	M= 96,80	758	283	158	M= 5,22
306	168	169	M= 96,80	759	311	157	M= 5,22

406	181	153	M= 10,90	849	323	317	M= 4,61	
407	161	171	M= 10,90	850	316	322	M= 4,61	
408	162	170	M= 10,90	851	322	318	M= 4,61	
409	179	153	M= 10,90	852	317	321	M= 4,61	
410	160	152	M= 10,90	853	318	320	M= 4,61	
411	160	170	M= 10,90	854	321	319	M= 4,61	
412	161	169	M= 10,90	855	308	331	M= 4,61	
413	178	152	M= 10,90	856	309	332	M= 4,61	
414	179	151	M= 10,90	857	332	330	M= 4,61	
415	159	169	M= 10,90	858	314	325	M= 4,61	
416	160	168	M= 10,90	859	316	323	M= 4,61	
417	177	151	M= 10,90	860	318	321	M= 4,61	
418	178	150	M= 10,90	861	319	320	M= 4,61	
419	22	168	M= 10,90	862	158	312	M= 5,81	
420	159	33	M= 10,90	863	312	167	M= 5,81	
421	44	150	M= 10,90	864	176	327	M= 5,81	
422	177	11	M= 10,90	865	327	185	M= 5,81	
423	154	163	M= 5,81	866	167	334	M= 5,81	
424	150	159	M= 5,81	867	334	176	M= 5,81	
425	172	181	M= 5,81	868	185	333	M= 5,81	
426	168	177	M= 5,81	869	333	158	M= 5,81	
427	163	172	M= 5,81	870	333	312	M= 4,61	
428	159	168	M= 5,81	871	312	334	M= 4,61	
429	181	154	M= 5,81	872	334	327	M= 4,61	
430	177	150	M= 5,81	873	327	333	M= 4,61	
450	200	201	M= 15,50	874	312	327	M= 4,61	
451	201	202	M= 15,50	940	163	264	M= 5,22	
452	202	11	M= 15,50	941	264	265	M= 5,22	
453	221	220	M= 15,50	942	265	266	M= 5,22	
454	220	219	M= 15,50	943	266	267	M= 5,22	
455	219	44	M= 15,50	944	267	250	M= 5,22	
456	240	241	M= 15,50	945	172	271	M= 5,22	
457	241	242	M= 15,50	946	271	270	M= 5,22	
458	242	153	M= 15,50	947	270	269	M= 5,22	
459	261	260	M= 15,50	948	269	268	M= 5,22	
460	260	259	M= 15,50	949	268	251	M= 5,22	
461	259	180	M= 15,50	950	159	231	M= 0,00	: B
462	22	203	M= 15,50	951	224	230	M= 0,00	: A
463	203	204	M= 15,50	952	225	229	M= 0,00	: R
464	204	205	M= 15,50	953	228	228	M= 0,00	: R
465	205	206	M= 15,50	954	227	211	M= 0,00	: A
466	206	207	M= 15,50	955	168	224	M= 0,00	: S
467	207	208	M= 15,50	956	231	225	M= 0,00	
468	208	209	M= 15,50	957	230	226	M= 0,00	: F
469	209	210	M= 15,50	958	229	227	M= 0,00	: I
470	33	218	M= 15,50	959	228	210	M= 0,00	: C
471	218	217	M= 15,50	960	163	271	M= 0,00	: T
472	217	216	M= 15,50	961	264	270	M= 0,00	: I
473	216	215	M= 15,50	962	265	269	M= 0,00	: C
474	215	214	M= 15,50	963	266	268	M= 0,00	: I
475	214	213	M= 15,50	964	267	251	M= 0,00	: A
476	213	212	M= 15,50	965	172	264	M= 0,00	: S
477	212	211	M= 15,50	966	271	265	M= 0,00	
478	162	243	M= 15,50	967	270	266	M= 0,00	
479	243	244	M= 15,50	968	269	267	M= 0,00	
480	244	245	M= 15,50	969	268	250	M= 0,00	
481	245	246	M= 15,50	970	302	332	M= 0,00	
482	246	247	M= 15,50	971	281	332	M= 0,00	
483	247	248	M= 15,50	972	302	330	M= 0,00	
484	248	249	M= 15,50	973	281	309	M= 0,00	
485	249	250	M= 15,50	974	51	55	M= 0,00	
486	171	258	M= 15,50	975	52	56	M= 0,00	
487	258	257	M= 15,50	976	53	57	M= 0,00	
488	257	256	M= 15,50	977	54	50	M= 0,00	
489	256	255	M= 15,50	978	51	56	M= 0,00	
490	255	254	M= 15,50	979	52	55	M= 0,00	
491	254	253	M= 15,50	980	53	50	M= 0,00	
492	253	252	M= 15,50	981	54	57	M= 0,00	
493	252	251	M= 15,50					
494	200	221	M= 4,03	RESTRAINTS	1		R= 1 1 1 1 1 1	
495	240	261	M= 4,03	2	11	1	R= 0 0 0 1 1 1	
496	204	232	M= 4,03		12		R= 1 1 1 1 1 1	
497	232	217	M= 4,03	13	22	1	R= 0 0 0 1 1 1	
498	244	272	M= 4,03		23		R= 1 1 1 1 1 1	
499	272	257	M= 4,03	24	33	1	R= 0 0 0 1 1 1	
					34		R= 1 1 1 1 1 1	
				35	336	1	R= 0 0 0 1 1 1	

LOADS

307	177	178	M= 96,80	760	185	300	M= 5,22
308	151	152	M= 96,80	761	184	328	M= 5,22
309	160	161	M= 96,80	762	166	313	M= 5,22
310	169	170	M= 96,80	763	167	284	M= 5,22
311	178	179	M= 96,80	764	326	175	M= 5,22
312	152	153	M= 96,80	765	299	176	M= 5,22
313	161	162	M= 96,80	766	284	314	M= 5,22
314	170	171	M= 96,80	767	313	285	M= 5,22
315	179	180	M= 96,80	768	325	299	M= 5,22
316	153	154	M= 96,80	769	298	326	M= 5,22
317	162	163	M= 96,80	770	285	314	M= 5,22
318	171	172	M= 96,80	771	298	325	M= 5,22
319	180	181	M= 96,80	772	285	315	M= 5,22
320	154	155	M= 23,30	773	314	286	M= 5,22
321	163	164	M= 23,30	774	324	298	M= 5,22
322	172	173	M= 23,30	775	297	325	M= 5,22
323	181	182	M= 23,30	776	286	316	M= 5,22
324	155	156	M= 23,30	777	315	287	M= 5,22
325	164	165	M= 23,30	778	323	297	M= 5,22
326	173	174	M= 23,30	779	296	324	M= 5,22
327	182	183	M= 23,30	780	287	316	M= 5,22
328	156	157	M= 23,30	781	296	323	M= 5,22
329	165	166	M= 23,30	782	316	288	M= 5,22
330	174	175	M= 23,30	783	295	323	M= 5,22
331	183	184	M= 23,30	784	288	317	M= 5,22
332	157	158	M= 23,30	785	322	295	M= 5,22
333	166	167	M= 23,30	786	317	289	M= 5,22
334	175	176	M= 23,30	787	294	322	M= 5,22
335	184	185	M= 23,30	788	289	318	M= 5,22
350	157	167	M= 5,81	789	318	336	M= 5,22
351	158	166	M= 5,81	790	321	294	M= 5,22
352	175	185	M= 5,81	791	336	321	M= 5,22
353	176	184	M= 5,81	792	318	291	M= 5,22
354	156	166	M= 5,81	793	292	321	M= 5,22
355	157	165	M= 5,81	794	291	319	M= 5,22
356	174	184	M= 5,81	795	319	336	M= 5,22
357	175	183	M= 5,81	796	292	320	M= 5,22
358	155	165	M= 5,81	797	320	336	M= 5,22
359	156	164	M= 5,81	798	331	304	M= 4,03
360	173	183	M= 5,81	799	304	308	M= 4,03
361	174	182	M= 5,81	800	314	305	M= 4,03
362	154	164	M= 5,81	801	305	325	M= 4,03
363	155	163	M= 5,81	802	316	306	M= 4,03
364	172	182	M= 5,81	803	306	323	M= 4,03
365	173	181	M= 5,81	804	319	307	M= 4,03
366	153	163	M= 10,90	805	307	320	M= 4,03
367	154	162	M= 10,90	810	308	309	M= 5,81
368	171	181	M= 10,90	811	309	310	M= 5,81
369	172	180	M= 10,90	812	310	311	M= 5,81
370	152	162	M= 10,90	813	311	158	M= 5,81
371	153	161	M= 10,90	814	331	330	M= 5,81
372	170	180	M= 10,90	815	330	329	M= 5,81
373	171	179	M= 10,90	816	329	328	M= 5,81
374	151	161	M= 10,90	817	328	185	M= 5,81
375	152	160	M= 10,90	818	167	313	M= 5,81
376	169	179	M= 10,90	819	313	314	M= 5,81
377	170	178	M= 10,90	820	314	315	M= 5,81
378	150	160	M= 10,90	821	315	316	M= 5,81
379	151	159	M= 10,90	822	316	317	M= 5,81
380	168	178	M= 10,90	823	317	318	M= 5,81
381	169	177	M= 10,90	824	318	319	M= 5,81
382	11	159	M= 10,90	826	176	326	M= 5,81
383	150	22	M= 10,90	827	326	325	M= 5,81
384	33	177	M= 10,90	828	325	324	M= 5,81
385	168	44	M= 10,90	829	324	323	M= 5,81
387	166	176	M= 5,81	830	323	322	M= 5,81
388	167	175	M= 5,81	831	322	321	M= 5,81
389	184	158	M= 5,81	832	321	320	M= 5,81
390	185	157	M= 5,81	833	308	330	M= 4,61
391	165	175	M= 5,81	834	331	309	M= 4,61
392	166	174	M= 5,81	835	332	310	M= 4,61
393	183	157	M= 5,81	836	332	329	M= 4,61
394	184	156	M= 5,81	837	329	311	M= 4,61
395	164	174	M= 5,81	838	310	328	M= 4,61
396	165	173	M= 5,81	839	328	158	M= 4,61
397	182	156	M= 5,81	840	311	185	M= 4,61
398	163	155	M= 5,81	841	176	313	M= 4,61
399	163	173	M= 5,81	842	167	326	M= 4,61
400	164	172	M= 5,81	843	326	314	M= 4,61
401	181	155	M= 5,81	844	313	325	M= 4,61
402	182	154	M= 5,81	845	325	315	M= 4,61
403	162	172	M= 10,90	846	314	324	M= 4,61
404	163	171	M= 10,90	847	324	316	M= 4,61
405	180	154	M= 10,90	848	315	323	M= 4,61

LOADS

200	L= 1	X=	8305,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	LOADING= "" NOR400 "
206	L= 1	X=	8105,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
215	L= 1	X=	8105,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
221	L= 1	X=	8305,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
223	L= 1	X=	399,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
240	L= 1	X=	8305,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
246	L= 1	X=	8105,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
255	L= 1	X=	8105,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
261	L= 1	X=	8305,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
263	L= 1	X=	399,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
280	L= 1	X=	8105,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
287	L= 1	X=	8105,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
296	L= 1	X=	8105,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
303	L= 1	X=	8105,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
304	L= 1	X=	399,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
306	L= 1	X=	399,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
335	L= 1	X=	1728,00	Y=	-310,00	Z=	0,00	
336	L= 1	X=	1728,00	Y=	-310,00	Z=	0,00	
200	L= 2	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	:LOADING= "" RCGA400
206	L= 2	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
215	L= 2	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
221	L= 2	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
223	L= 2	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
240	L= 2	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
246	L= 2	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
255	L= 2	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
261	L= 2	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
263	L= 2	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
280	L= 2	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
287	L= 2	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
296	L= 2	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
303	L= 2	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
304	L= 2	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
306	L= 2	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
335	L= 2	X=	789,00	Y=	-310,00	Z=	0,00	
336	L= 2	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	1375,00	
200	L= 3	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	:LOADING= "" RCGB400 "
206	L= 3	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
215	L= 3	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
221	L= 3	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
223	L= 3	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
240	L= 3	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
246	L= 3	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
255	L= 3	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
261	L= 3	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
263	L= 3	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
280	L= 3	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
287	L= 3	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
296	L= 3	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
303	L= 3	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
304	L= 3	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
306	L= 3	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
335	L= 3	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00	
336	L= 3	X=	789,00	Y=	-310,00	Z=	1375,00	
200	L= 4	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	:LOADING= "" RCOC400
206	L= 4	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
215	L= 4	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
221	L= 4	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
223	L= 4	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
240	L= 4	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
246	L= 4	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
255	L= 4	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
261	L= 4	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00	
263	L= 4	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
280	L= 4	X=	8411,00	Y=	-3419,00	Z=	4730,00	
287	L= 4	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
296	L= 4	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00	
303	L= 4	X=	4205,00	Y=	-1710,00	Z=	0,00	

304	L= 4	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
306	L= 4	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
335	L= 4	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
336	L= 4	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
200	L= 5	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
206	L= 5	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
215	L= 5	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
221	L= 5	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
223	L= 5	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
240	L= 5	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
246	L= 5	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
255	L= 5	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
261	L= 5	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
263	L= 5	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
280	L= 5	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
287	L= 5	X=	8411,00	Y=	-3419,00	Z=	4730,00
296	L= 5	X=	4205,00	Y=	-1710,00	Z=	0,00
303	L= 5	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
304	L= 5	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
306	L= 5	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
335	L= 5	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
336	L= 5	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
200	L= 6	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
206	L= 6	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
215	L= 6	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
221	L= 6	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
223	L= 6	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
240	L= 6	X=	8605,00	Y=	-3629,00	Z=	4730,00
246	L= 6	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
255	L= 6	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
261	L= 6	X=	4303,00	Y=	-1814,00	Z=	0,00
263	L= 6	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
280	L= 6	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
287	L= 6	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
296	L= 6	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
303	L= 6	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
304	L= 6	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
306	L= 6	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
335	L= 6	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
336	L= 6	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
200	L= 7	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
206	L= 7	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
215	L= 7	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
221	L= 7	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
223	L= 7	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
240	L= 7	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
246	L= 7	X=	8411,00	Y=	-3419,00	Z=	4730,00
255	L= 7	X=	4205,00	Y=	-1710,00	Z=	0,00
261	L= 7	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
263	L= 7	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
280	L= 7	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
287	L= 7	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
296	L= 7	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
303	L= 7	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
304	L= 7	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
306	L= 7	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
335	L= 7	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
336	L= 7	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
200	L= 8	X=	6733,00	Y=	-4437,00	Z=	0,00
206	L= 8	X=	6675,00	Y=	-4203,00	Z=	0,00
215	L= 8	X=	6675,00	Y=	-4203,00	Z=	0,00
221	L= 8	X=	6733,00	Y=	-4437,00	Z=	0,00
223	L= 8	X=	116,00	Y=	-468,00	Z=	0,00
240	L= 8	X=	6733,00	Y=	-4437,00	Z=	0,00
246	L= 8	X=	6675,00	Y=	-4203,00	Z=	0,00
255	L= 8	X=	6675,00	Y=	-4203,00	Z=	0,00
261	L= 8	X=	6733,00	Y=	-4437,00	Z=	0,00
263	L= 8	X=	116,00	Y=	-468,00	Z=	0,00
280	L= 8	X=	6675,00	Y=	-4203,00	Z=	0,00

287	L= 8	X= 6675,00	Y= -4203,00	Z= 0,00
296	L= 8	X= 6675,00	Y= -4203,00	Z= 0,00
303	L= 8	X= 6675,00	Y= -4203,00	Z= 0,00
304	L= 8	X= 116,00	Y= -468,00	Z= 0,00
306	L= 8	X= 116,00	Y= -468,00	Z= 0,00
335	L= 8	X= 1404,00	Y= -665,00	Z= 0,00
336	L= 8	X= 1404,00	Y= -665,00	Z= 0,00
200	L= 9	X= 6537,00	Y= -3254,00	Z= 0,00
206	L= 9	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
215	L= 9	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
221	L= 9	X= 6537,00	Y= -3254,00	Z= 0,00
223	L= 9	X= 85,00	Y= -343,00	Z= 0,00
240	L= 9	X= 6537,00	Y= -3254,00	Z= 0,00
246	L= 9	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
255	L= 9	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
261	L= 9	X= 6537,00	Y= -3254,00	Z= 0,00
263	L= 9	X= 85,00	Y= -343,00	Z= 0,00
280	L= 9	X= 7223,00	Y= -4109,00	Z= 4730,00
287	L= 9	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
296	L= 9	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
303	L= 9	X= 3611,00	Y= -2055,00	Z= 0,00
304	L= 9	X= 85,00	Y= -343,00	Z= 0,00
306	L= 9	X= 85,00	Y= -343,00	Z= 0,00
335	L= 9	X= 1340,00	Y= -488,00	Z= 0,00
336	L= 9	X= 1340,00	Y= -488,00	Z= 0,00
200	L= 10	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
206	L= 10	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
215	L= 10	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
221	L= 10	X= 6537,00	Y= -3254,00	Z= 0,00
223	L= 10	X= 85,00	Y= -343,00	Z= 0,00
240	L= 10	X= 6537,00	Y= -3254,00	Z= 0,00
246	L= 10	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
255	L= 10	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
261	L= 10	X= 6537,00	Y= -3254,00	Z= 0,00
263	L= 10	X= 85,00	Y= -343,00	Z= 0,00
280	L= 10	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
287	L= 10	X= 7223,00	Y= -4109,00	Z= 4730,00
296	L= 10	X= 3611,00	Y= -2055,00	Z= 0,00
303	L= 10	X= 6494,00	Y= -3082,00	Z= 0,00
304	L= 10	X= 85,00	Y= -343,00	Z= 0,00
306	L= 10	X= 85,00	Y= -343,00	Z= 0,00
335	L= 10	X= 1340,00	Y= -488,00	Z= 0,00
336	L= 10	X= 1340,00	Y= -488,00	Z= 0,00
200	L= 11	X= 6420,00	Y= -2722,00	Z= 0,00
206	L= 11	X= 6384,00	Y= -2565,00	Z= 0,00
215	L= 11	X= 6384,00	Y= -2565,00	Z= 0,00
221	L= 11	X= 6420,00	Y= -2722,00	Z= 0,00
223	L= 11	X= 73,00	Y= -314,00	Z= 0,00
240	L= 11	X= 6420,00	Y= -2722,00	Z= 0,00
246	L= 11	X= 6384,00	Y= -2565,00	Z= 0,00
255	L= 11	X= 6384,00	Y= -2565,00	Z= 0,00
261	L= 11	X= 6420,00	Y= -2722,00	Z= 0,00
263	L= 11	X= 73,00	Y= -314,00	Z= 0,00
280	L= 11	X= 6384,00	Y= -2565,00	Z= 0,00
287	L= 11	X= 6384,00	Y= -2565,00	Z= 0,00
296	L= 11	X= 6384,00	Y= -2565,00	Z= 0,00
303	L= 11	X= 6384,00	Y= -2565,00	Z= 0,00
304	L= 11	X= 73,00	Y= -314,00	Z= 0,00
306	L= 11	X= 73,00	Y= -314,00	Z= 0,00
335	L= 11	X= 633,00	Y= -810,00	Z= 1375,00
336	L= 11	X= 1266,00	Y= -310,00	Z= 0,00
200	L= 12	X= 8682,00	Y= -5443,00	Z= 14190,00
206	L= 12	X= 8283,00	Y= -5129,00	Z= 14190,00
223	L= 12	X= 399,00	Y= -314,00	Z= 0,00
240	L= 12	X= 8682,00	Y= -5443,00	Z= 14190,00
246	L= 12	X= 8283,00	Y= -5129,00	Z= 14190,00
263	L= 12	X= 399,00	Y= -314,00	Z= 0,00
280	L= 12	X= 8283,00	Y= -5129,00	Z= 14190,00
287	L= 12	X= 8283,00	Y= -5129,00	Z= 14190,00

304	L= 12	X= 399,00	Y= -314,00	Z= 0,00	
306	L= 12	X= 399,00	Y= -314,00	Z= 0,00	
335	L= 12	X= 978,00	Y= -310,00	Z= 1375,00	
336	L= 12	X= 978,00	Y= -310,00	Z= 1375,00	
200	L= 13	X= 5294,00	Y= -8873,00	Z= 14190,00	:LOADING = "" HNREM400 ""
206	L= 13	X= 5178,00	Y= -8405,00	Z= 14190,00	
223	L= 13	X= 116,00	Y= -468,00	Z= 0,00	
240	L= 13	X= 5294,00	Y= -8873,00	Z= 14190,00	
246	L= 13	X= 5178,00	Y= -8405,00	Z= 14190,00	
263	L= 13	X= 116,00	Y= -468,00	Z= 0,00	
280	L= 13	X= 5178,00	Y= -8405,00	Z= 14190,00	
287	L= 13	X= 5178,00	Y= -8405,00	Z= 14190,00	
304	L= 13	X= 116,00	Y= -468,00	Z= 0,00	
306	L= 13	X= 116,00	Y= -468,00	Z= 0,00	
335	L= 13	X= 624,00	Y= -665,00	Z= 1375,00	
336	L= 13	X= 624,00	Y= -665,00	Z= 1375,00	
200	L= 14	X= 5294,00	Y= -8873,00	Z= 14190,00	:LOADING = "" HNOR1C230 ""
240	L= 14	X= 5294,00	Y= -8873,00	Z= 14190,00	
280	L= 14	X= 5178,00	Y= -8405,00	Z= 14190,00	
304	L= 14	X= 116,00	Y= -468,00	Z= 0,00	
335	L= 14	X= 624,00	Y= -665,00	Z= 1375,00	
336	L= 14	X= 624,00	Y= -665,00	Z= 1375,00	
200	L= 15	X= 8682,00	Y= -5443,00	Z= 14190,00	:LOADING = "" NORREMIC ""
240	L= 15	X= 8682,00	Y= -5443,00	Z= 14190,00	
280	L= 15	X= 8283,00	Y= -5129,00	Z= 14190,00	
304	L= 15	X= 399,00	Y= -314,00	Z= 0,00	
335	L= 15	X= 978,00	Y= -310,00	Z= 1375,00	
336	L= 15	X= 978,00	Y= -310,00	Z= 1375,00	
111	L= 16	X= 328,00	Y= -320,00	Z= 0,00	:LOADING = "" NOR4001C ""
121	L= 16	X= 328,00	Y= -320,00	Z= 0,00	
131	L= 16	X= 328,00	Y= -320,00	Z= 0,00	
200	L= 16	X= 8305,00	Y= -2722,00	Z= 0,00	
204	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
210	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
211	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
217	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
221	L= 16	X= 8305,00	Y= -2722,00	Z= 0,00	
222	L= 16	X= 186,00	Y= -171,00	Z= 0,00	
240	L= 16	X= 8305,00	Y= -2722,00	Z= 0,00	
250	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
251	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
257	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
261	L= 16	X= 8305,00	Y= -2722,00	Z= 0,00	
262	L= 16	X= 186,00	Y= -171,00	Z= 0,00	
280	L= 16	X= 8105,00	Y= -2565,00	Z= 0,00	
285	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
291	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
292	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
298	L= 16	X= 2772,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
303	L= 16	X= 8105,00	Y= -2565,00	Z= 0,00	
304	L= 16	X= 399,00	Y= -314,00	Z= 0,00	
307	L= 16	X= 186,00	Y= -171,00	Z= 0,00	
335	L= 16	X= 1728,00	Y= -310,00	Z= 0,00	
336	L= 16	X= 1728,00	Y= -310,00	Z= 0,00	
111	L= 17	X= 280,00	Y= -280,00	Z= 0,00	:LOADING = "" RCGA230 ""
121	L= 17	X= 280,00	Y= -280,00	Z= 0,00	
131	L= 17	X= 280,00	Y= -280,00	Z= 0,00	
200	L= 17	X= 7689,00	Y= -2722,00	Z= 0,00	
204	L= 17	X= 2566,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
210	L= 17	X= 2566,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
211	L= 17	X= 2566,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
217	L= 17	X= 2566,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
221	L= 17	X= 7689,00	Y= -2722,00	Z= 0,00	
222	L= 17	X= 136,00	Y= -171,00	Z= 0,00	
223	L= 17	X= -80,00	Y= 0,00	Z= 0,00	
240	L= 17	X= 7689,00	Y= -2722,00	Z= 0,00	
244	L= 17	X= 2566,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
250	L= 17	X= 2566,00	Y= -913,50	Z= 0,00	
251	L= 17	X= 2566,00	Y= -913,50	Z= 0,00	

257	L= 17	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
261	L= 17	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
262	L= 17	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
263	L= 17	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
280	L= 17	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
285	L= 17	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
291	L= 17	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
292	L= 17	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
298	L= 17	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
303	L= 17	X=	7543,00	Y=	-2545,00	Z=	0,00
304	L= 17	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
306	L= 17	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
307	L= 17	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
335	L= 17	X=	789,00	Y=	-310,00	Z=	1375,00
336	L= 17	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
111	L= 18	X=	280,00	Y=	-280,00	Z=	0,00
121	L= 18	X=	280,00	Y=	-280,00	Z=	0,00
131	L= 18	X=	280,00	Y=	-280,00	Z=	0,00
200	L= 18	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
204	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
210	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
211	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
217	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
221	L= 18	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
222	L= 18	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
223	L= 18	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
240	L= 18	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
244	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
250	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
251	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
257	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
261	L= 18	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
262	L= 18	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
263	L= 18	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
280	L= 18	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
285	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
291	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
292	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
298	L= 18	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
303	L= 18	X=	7543,00	Y=	-2545,00	Z=	0,00
304	L= 18	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
306	L= 18	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
307	L= 18	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
335	L= 18	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
336	L= 18	X=	789,00	Y=	-310,00	Z=	1375,00
111	L= 19	X=	280,00	Y=	-280,00	Z=	0,00
121	L= 19	X=	280,00	Y=	-280,00	Z=	0,00
131	L= 19	X=	280,00	Y=	-280,00	Z=	0,00
200	L= 19	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
204	L= 19	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
210	L= 19	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
211	L= 19	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
217	L= 19	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
221	L= 19	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
222	L= 19	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
223	L= 19	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
240	L= 19	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
244	L= 19	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
250	L= 19	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
251	L= 19	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
257	L= 19	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
261	L= 19	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
262	L= 19	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
263	L= 19	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
280	L= 19	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
285	L= 19	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
291	L= 19	X=	1775,00	Y=	-1218,00	Z=	4730,00
292	L= 19	X=	887,30	Y=	-609,00	Z=	0,00
298	L= 19	X=	2566,00	Y=	913,50	Z=	0,00

303	L= 19	X=	7543,00	Y=	-2545,00	Z=	0,00
304	L= 19	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
306	L= 19	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
307	L= 19	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
335	L= 19	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
336	L= 19	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
111	L= 20	X=	280,00	Y=	-280,00	Z=	0,00
121	L= 20	X=	280,00	Y=	-280,00	Z=	0,00
131	L= 20	X=	280,00	Y=	-280,00	Z=	0,00
200	L= 20	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
204	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
210	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
211	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
217	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
221	L= 20	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
222	L= 20	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
223	L= 20	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
240	L= 20	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
244	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
250	L= 20	X=	1775,00	Y=	-1218,00	Z=	4730,00
251	L= 20	X=	887,30	Y=	-609,00	Z=	0,00
257	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
261	L= 20	X=	7689,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
262	L= 20	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
263	L= 20	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
280	L= 20	X=	7543,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
285	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
291	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
292	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
298	L= 20	X=	2566,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
303	L= 20	X=	7543,00	Y=	-2545,00	Z=	0,00
304	L= 20	X=	292,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
306	L= 20	X=	-80,00	Y=	0,00	Z=	0,00
307	L= 20	X=	136,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
335	L= 20	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
336	L= 20	X=	1577,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
111	L= 21	X=	190,00	Y=	-190,00	Z=	0,00
121	L= 21	X=	190,00	Y=	-190,00	Z=	0,00
131	L= 21	X=	190,00	Y=	-190,00	Z=	0,00
200	L= 21	X=	6420,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
204	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
210	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
211	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
217	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
221	L= 21	X=	6420,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
222	L= 21	X=	34,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
223	L= 21	X=	-130,00	Y=	-130,00	Z=	0,00
240	L= 21	X=	6420,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
244	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
250	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
251	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
257	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
261	L= 21	X=	6420,00	Y=	-2722,00	Z=	0,00
262	L= 21	X=	34,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
263	L= 21	X=	-130,00	Y=	-130,00	Z=	0,00
280	L= 21	X=	6384,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
285	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
291	L= 21	X=	1443,00	Y=	-1685,00	Z=	4730,00
292	L= 21	X=	721,70	Y=	-842,30	Z=	0,00
298	L= 21	X=	2141,00	Y=	-913,50	Z=	0,00
303	L= 21	X=	6384,00	Y=	-2565,00	Z=	0,00
304	L= 21	X=	73,00	Y=	-314,00	Z=	0,00
306	L= 21	X=	-130,00	Y=	-130,00	Z=	0,00
307	L= 21	X=	34,00	Y=	-171,00	Z=	0,00
335	L= 21	X=	1266,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
336	L= 21	X=	1266,00	Y=	-310,00	Z=	0,00
111	L= 22	X=	328,00	Y=	-320,00	Z=	0,00
121	L= 22	X=	328,00	Y=	-320,00	Z=	0,00
131	L= 22	X=	328,00	Y=	-320,00	Z=	0,00

200	L= 22	X=	8682,00	Y=	-5443,00	Z=	14190,00	
204	L= 22	X=	2901,00	Y=	-1827,00	Z=	4730,00	
210	L= 22	X=	2901,00	Y=	-1827,00	Z=	4730,00	
222	L= 22	X=	186,00	Y=	-171,00	Z=	0,00	
240	L= 22	X=	8682,00	Y=	-5443,00	Z=	14190,00	
244	L= 22	X=	2901,00	Y=	-1827,00	Z=	4730,00	
250	L= 22	X=	2901,00	Y=	-1827,00	Z=	4730,00	
262	L= 22	X=	186,00	Y=	-171,00	Z=	0,00	
280	L= 22	X=	8283,00	Y=	-5129,00	Z=	14190,00	
285	L= 22	X=	2901,00	Y=	-1827,00	Z=	4730,00	
291	L= 22	X=	2901,00	Y=	-1827,00	Z=	4730,00	
304	L= 22	X=	399,00	Y=	-314,00	Z=	0,00	
307	L= 22	X=	186,00	Y=	-171,00	Z=	0,00	
335	L= 22	X=	978,00	Y=	-310,00	Z=	1375,00	
336	L= 22	X=	978,00	Y=	-310,00	Z=	1375,00	
111	L= 23	X=	264,50	Y=	-264,50	Z=	0,00	LOADING = "" HNR400 ""
121	L= 23	X=	264,50	Y=	-264,50	Z=	0,00	
131	L= 23	X=	264,50	Y=	-264,50	Z=	0,00	
200	L= 23	X=	5294,00	Y=	-8873,00	Z=	14190,00	
204	L= 23	X=	1761,00	Y=	-2962,00	Z=	4730,00	
210	L= 23	X=	1761,00	Y=	-2962,00	Z=	4730,00	
222	L= 23	X=	50,00	Y=	-242,00	Z=	0,00	
223	L= 23	X=	-179,50	Y=	-179,50	Z=	0,00	
240	L= 23	X=	5294,00	Y=	-8873,00	Z=	14190,00	
244	L= 23	X=	1761,00	Y=	-2962,00	Z=	4730,00	
250	L= 23	X=	1761,00	Y=	-2962,00	Z=	4730,00	
262	L= 23	X=	50,00	Y=	-242,00	Z=	0,00	
263	L= 23	X=	-179,50	Y=	-179,50	Z=	0,00	
280	L= 23	X=	5178,00	Y=	-8405,00	Z=	14190,00	
285	L= 23	X=	1761,00	Y=	-2962,00	Z=	4730,00	
291	L= 23	X=	1761,00	Y=	-2962,00	Z=	4730,00	
304	L= 23	X=	116,00	Y=	-468,00	Z=	0,00	
306	L= 23	X=	-179,50	Y=	-179,50	Z=	0,00	
307	L= 23	X=	50,00	Y=	-242,00	Z=	0,00	
335	L= 23	X=	624,00	Y=	-665,00	Z=	1375,00	
336	L= 23	X=	624,00	Y=	-665,00	Z=	1375,00	
1	L= 24	X=	520,8	Y=	0,00	Z=	0,00	VIENTO EN ESTRUCTURA
2	L= 24	X=	912,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
3	L= 24	X=	753,8	Y=	0,00	Z=	0,00	NUDOS CARGADOS EN CONSECUENCIA
4	L= 24	X=	697,5	Y=	0,00	Z=	0,00	DEL VIENTO EN ESTRUCTURA
5	L= 24	X=	634,3	Y=	0,00	Z=	0,00	
6	L= 24	X=	577,3	Y=	0,00	Z=	0,00	
7	L= 24	X=	507,5	Y=	0,00	Z=	0,00	
8	L= 24	X=	407	Y=	0,00	Z=	0,00	NOTA
9	L= 24	X=	386,8	Y=	0,00	Z=	0,00	PARA VIENTO NEGATIVO EL VIENTO EN
11	L= 24	X=	948,3	Y=	0,00	Z=	0,00	ESTRUCTURA SERA CON SIGNO NEGATIVO
12	L= 24	X=	520,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
13	L= 24	X=	912,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
14	L= 24	X=	753,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
15	L= 24	X=	697,5	Y=	0,00	Z=	0,00	
16	L= 24	X=	634,3	Y=	0,00	Z=	0,00	
17	L= 24	X=	577,3	Y=	0,00	Z=	0,00	
18	L= 24	X=	507,5	Y=	0,00	Z=	0,00	
19	L= 24	X=	407	Y=	0,00	Z=	0,00	
20	L= 24	X=	386,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
22	L= 24	X=	948,3	Y=	0,00	Z=	0,00	
23	L= 24	X=	520,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
24	L= 24	X=	912,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
25	L= 24	X=	753,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
26	L= 24	X=	697,5	Y=	0,00	Z=	0,00	
27	L= 24	X=	634,3	Y=	0,00	Z=	0,00	
28	L= 24	X=	577,3	Y=	0,00	Z=	0,00	
29	L= 24	X=	507,5	Y=	0,00	Z=	0,00	
30	L= 24	X=	407	Y=	0,00	Z=	0,00	
31	L= 24	X=	386,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
33	L= 24	X=	948,3	Y=	0,00	Z=	0,00	
34	L= 24	X=	520,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
35	L= 24	X=	912,8	Y=	0,00	Z=	0,00	
36	L= 24	X=	753,8	Y=	0,00	Z=	0,00	

37	L= 24	X=	697,5	Y=	0,00	Z=	0,00
38	L= 24	X=	634,3	Y=	0,00	Z=	0,00
39	L= 24	X=	577,3	Y=	0,00	Z=	0,00
40	L= 24	X=	507,5	Y=	0,00	Z=	0,00
41	L= 24	X=	407	Y=	0,00	Z=	0,00
42	L= 24	X=	366,8	Y=	0,00	Z=	0,00
44	L= 24	X=	948,3	Y=	0,00	Z=	0,00
153	L= 24	X=	1018	Y=	0,00	Z=	0,00
157	L= 24	X=	489,8	Y=	0,00	Z=	0,00
158	L= 24	X=	243,3	Y=	0,00	Z=	0,00
162	L= 24	X=	1018	Y=	0,00	Z=	0,00
166	L= 24	X=	489,8	Y=	0,00	Z=	0,00
167	L= 24	X=	243,3	Y=	0,00	Z=	0,00
171	L= 24	X=	1018	Y=	0,00	Z=	0,00
175	L= 24	X=	489	Y=	0,00	Z=	0,00
176	L= 24	X=	243,3	Y=	0,00	Z=	0,00
180	L= 24	X=	1018	Y=	0,00	Z=	0,00
184	L= 24	X=	489	Y=	0,00	Z=	0,00
185	L= 24	X=	243,3	Y=	0,00	Z=	0,00
200	L= 24	X=	211,3	Y=	0,00	Z=	0,00
210	L= 24	X=	211,3	Y=	0,00	Z=	0,00
211	L= 24	X=	211,3	Y=	0,00	Z=	0,00
221	L= 24	X=	211,3	Y=	0,00	Z=	0,00
240	L= 24	X=	211,3	Y=	0,00	Z=	0,00
250	L= 24	X=	211,3	Y=	0,00	Z=	0,00
251	L= 24	X=	211,3	Y=	0,00	Z=	0,00
261	L= 24	X=	211,3	Y=	0,00	Z=	0,00
280	L= 24	X=	243,3	Y=	0,00	Z=	0,00
291	L= 24	X=	243,3	Y=	0,00	Z=	0,00
292	L= 24	X=	243,3	Y=	0,00	Z=	0,00
303	L= 24	X=	243,3	Y=	0,00	Z=	0,00
335	L= 24	X=	367,5	Y=	0,00	Z=	0,00
336	L= 24	X=	367,5	Y=	0,00	Z=	0,00
1	L= 25	X=	0,00	Y=	-856,49	Z=	0,00 PESO PROPIO
2	L= 25	X=	0,00	Y=	-2101,96	Z=	0,00
3	L= 25	X=	0,00	Y=	-1132,73	Z=	0,00 NUDOS CARGADOS EN CONSECUENCIA
4	L= 25	X=	0,00	Y=	-1049,40	Z=	0,00 DEL PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA
5	L= 25	X=	0,00	Y=	-951,23	Z=	0,00
6	L= 25	X=	0,00	Y=	-910,53	Z=	0,00
7	L= 25	X=	0,00	Y=	-638,00	Z=	0,00
8	L= 25	X=	0,00	Y=	-514,18	Z=	0,00
9	L= 25	X=	0,00	Y=	-583,28	Z=	0,00
11	L= 25	X=	0,00	Y=	-1785,67	Z=	0,00
12	L= 25	X=	0,00	Y=	-856,49	Z=	0,00
13	L= 25	X=	0,00	Y=	-2101,96	Z=	0,00
14	L= 25	X=	0,00	Y=	-1132,73	Z=	0,00
15	L= 25	X=	0,00	Y=	-1049,40	Z=	0,00
16	L= 25	X=	0,00	Y=	-951,23	Z=	0,00
17	L= 25	X=	0,00	Y=	-910,53	Z=	0,00
18	L= 25	X=	0,00	Y=	-638,00	Z=	0,00
19	L= 25	X=	0,00	Y=	-514,18	Z=	0,00
20	L= 25	X=	0,00	Y=	-583,28	Z=	0,00
22	L= 25	X=	0,00	Y=	-1785,67	Z=	0,00
23	L= 25	X=	0,00	Y=	-856,49	Z=	0,00
24	L= 25	X=	0,00	Y=	-2101,96	Z=	0,00
25	L= 25	X=	0,00	Y=	-1132,73	Z=	0,00
26	L= 25	X=	0,00	Y=	-1049,40	Z=	0,00
27	L= 25	X=	0,00	Y=	-951,23	Z=	0,00
28	L= 25	X=	0,00	Y=	-910,53	Z=	0,00
29	L= 25	X=	0,00	Y=	-638,00	Z=	0,00
30	L= 25	X=	0,00	Y=	-514,18	Z=	0,00
31	L= 25	X=	0,00	Y=	-583,28	Z=	0,00
33	L= 25	X=	0,00	Y=	-1785,67	Z=	0,00
34	L= 25	X=	0,00	Y=	-856,49	Z=	0,00
35	L= 25	X=	0,00	Y=	-2101,96	Z=	0,00
36	L= 25	X=	0,00	Y=	-1132,73	Z=	0,00
37	L= 25	X=	0,00	Y=	-1049,40	Z=	0,00
38	L= 25	X=	0,00	Y=	-951,23	Z=	0,00
39	L= 25	X=	0,00	Y=	-910,53	Z=	0,00

S A P 9 0

Structural Analysis Programs

Version P5.50

Copyright (C) 1978-1995
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
All rights reserved

This copy of SAP90 is for the exclusive use of
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all
results produced by this program

28 Sep 1998 16:34:14

REVISION DEL DISEÑO DE LA CRUCETA DE SUSPENSION TIPO 2C1, PARA CABLE D

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COND	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
1		-----					
1	0.000			-22164.244			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			-22164.244			
2	0.000			-73409.198			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			-73409.198			
3	0.000			137747.407			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			137747.407			
4	0.000			134556.223			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			134556.223			
5	0.000			145275.244			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			145275.244			
6	0.000			145270.198			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			145270.198			
7	0.000			94995.407			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			94995.407			
8	0.000			91966.223			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			91966.223			
9	0.000			-38406.244			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			-38406.244			
10	0.000			167104.198			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			167104.198			

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COND	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
11	0.000			163694.407			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			163694.407			
12	0.000			160415.223			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			160415.223			
13	0.000			160408.244			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			160408.244			
14	0.000			199445.198			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			199445.198			
15	0.000			171201.407			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			171201.407			
16	0.000			-119825.223			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			-119825.223			
17	0.000			125124.244			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			125124.244			
18	0.000			134535.198			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			134535.198			
19	0.000			118740.407			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			118740.407			
20	0.000			118812.223			
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	813.730			118812.223			

ANALISIS A EL DISEÑO DE LA TORRE TIPO 4PR3 DE DEFLEXION Y REMATE

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COND	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
21		0.000			-51192.244			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			-51192.244			
22		0.000			-98358.198			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			-98358.198			
23		0.000			171196.407			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			171196.407			
24		0.000			115674.223			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			135674.223			
25		0.000			115667.244			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			115667.244			
26		0.000			124495.198			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			124495.198			
27		0.000			163626.407			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			163626.407			
28		0.000			166915.223			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			166915.223			
29		0.000			107555.244			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			107555.244			
30		0.000			100481.198			
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		813.730			100481.198			

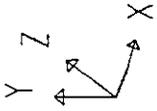
ANALISIS A EL DISEÑO DE LA TORRE TIPO 4PR3 DE DEFLEXION Y REMATE

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COND	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL FORCE	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
2	-----						
1	0.000			-181337.244			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			-181337.244			
2	0.000			-136526.244			
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730	0.000	0.000		0.000	0.000	
	813.730			-136526.244			

De los datos de entrada y salida descritos anteriormente se obtiene el siguiente diagrama de estado donde se pueden comprobar todas las características que intervienen en el análisis de la torre.

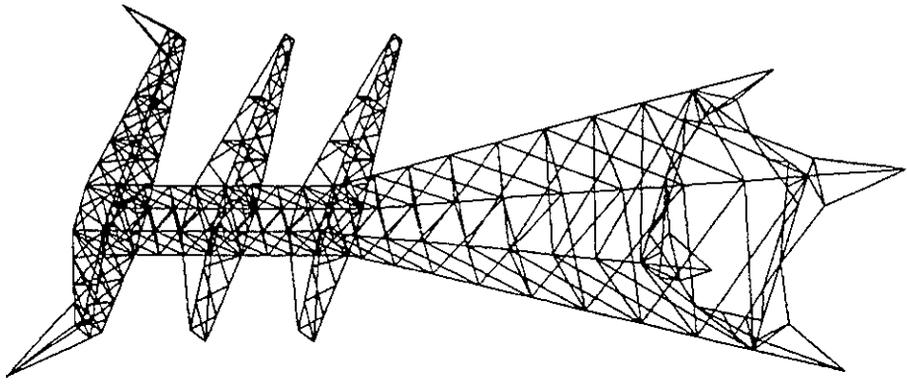
CONDICIONES SELECCIONADAS PARA DISEÑO		
No.	CONDICIÓN DE CARGA	NOMBRE
1	NORREMIC	Normal en remate un circuito
2	HNORIC230	Hielo normal un circuito para 230 kV
3	RCOH230	Rotura de conductor "H" para 230 kV
4	RCOE230	Rotura de conductor "E" para 230 kV
5	RCGB230	Rotura de conductor de hilo de guarda "B" para 230 kV
6	RCGA230	Rotura de conductor de hilo de guarda "A" para 230 kV
7	MCOE400IC	Maniobra en conductor "E" un circuito para 400 kV
8	NOR230	Normal para 230 kV
9	NOR400IC	Normal un circuito para 400 kV
10	RCOF400	Rotura de conductor "F" para 400 kV
11	RCOD400	Rotura de conductor "D" para 400 kV
12	RCOC400	Rotura de conductor "C" para 400 kV
13	NOR400	Normal para 400 kV
14	RCGB400	Rotura de conductor de hilo de guarda "B" para 400 kV
15	HNREM400	Normal con hielo en remate para 400 kV
16	HNO400	Normal con hielo para 400 kV
17	NOREM400	Normal en remate para 400 kV
18	HNR400	Normal con hielo en remate para 400 kV
19	RCGA400	Rotura de conductor de hilo de guarda "A" para 400 kV
20	HCOD400	Conductor con hielo "D" para 400 kV
21	HCOC400	Conductor con hielo "C" para 400 kV
22	MCGA400	Maniobra en conductor e hilo de guarda "A" para 400 kV
23	RCOG400	Rotura de conductor "G" para 400 kV



4PR3
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
WIRE FRAME

SAP90



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TORRE DE DEFLEXIÓN Y REMATE TIPO 4PR3 DE 400/230/115 KV. PARA LA L.T. LAZARO CARDENAS - DONATO GUERRA - SAN BERNABE

RESUMEN DE ESFUERZOS MÁXIMOS; ALARGAMIENTO +15, Y 4 EXTENSIONES +0

ING. CÉSAR LIMONES ESTÉVEZ

GRUPO	BARRA	LONG.	COMBINACIONES DE CARGA																VALORES ENVOLVENTES								
			NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	TENSION MÁXIMA	COMPRESION MÁXIMA							
1	1	813.73	-22104	-73409	137747	134556	145275	145270	91966	-38406	167104	163604	160415	160406	199445	171201	-119825	134535	-51192	98358	171196	115674	115667	124495	163626		
	2	813.73	-181337	-136520	-196205	-187278	-193684	-193659	-155063	274411	-207955	-224262	-22251	-22524	242853	-221580	-259023	-188770	-315112	108739	221575	-163967	-183958	175128	224200		
	3	813.73	-10823	34855	179255	-179556	-186685	-186690	-133732	2276	-208064	-207031	203615	-203824	-242853	-214603	65769	-108770	8107	74713	214608	-162500	-162509	168161	207092		
	4	813.73	144123	93658	154882	155846	152424	152247	113265	232245	168992	160785	181837	161645	189445	178167	204613	134535	271387	137385	178172	137127	137133	131471	160551	271387	-315112
	5	508.58	-15478	-68929	143803	140837	151484	151477	96300	-32153	174141	169777	166738	168730	206539	177449	-116304	139003	-45095	98466	177442	120073	120064	128835	169720		
2	6	508.58	-182354	-135277	-196172	-187162	-193574	-193597	-153007	275440	-208816	-224271	-225193	-225183	-243792	-221554	-257474	187084	-316262	-199476	221547	-181983	-181972	-173194	224219		
	7	508.58	11320	36619	-179109	176054	-186712	-186719	117376	-208915	208971	-203882	-203893	-243792	-214994	68401	-187084	8165	74856	215470	-150743	160754	-166348	-207022			
	8	508.58	151262	98508	161005	161906	158329	158336	117376	-38406	174034	186960	187332	187942	206539	184293	209220	139003	278693	174531	184300	141295	141304	135693	187016	278693	-316262

GRUPO	BARRA	LONG.	COMBINACIONES DE CARGA																						
			NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA	NOBARRA													
1	1	813.73	-22164	-73409	137747	134556	145275	145270	91966	-38406	167104	163604	160415	160406	199445	171201	-119825	134535	-51192	98358	171196	115674	115667	124495	163626
	2	813.73	-181337	-136520	-196205	-187278	-193684	-193659	-155063	274411	-207955	-224262	-22251	-22524	242853	-221580	-259023	-188770	-315112	108739	221575	-163967	-183958	175128	224200
	3	813.73	-10823	34855	179255	-179556	-186685	-186690	-133732	2276	-208064	-207031	203615	-203824	-242853	-214603	65769	-108770	8107	74713	214608	-162500	-162509	168161	207092
	4	813.73	144123	93658	154882	155848	152424	152242	113265	232245	168992	160785	181837	161645	189445	178167	204613	134535	271387	137385	178172	137127	137133	131471	160551
2	5	508.58	-15478	-68929	143803	140837	151484	151477	96300	-32153	174141	169777	166738	168730	206539	177449	-116304	139003	-45095	98466	177442	120073	120064	128835	169720
	6	508.58	-182354	-135277	-196172	-187162	-193574	-193597	-153007	275440	-208816	-224271	-225193	-225183	-243792	-221554	-257474	187084	-316262	-199476	221547	-181983	-181972	-173194	224219
	7	508.58	11320	36619	-179109	176054	-186712	-186719	117376	-208915	208971	-203882	-203893	-243792	-214994	68401	-187084	8165	74856	215470	-150743	160754	-166348	-207022	
	8	508.58	151262	98508	161005	161906	158329	158336	117376	-38406	174034	186960	187332	187942	206539	184293	209220	139003	278693	174531	184300	141295	141304	135693	187016

NOBARRA	VALORES ENVOLVENTES														
														TENSION MÁXIMA	COMPRESION MÁXIMA
160408	199445	171201	-119825	134535	-51192	-98358	171196	115674	115667	124495	163626				
-225243	-242853	-221580	-259023	-188770	-315112	-198739	-221575	-183967	-183958	-175128	-224200				
-203824	-242853	-214603	65769	-188770	8107	74713	-214608	-162500	-162509	-168161	-207092				
181845	199445	178167	204613	134535	271387	173785	178172	137127	137133	131471	160551	271387	-315112		
166730	206539	177449	-116304	139003	-45095	-98466	177442	120073	120064	128835	169720				
-225183	-243792	-221554	-257474	-187084	-316262	-199476	-221547	-181983	-181972	-173194	-224219				
-203993	-243792	-214694	68401	-187084	8165	74856	-214701	-150743	-160754	-166348	-207022				
187942	206539	184293	209220	139003	278693	174531	184300	141295	141304	135693	187016	278693	-316262		

VI.3.6 DIMENSIONAMIENTO.

La siguiente planilla tiene como objetivo principal comprobar todo lo descrito en los capítulos anteriores, definiendo el tipo de elemento estructural a emplear en el diseño definitivo de esta torre. Como ejemplo de aplicación se obtendrá sólo un cálculo por todo el diseño que se presenta en la planilla de dimensionamiento este será el grupo de barras seleccionado en el grupo No. 1

NOMENCLATURA:

- Grupo: Posición definitiva del conjunto de barras seleccionado (1).
- Esfuerzos máximos a compresión y a tensión.
Compresión 315112 Kg. ; Tensión 271387 Kg.
- Perfil angular seleccionado.
L 203 x 203 x 28,50 mm
- Es el esfuerzo a la fluencia.
 $F_y = 3516 \text{ Kg./cm}^2$
- Área transversal del perfil seleccionado.
 107.90 cm^2
- Longitud de pandeo del miembro según lo indicado por el A.S.C.E.
203.43 cm
- Radio de giro del perfil seleccionado.
3.96 mín. "mín" indica mínimo y "med" indica medio, (ix=iy).
- A.S.C.E. Curva de pandeo.
Se refiere a la ecuación seleccionada para calcular la relación de esbeltez, de acuerdo con las ecuaciones del A.S.C.E. 52, (Ver IV.5.4).

En este caso se trata de un montante conectado por ambas alas por lo tanto, la curva de pandeo a emplear es la No. 1 para cuando kl/r es menor o igual a 120.

- Esbeltez máxima, para $k=1$

$$\frac{kl}{r} = \frac{203,43}{3,96} = 51$$

- C_c es la relación de esbeltez crítica.

$$C_c = \frac{\sqrt{2\pi^2 E}}{F_y} = \sqrt{\frac{2\pi^2 2040000}{3516}} = 107$$

- f_a es el esfuerzo actuante a compresión.

$$f_a = \frac{f_{a_c}}{A_T} = \frac{315112}{107,90} = 2920 \text{ kg/cm}^2$$

- F_a es el esfuerzo permisible a compresión.

$$F_a = \left[1 - 0,5 \left(\frac{kl}{C_c}\right)^2\right] F_y = \left[1 - 0,5 \left(\frac{51}{107}\right)^2\right] 3516 = 3111 \text{ kg/cm}^2$$

- Porcentaje de trabajo a la compresión.

$$\% \text{ - de - trabajo } = \frac{f_a}{F_a} = \frac{2920}{3111} = 0,94\%$$

- Capacidad del perfil empleado a compresión.

$$\text{Capacidad} = F_s \times F_a \times A_T = 1 \times 3111 \times 107,90 = 335668 \text{ kg}$$

- Área neta del perfil seleccionado. (cm^2)

- Número de agujeros para descuento.

- f_t es el esfuerzo actuante a tensión.

$$f_t = \frac{f_{a_t}}{A_n} = \frac{271387}{92,51} = 2934 \text{ kg/cm}^2$$

- F_t es el esfuerzo permisible a tensión.

con $F_r = 0,9$ (Factor de reducción de resistencia)

$$F_t = F_r \times F_y = 0,9 \times 3516 = 3164 \text{ kg/cm}^2$$

- Porcentaje de trabajo a la tensión.

$$\% \text{ - de - trabajo } = \frac{f_t}{F_t} = \frac{2934}{3164} = 0,93\%$$

- Capacidad del perfil empleado a tensión.

$$Capacidad = F_t x A_n = 3164 x 92,51 = 292739kg$$

- Es el número de tornillos necesario en la conexión de cada barra en el grupo.

Número de tornillos mínimos compatibles con el esfuerzo máximo de trabajo que fija el diseño del elemento.

- Es el diámetro del tornillo seleccionado para usarse en ese grupo. (mm)
- Es el tipo de cortante que se considera para los tornillos.

$$Cortante simple = 1$$

$$Cortante doble = 2$$

- Es el número de alas conectadas del perfil empleado.
- Fv es la resistencia al cortante del grupo de tornillos con Fr = 0,75 (Coeficiente de reducción)

$$F_v = F_r x F_u x \left(\pi x \frac{D^2}{4} \right) x 2 x 12 = 474278kg$$

- Fp es la resistencia al aplastamiento de la conexión, con
- Fr = 2 (factor de seguridad para esfuerzos permisibles contra la falla por aplastamiento)

$$F_p = F_r x 1,5 x F_u x \left(\frac{D}{10} \right) x 2 x \left(\frac{t}{10} \right) x 12 = 2710282kg$$

- Es el porcentaje de trabajo a cortante del grupo de tornillos.

$$\% \text{ - de - trabajo} = \frac{F_{ac}}{F_v} = 0,66\%$$

- Es el porcentaje de trabajo al aplastamiento del grupo de tornillos

$$\% \text{ - de - trabajo} = \frac{F_{ac}}{F_p} = 0,12\%$$

- Es el tipo de esfuerzo de trabajo que dirige el diseño y con el cual se está diseñando el perfil seleccionado y el tipo de conexión.

"COM" indica compresión y "TEN" indica tensión

La siguiente tabla presenta el cálculo automático de los perfiles seleccionados que llevará la torre 4PR3 en su diseño definitivo

TORRE 4PR3 DE DEFLEXIÓN Y REMATE

PLANILLA DE DIMENSIONAMIENTO

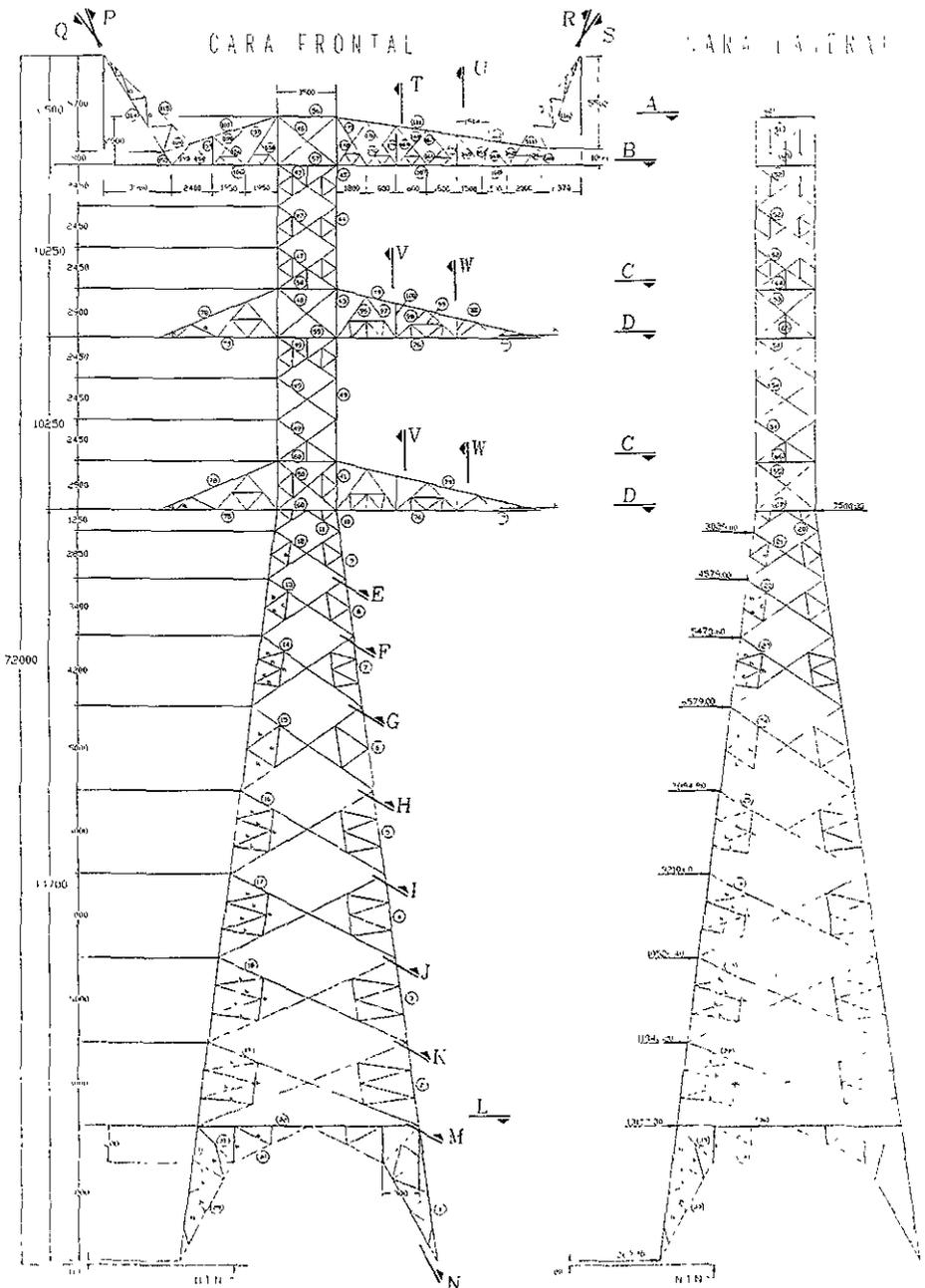
CÁLCULO: CÉSAR LIMONES ESTÉVEZ
HOJA: 1 DE 3

TIPO DE ELEMENTO	MATERIAL (TIPO DE ACERO)	BARRETA DE FUERZA ÚLTIMO (F _u)	ESFUERZO DE FUERZA (F _v)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (E)	UNIDAD
PERFILES	ASTM A 36 N. ASTM A 572 GR 50 H. ASTM A 572 GR 50	4060 4570 5270	2530 3516 4700	2940000	(kg/cm ²)
TORNILLOS	ASTM A 304	5200	2500		

ORDEN	ESFUERZOS MÁXIMOS	PERFIL	ANGULAR	ESFUERZO DE FUERZA (F _v)		RADIO DE GIRO	RADIO R (mm)	MAYOR (mm)	MAYOR (mm)	MAYOR (mm)	COMPRESIÓN				TENSIÓN				UNIÓN		TORNILLO				CONDICIÓN DE TRABAJO DEL GRUPO DE TRABAJO							
				ÁREA (cm ²)	LONGITUD (cm)						RADIO R (mm)	MAYOR (mm)		MAYOR (mm)																		
																															ÁREA (cm ²)	LONGITUD (cm)
1	311512	22187	L 203	203	20.56	3318	107.80	202.43	3.95	min	1	51	107	2020	3111	0.94	335006	92.51	2	284	3184	0.93	282239	12	25.4	2	2	474878	2710282	0.06	0.12	COM.
2	312067	27692	L 203	203	26.86	3916	127.60	189.53	3.95	min	1	43	107	2831	2215	0.81	314021	92.51	2	201	3184	0.85	292239	12	25.4	2	2	474878	2710282	0.02	0.2	TEL.
3	311349	27692	L 203	203	26.86	3916	107.80	189.53	3.95	min	1	43	107	2886	3223	0.89	349021	92.51	2	246	3184	0.84	292239	12	25.4	2	2	474878	2710282	0.05	0.11	TEL.
4	305449	27399	L 203	203	26.86	3916	107.80	189.53	3.95	min	1	43	107	2836	3223	0.88	349021	92.51	2	246	3184	0.83	292239	12	25.4	2	2	474878	2710282	0.03	0.13	TEL.
5	305941	28819	L 203	203	28.16	3916	127.60	178.00	3.95	min	1	47	107	2834	3223	0.85	349021	92.51	2	244	3184	0.81	292239	12	25.4	2	2	474878	2710282	0.03	0.11	TEL.
6	294584	28501	L 203	203	29.52	3516	107.80	254.28	3.95	min	1	64	107	2730	2883	0.85	311080	92.51	2	260	3184	0.81	292239	12	25.4	2	2	474878	2710282	0.02	0.11	COM.
7	286028	33004	L 203	203	29.52	3516	107.80	254.28	3.95	min	1	64	107	2815	3316	0.90	321135	92.08	2	328	3184	0.86	289111	10	25.4	2	2	315322	2012899	0.23	0.14	TEL.
8	281006	35284	L 203	203	25.40	3516	107.80	172.92	3.95	min	1	46	107	2803	3223	0.90	310316	92.08	2	316	3184	0.87	289211	10	25.4	2	2	315322	2012899	0.21	0.14	TEL.
9	273542	24729	L 203	203	25.40	3516	107.80	144.95	3.95	min	1	37	107	2828	3100	0.83	320441	92.08	2	291	3184	0.81	289111	10	25.4	2	2	315322	2012899	0.09	0.14	TEL.
10	285889	28326	L 203	203	29.52	3516	107.80	172.92	3.95	min	1	32	107	2745	3258	0.82	322008	92.08	2	281	3184	0.81	289111	10	25.4	2	2	315322	2012899	0.02	0.21	TEL.
11	27901	37502	L 110	110	12.00	4700	187.27	279.23	3.72	med	3	91	98	3003	2304	0.84	44990	98.61	2	3284	3760	0.80	42706	20	25.4	1	7	50265	85006	0.83	0.40	COM.
12	31895	31899	L 110	110	7.00	4700	152.00	277.35	3.42	med	7	91	98	2100	2393	0.86	20278	13.31	2	2296	3760	0.81	30312	3	25.4	1	1	58265	83210	0.54	0.38	COM.
13	27094	20514	L 110	110	7.00	4700	152.00	331.32	3.42	med	7	103	98	1782	1910	0.83	28079	13.31	2	2022	3760	0.83	30312	3	25.4	1	1	58265	83210	0.45	0.33	COM.
14	23310	23195	L 110	110	5.00	4700	131.10	334.84	3.44	med	2	103	98	1722	1900	0.93	24892	13.46	1	2020	3760	0.83	43294	3	25.4	1	1	68288	73279	0.39	0.33	COM.
15	18937	18745	L 120	120	7.00	4700	152.00	400.24	3.74	med	2	119	98	1296	1451	0.73	31389	14.83	1	1356	3760	0.78	55501	3	25.4	1	1	68288	83210	0.34	0.24	COM.
16	16927	16587	L 120	120	5.00	4700	152.00	458.25	3.74	med	8	98	98	809	1358	0.86	28274	18.40	1	1088	3760	0.82	31922	2	25.4	1	1	39523	83308	0.42	0.28	COM.
17	14618	14455	L 120	120	5.00	4700	184.60	812.18	3.73	med	5	134	98	788	1126	0.70	19604	18.40	1	881	3760	0.83	31922	2	25.4	1	1	39523	83308	0.37	0.23	COM.
18	13318	13106	L 120	120	6.00	4700	184.60	872.38	3.75	med	5	140	98	717	940	0.78	17059	18.40	1	803	3760	0.81	31922	2	25.4	1	1	39523	83308	0.24	0.21	COM.
19	12427	12314	L 127	127	7.00	4700	193.50	472.85	3.90	med	1	119	126	840	1406	0.45	22492	17.40	1	708	2277	0.31	39815	2	25.4	1	1	39523	82606	0.32	0.20	COM.
20	34263	34263	L 120	120	7.00	4700	187.27	249.53	3.74	med	3	91	98	1818	2384	0.78	44830	19.01	1	2863	3760	0.83	62206	3	25.4	1	1	92985	82606	0.58	0.38	COM.
21	20994	20959	L 120	120	7.00	4700	152.00	272.35	3.74	med	7	98	98	1791	2204	0.88	44830	14.03	1	1838	3760	0.83	55501	3	25.4	1	1	92985	83210	0.43	0.30	COM.
22	24403	24232	L 120	120	7.00	4700	187.27	331.32	3.74	med	2	95	98	1477	2163	0.68	34729	14.83	1	1858	3760	0.84	55501	3	25.4	1	1	92985	83210	0.41	0.29	COM.
23	20490	20445	L 110	110	6.00	4700	131.10	334.84	3.44	med	2	103	98	1584	1900	0.82	28272	11.48	1	1784	3760	0.82	43384	3	25.4	1	1	92985	83210	0.35	0.29	COM.
24	17103	16919	L 127	127	7.00	2830	184.40	400.94	3.08	med	2	129	875	1844	533	0.83	92313	11.41	1	127	2277	0.43	39836	3	25.4	1	1	68288	83909	0.29	0.18	COM.
25	13322	13672	L 127	127	7.00	3300	193.50	458.25	3.08	med	2	136	128	705	1424	0.48	28411	11.41	1	793	2277	0.34	39836	2	25.4	1	1	39523	82606	0.35	0.22	COM.
26	11355	11894	L 127	127	7.00	2830	184.40	312.18	3.08	med	8	138	128	586	1238	0.48	21596	11.41	1	853	2277	0.38	39836	2	25.4	1	1	39523	82606	0.29	0.18	COM.
27	9258	8709	L 127	127	7.00	2830	184.40	372.25	3.08	med	8	138	128	586	1238	0.48	21596	11.41	1	853	2277	0.38	39836	2	25.4	1	1	39523	82606	0.29	0.18	COM.
28	8320	8575	L 127	127	7.00	2830	184.40	372.25	3.08	med	8	119	128	448	1408	0.32	24796	17.41	1	497	2277	0.22	39836	2	25.4	1	1	39523	82606	0.22	0.14	COM.
29	29577	29577	L 110	110	8.00	2200	10.98	221.81	5.43	med	2	78	98	1744	2852	0.91	49378	14.80	1	1998	3760	0.83	59844	3	25.4	1	1	92985	85009	0.50	0.31	COM.
30	28322	28382	L 152	152	9.00	2830	28.12	498.85	4.77	med	1	105	126	1048	1657	0.83	69602	25.58	1	1150	2277	0.80	88189	3	25.4	1	1	92985	119298	0.50	0.26	COM.
31	17849	17849	L 102	102	9.00	2200	18.45	305.51	3.34	med	3	99	98	700	1706	0.67	31602	15.69	1	1128	3760	0.80	80045	2	25.4	1	1	39523	75286	0.45	0.24	COM.
32	28743	25969	L 120	120	8.00	4700	193.50	218.30	2.38	min	2	108	98	1441	2050	0.70	39043	18.40	1	1583	3760	0.82	81892	3	25.4	1	1	92985	85009	0.45	0.28	COM.
33	10245	10245	L 110	110	8.00	4700	184.60	321.51	3.53	med	7	78	98	1018	2851	0.36	49378	18.40	1	1233	3760	0.83	65644	3	25.4	1	1	92985	85009	0.31	0.18	COM.
34	18132	18132	L 130	130	10.00	4700	25.00	459.85	4.04	med	4	124	98	728	1315	0.55	32892	23.20	1	813	3760	0.21	84264	2	25.4	1	1	39523	79248	0.48	0.23	COM.
35	13014	13014	L 102	102	7.00	2830	15.60	305.60	3.15	med	3	106	126	714	1594	0.46	24715	13.27	1	875	2277	0.30	30437	2	25.4	1	1	39523	82606	0.28	0.18	COM.
36	16508	15893	L 102	102	7.00	2200	15.60	218.30	2.61	min	2	112	98	1065	1510	0.86	24955	13.27	1	1188	3760	0.81	60327	2	25.4	1	1	39523	82606	0.47	0.26	COM.
37	187	187	L 90	90	5.00	2300	8.20	520.12	2.78	med	4	188	126	21	567	0.04	4901	8.04	2	11	2277	0.01	18208	1	12.7	1	1	4740	8906	0.04	0.02	COM.
38	143	143	L 90	90	4.00	2300	4.25	208.72	1.92	min	4	192	126	34	489	0.08	2359	3.82	1	31	2277	0.02	8388	1	12.7	1	1	4740	7823	0.03	0.07	COM.
39	187	187	L 90	90	4.00	2300	4.25	208.72	1.92	min	4	192	126	34	489	0.08	2359	3.82	1	31	2277	0.02	8388	1	12.7	1	1					

GRUPO	ESFUERZOS MÁXIMOS		DENOMINACION	PERFIL ANGULAR			ESFUERZO DE FUERZA (FY)	AREA AT (cm²)	LONGITUD DEL BARRA (L) (mm)	RADIO DE GIRO		ACEE CURVA DE PÁNDICO	COMPRESIÓN			TENSION			UNIÓN			TORNILLO			CONDICIÓN DE TRABAJO DEL GRUPO DE BARRAS								
	Inc. COMPRESIÓN (Kg) (L)	Inc. TENSION (Kg) (L)		ALTURA (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)				RADIO (mm)	R. O MED		Inc. Actualme (Kg/cm²)	Inc. Permite (Kg/cm²)	% DE TRABAJO	CAPACIDAD DEL PERFL DEL. (Kg)	AREA META An (cm²)	AGLIERAS A DESCONTAR	R. Actualme (Kg/cm²)	Inc. Permite (Kg/cm²)	% DE TRABAJO	CAPACIDAD DEL PERFL DEL. (Kg)	CANTIDAD DE TORNILLOS	DIÁMETRO D (mm)		CORTANTE (G) (1/2)	ALAS UNIDAS	PR RESISTENCIA AL APILAMIENTO (Kg)	PR RESISTENCIA AL APILAMIENTO (Kg)	% DE TRABAJO AL CORTANTE	% DE TRABAJO AL APILAMIENTO		
1	15281	17269	L	102	102	7.50	2530	15.50	227.27	2.01	mm	2	115	126	973	1483	0.26	22978	13.37	1	1127	2277	0.50	30437	2	25.4	1	1	39523	62650	0.38	0.24	COM
2	15281	17269	L	120	120	8.00	4260	16.77	213.62	2.38	mm	2	97	98	1609	2120	0.76	30899	10.61	1	1818	3780	0.48	62796	3	25.4	1	1	59285	95008	0.51	0.32	COM
3	15281	17269	L	120	120	8.00	4200	16.77	227.27	2.38	mm	2	102	98	1660	1950	0.85	28397	10.61	1	1887	3780	0.53	62796	3	25.4	1	1	59285	85008	0.56	0.35	COM
4	15281	17269	L	75	75	7.50	4200	7.36	350.00	2.31	mm	0	152	98	0	877	0.00	8455	6.01	1	2920	3780	0.77	22718	2	25.4	1	1	39523	39924	0.44	0.44	TEN
5	15281	17269	L	120	120	8.00	4200	16.77	175.00	2.38	mm	2	85	94	1808	2017	0.89	43037	16.61	1	637	3780	0.17	62796	3	25.4	1	1	59285	95008	0.67	0.36	COM
6	15281	17269	L	75	75	6.00	4200	9.29	350.00	2.36	mm	4	148	58	437	2101	0.59	2177	7.51	1	1249	3780	0.33	62796	2	25.4	1	1	59285	28029	0.41	0.32	COM
7	15281	17269	L	120	120	8.00	4200	16.77	175.00	2.37	mm	2	128	98	1650	2000	0.90	44019	15.37	1	1249	3780	0.33	62796	3	25.4	1	1	59285	147648	0.81	0.34	COM
8	15281	17269	L	75	75	7.50	4200	13.50	350.00	2.74	mm	0	128	98	667	1234	0.53	16858	11.37	1	2583	3780	0.68	42967	2	25.4	1	1	59285	93909	0.50	0.31	TEN
9	15281	17269	L	127	127	11.10	4200	29.97	175.00	3.24	mm	2	63	88	2704	3322	0.81	68985	23.97	1	2022	3780	0.59	90016	6	25.4	1	1	118572	263896	0.82	0.28	COM
10	15281	17269	L	60	60	4.00	2530	4.72	350.00	1.84	mm	4	180	126	322	858	0.59	2929	4.15	1	128	2277	0.08	8445	1	12.7	1	1	4940	7925	0.51	0.10	COM
11	15281	17269	L	60	60	4.00	2530	4.72	175.00	1.19	mm	4	147	126	722	591	0.78	4394	4.15	1	1348	2277	0.58	8445	2	12.7	1	1	8881	15850	0.37	0.35	COM
12	15281	17269	L	50	60	4.00	2530	4.72	350.00	1.84	mm	4	190	126	474	656	0.85	2820	4.15	1	281	2277	0.12	8445	1	12.7	1	1	4940	7925	0.45	0.28	COM
13	15281	17269	L	70	70	5.00	2530	6.84	175.00	1.38	mm	4	127	126	752	1252	0.80	8864	6.13	1	1109	2277	0.49	13847	3	12.7	1	1	14821	29716	0.46	0.28	COM
14	15281	17269	L	80	80	4.00	2530	6.40	350.00	2.52	mm	0	132	126	1091	1162	0.94	7439	5.83	1	1092	2277	0.48	13270	3	12.7	1	1	14821	23774	0.47	0.39	COM
15	15281	17269	L	102	102	8.00	4200	12.51	175.00	2.03	mm	2	98	98	1934	2238	0.86	27902	10.78	1	2497	3780	0.68	40756	3	25.4	1	1	59285	78078	0.45	0.35	COM
16	15281	17269	L	45	45	4.00	2530	3.48	247.49	1.36	mm	4	182	126	338	808	0.56	2122	2.97	1	404	2277	0.18	8644	1	12.7	1	1	4940	7925	0.24	0.15	COM
17	15281	17269	L	85	85	4.00	2530	5.13	247.49	1.99	mm	4	125	126	1024	1268	0.79	9609	4.58	1	1162	2277	0.61	10370	2	12.7	1	1	8881	15850	0.53	0.33	COM
18	15281	17269	L	40	40	4.00	2530	3.08	129.74	0.78	mm	4	159	126	97	806	0.97	7484	2.51	1	48	2277	0.02	8711	1	12.7	1	1	4940	7925	0.04	0.02	COM
19	15281	17269	L	45	45	4.00	2530	3.49	175.00	0.88	mm	4	199	126	71	429	0.75	2925	2.52	1	1029	2277	0.09	8444	1	12.7	1	1	4940	7925	0.05	0.03	COM
20	15281	17269	L	80	80	4.00	2530	6.40	247.49	2.32	mm	2	109	98	1584	1691	0.94	19525	5.32	1	1808	3780	0.50	20110	2	25.4	1	1	59285	31699	0.36	0.37	COM
21	15281	17269	L	85	85	4.00	2530	3.08	123.74	0.78	mm	0	159	126	446	600	0.56	2484	2.51	1	548	2277	0.24	8711	1	12.7	1	1	4940	7925	0.28	0.17	COM
22	15281	17269	L	50	50	4.00	2530	3.99	175.00	0.68	mm	4	179	126	500	631	0.78	7458	3.32	1	586	2277	0.28	7555	1	12.7	1	1	4940	7925	0.39	0.25	COM
23	15281	17269	L	120	120	8.00	4200	20.80	251.77	3.88	mm	2	81	88	2481	2752	0.90	57238	18.37	1	1312	3780	0.35	69476	4	25.4	1	1	79048	147848	0.65	0.36	COM
24	15281	17269	L	120	120	8.00	4200	20.80	180.94	3.68	mm	2	87	88	2050	2270	0.64	68964	16.37	1	1531	3780	0.41	69476	4	25.4	1	1	79048	147848	0.54	0.30	COM
25	15281	17269	L	100	100	8.00	4200	11.85	150.79	1.97	mm	1	77	98	2029	2917	0.72	33380	8.41	1	1381	3780	0.37	31790	3	25.4	1	1	59285	147848	0.41	0.17	COM
26	15281	17269	L	90	90	5.00	4200	8.75	381.13	2.78	mm	0	108	98	0	1058	0.00	9239	7.40	1	9186	3780	0.84	27872	3	25.4	1	1	59285	59456	0.40	0.40	TEN
27	15281	17269	L	102	102	9.50	4200	16.15	371.86	3.12	mm	0	119	98	0	1417	0.00	28275	15.89	1	1476	3780	0.39	8891	3	25.4	1	1	59285	112928	0.39	0.20	TEN
28	15281	17269	L	75	75	4.00	4200	6.01	180.50	1.50	mm	2	110	98	1361	1656	0.62	9655	4.93	1	1818	3780	0.48	18835	2	25.4	1	1	39523	31699	0.28	0.28	COM
29	15281	17269	L	80	80	4.00	4200	6.40	201.20	2.52	mm	2	90	98	1108	2431	0.48	15555	5.32	1	1217	3780	0.32	20110	2	25.4	1	1	39523	31699	0.18	0.22	COM
30	15281	17269	L	80	80	4.00	2530	5.43	222.00	2.52	mm	5	98	126	75	1802	0.42	11321	5.57	1	989	2277	0.53	12114	2	25.4	1	1	39523	31699	0.19	0.17	TEN
31	15281	17269	L	80	80	4.00	2530	5.43	193.99	2.52	mm	4	73	98	181	304	0.68	10463	5.95	1	1236	3780	0.33	20110	2	25.4	1	1	39523	31699	0.17	0.21	TEN
32	15281	17269	L	40	40	4.00	2530	3.49	60.88	0.28	mm	2	111	126	1104	1545	0.51	5329	2.52	1	1403	2277	0.02	8711	2	12.7	1	1	8881	15850	0.41	0.24	COM
33	15281	17269	L	40	40	4.00	2530	3.08	101.69	0.28	mm	2	126	126	950	1332	0.77	3754	2.51	1	1068	2277	0.48	8711	1	12.7	1	1	8881	15850	0.30	0.18	COM
34	15281	17269	L	45	45	4.00	2530	3.49	119.60	0.68	mm	4	138	126	875	1090	0.57	3804	2.92	1	794	2277	0.35	6644	1	12.7	1	1	4940	7925	0.47	0.29	COM
35	15281	17269	L	55	55	4.00	2530	4.26	172.84	1.09	mm	4	159	126	593	801	0.73	3411	3.69	1	690	2277	0.30	8388	1	12.7	1	1	4940	7925	0.51	0.32	COM
36	15281	17269	L	75	75	4.00	4200	8.01	154.80	1.50	mm	2	107	98	1288	1748	0.74	10490	4.83	1	2088	3780	0.65	18835	2	25.4	1	1	39523	31699	0.28	0.32	COM
37	15281	17269	L	80	80	4.00	2530	6.40	168.70	1.80	mm	2	109	126	1301	1584	0.82	10140	5.32	1	1176	2277	0.52	12114	2	25.4	1	1	39523	31699</			

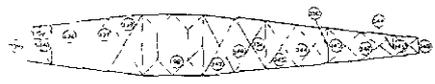
GRUPO	ESFUERZOS MÁXIMOS		DENOMINACION	PERFIL ANGULAR			ÁREA AT (mm²)	LONGITUD DE CIERRE l (mm)	RADIO DE GIRO		K	r	C	COMPRESIÓN				TENSION				UNIÓN		TORNILLO				CONDICIÓN DE TRABAJO DEL GRUPO DE BARRAS						
	fc (MPa)	ft (MPa)		ALTURA (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)			RADIO r (mm)	SE MED				f _a Admisión (MPa)	f _t Permisible (MPa)	% DE TRABAJU	CAPACIDAD DEL PERFL (Kg)	ÁREA META An (mm²)	ÁGUILERAS DESCENTRADAS	f _a Admisión (MPa)	f _t Permisible (MPa)	% DE TRABAJU	CAPACIDAD DEL PERFL (Kg)	CANTIDAD DE TORNILLOS	DÍAMETRO D (mm)	CORTANTE (FOLIOS)	ALAS UNIDAS		F ₀ RESISTENCIA AL CORTANTE (Kg)	F ₀ RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO (Kg)	% DE TRABAJU AL CORTANTE	% DE TRABAJU AL APLASTAMIENTO		
	(Kg)	(Kg)		(mm)	(mm)	(mm)			(mm)					(MPa)	(MPa)		(Kg)	(mm²)		(MPa)	(MPa)		(Kg)		(mm)	(FOLIOS)			(Kg)	(Kg)				
122	991	13581	L	75	75	4,00	4200	6,01	100,00	1,50	rnd	3	93	98	185	2202	0,07	13775	4,03	1	2755	3760	0,73	18635		3	25,4	1	1	9895	47549	0,23	0,28	TEN
123	3114	3361	L	40	40	4,00	2630	3,08	90,38	0,78	rnd	3	118	126	1011	1425	0,11	4385	2,51	1	1340	2771	0,58	5711		2	12,7	1	1	9391	15840	0,34	0,21	COM
124	2403	2248	L	40	40	4,00	2530	3,08	101,38	0,78	rnd	4	130	126	1086	1167	0,06	4385	2,51	1	888	2277	0,39	5711		1	12,7	1	1	4640	7925	0,49	0,30	COM
125	1789	1907	L	40	40	4,00	2530	3,09	112,80	0,78	rnd	4	153	126	572	856	0,67	2638	2,51	1	759	2277	0,33	5711		1	12,7	1	1	4940	7925	0,39	0,24	COM
126	2010	2107	L	50	50	4,00	2530	3,08	122,84	0,68	rnd	4	176	126	517	647	0,86	2518	3,32	1	694	2277	0,27	7555		1	12,7	1	1	4640	7925	0,42	0,26	COM
127	4330	9825	L	25	35	5,00	4200	4,26	154,80	1,03	rnd	5	137	98	1016	1076	0,95	4582	3,69	1	1878	3760	0,50	13941		2	12,7	1	1	9881	15850	0,70	0,44	COM
128	5690	3552	L	85	85	4,00	2530	5,13	189,70	1,28	rnd	5	129	126	1092	1259	0,80	5294	4,56	1	798	2277	0,34	10379		2	12,7	1	1	9881	15850	0,57	0,35	COM
129	3544	3702	L	80	80	4,00	2530	4,72	193,80	1,19	rnd	5	148	126	751	842	0,82	4446	4,15	1	892	2277	0,39	8445		2	12,7	1	1	9881	15850	0,37	0,28	COM
130	3193	3057	L	60	60	4,00	2530	4,72	159,10	1,19	rnd	5	168	126	878	876	0,89	3080	4,15	1	132	2277	0,32	8445		2	12,7	1	1	9881	15850	0,32	0,29	COM
131	25	5702	L	50	50	4,00	2530	3,89	50,00	0,68	rnd	3	96	126	8	1849	0,80	7981	3,32	1	1523	2277	0,62	7555		1	12,7	1	1	9881	15850	0,51	0,32	TEN
132	94	135	L	45	45	4,00	2530	4,49	171,72	0,84	rnd	4	105	126	27	529	0,05	1545	2,92	1	40	2277	0,02	5644		1	12,7	1	1	4940	7925	0,03	0,00	TEN
133	1246	949	L	75	75	4,00	4200	6,01	101,23	1,50	rnd	3	94	98	207	2275	0,06	13674	4,93	1	1625	3760	0,51	15833		2	25,4	1	1	35233	31909	0,34	0,30	TEN
134	217	2485	L	50	50	4,00	2530	3,89	276,22	1,52	mkd	4	162	126	58	610	0,05	2372	3,32	1	740	2277	0,33	7555		2	12,7	1	1	9881	15850	0,25	0,16	TEN
135	4708	4709	L	60	60	4,00	2530	4,72	146,30	1,19	rnd	5	122	126	1017	1342	0,76	6332	4,15	1	1138	2277	0,60	6445		2	12,7	1	1	9881	15850	0,40	0,30	COM
136	5130	5130	L	70	70	5,00	2530	6,84	185,34	1,38	rnd	6	131	126	760	1174	0,64	8032	6,13	1	838	2277	0,37	13947		2	12,7	1	1	9881	16812	0,52	0,26	COM
137	3564	3585	L	80	80	4,00	2530	4,72	187,30	1,19	rnd	5	140	126	789	800	0,84	4289	4,15	1	894	2277	0,38	9445		2	12,7	1	1	9881	15850	0,36	0,23	COM
138	2027	2925	L	80	80	4,00	2530	4,72	206,40	1,19	rnd	5	161	126	820	176	0,86	3973	4,15	1	705	2277	0,31	9445		2	12,7	1	1	9881	15850	0,30	0,18	COM
139	360	0	L	50	50	4,00	2530	3,89	195,34	0,60	rnd	4	192	126	84	545	0,17	2121	3,32	1	0	2277	0,00	7555		1	12,7	1	1	4640	7925	0,07	0,00	COM
140	3532	3610	L	55	55	4,00	2530	4,26	240,76	1,88	mkd	4	136	126	829	1105	0,76	4707	3,69	1	970	2277	0,43	8768		2	12,7	1	1	9881	15850	0,37	0,23	COM
141	3380	3329	L	45	45	5,00	2530	4,26	159,30	0,67	rnd	4	124	126	783	1298	0,29	6583	3,69	1	826	2277	0,41	6165		1	12,7	1	1	4940	9908	0,68	0,34	COM
142	2345	2248	L	40	40	4,00	2530	3,08	137,00	0,68	rnd	4	140	126	601	1030	0,68	4008	3,32	1	888	2277	0,38	7555		2	12,7	1	1	9881	15850	0,30	0,18	COM
143	1898	1587	L	45	45	4,00	2530	3,49	147,40	0,68	rnd	4	168	126	582	718	0,80	2525	2,92	1	544	2277	0,24	8644		1	12,7	1	1	4940	7925	0,40	0,25	COM
144	4196	1903	L	55	55	4,00	2530	4,26	155,10	0,68	rnd	5	137	126	585	1072	0,92	4590	3,69	1	1058	2277	0,44	8388		2	12,7	1	1	9881	15850	0,42	0,20	COM
145	3153	3391	L	55	55	4,00	2530	4,26	159,20	1,09	rnd	5	147	126	740	933	0,75	3975	3,69	1	919	2277	0,40	8398		2	12,7	1	1	9881	15850	0,34	0,21	COM
146	2790	3112	L	55	55	4,00	2530	4,26	184,10	1,09	rnd	5	157	126	655	814	0,80	3496	3,69	1	844	2277	0,37	8398		2	12,7	1	1	9881	15850	0,31	0,20	COM
147	2843	2404	L	80	80	4,00	2530	4,72	180,90	1,10	rnd	4	168	126	569	718	0,78	3376	4,15	1	580	2277	0,26	9445		1	12,7	1	1	4940	7925	0,54	0,34	COM
148	0	212	L	40	40	4,00	2530	3,08	82,53	0,78	rnd	3	118	126	0	1399	0,00	4308	2,51	1	85	2277	0,04	5711		2	12,7	1	1	9881	15850	0,02	0,01	TEN
149	601	0	L	50	50	5,00	2530	4,26	124,01	0,97	rnd	4	129	126	125	1232	0,10	6813	4,08	1	0	2277	0,00	9302		1	12,7	1	1	4940	9908	0,12	0,00	COM
150	11	139	L	55	55	4,00	2530	4,26	202,46	1,09	rnd	4	196	126	31	984	0,05	2496	3,69	1	38	2277	0,02	8398		1	12,7	1	1	4940	7925	0,03	0,02	COM
151	237	34	L	70	70	5,00	2530	6,84	216,23	1,38	mkd	4	200	126	35	503	0,07	3437	6,13	1	2	2277	0,00	13947		1	12,7	1	1	4640	6906	0,05	0,02	COM
152	3918	2947	L	85	85	5,00	4200	9,31	353,89	1,29	mkd	5	98	98	462	2183	0,21	13659	5,60	1	473	3760	0,13	21140		2	12,7	1	1	9881	15812	0,30	0,15	COM
153	0	10254	L	70	70	5,00	4200	6,84	112,37	1,38	mkd	4	195	98	3	1293	0,00	3927	3,46	1	1688	3760	0,49	20758		2	25,4	1	1	38233	30974	0,28	0,20	TEN
154	9201	1469	L	75	75	3,00	2530	2,38	159,70	1,40	mkd	5	122	126	1292	1349	0,94	9966	5,01	1	244	2277	0,11	13685		2	25,4	1	1	38233	30974	0,24	0,23	COM
155	254	4481	L	45	45	4,00	2530	3,49	173,90	0,68	rnd	5	170	126	73	827	0,12	2189	2,92	1	1538	2277	0,67	8544		2	12,7	1	1	9881	15850	0,45	0,28	TEN
156	3698	1108	L	55	55	4,00	2530	4,26	149,30	1,09	rnd	5	133	126	681	1159	0,76	4851	3,69	1	300	2277	0,13	8388		2	12,7	1	1	9881	15850	0,37	0,25	COM
157	874	2823	L	80	80	4,00	2530	4,72	350,23	1,84	mkd	6	163	126	189	756	0,25	3585	4,15	1	697	2277	0,31	8445		2	12,7	1	1	9881	15850	0,29	0,18	TEN
158	2818	148	L	55	55	4,00	2530	4,26	189,60	1,09	rnd	4	155	126	815	842	0,73	3585	3,69	1	40	2277	0,02	8398		1	12,7	1	1	4940	7925	0,53	0,33	COM
159	867	3248	L	45	45	4,00	2530	3,49	159,38	0,88	rnd	6	165	126	289	743	0,38	2594	2,92	1	1113	2277	0,49	6844		2	12,7	1	1	9881	15850	0,33	0,20	TEN
160	4518	0	L	70	70	5,00	4200	6,84	198,51	1,38	rnd	3	89	86	661	2071	0,32	14168	6,13	1	0	3760	0,00	23153		3	12,7	1	1	14821	29718	0,30	0,16	COM
161	0	7193	L	70	70	6,00	2530	6,84	169,93	1,38	rnd	5	122	126	0	1339	0,00	6156	6,13	1	1173	2277	0,52	13947		2	12,7	1	1	9881	16812	0,73	0,36	TEN
162	6698	5106	L	85	85	4,00	2530	5,13	148,13	1,88	mkd	3	97	126	1306	1778	0,74	9110	4,56	1	1120	2277	0,49	10379		3	12,7	1	1	14821	23774	0,45	0,29	COM
163	5204	8627																																



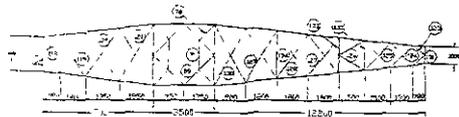
1. EL DISEÑO DE ESTA OBRA SE HA HECHO DE ACUERDO A LAS NORMAS DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS CIVILES DEL PERU Y A LAS NORMAS DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS CIVILES DEL ECUADOR.

2. EL DISEÑO DE ESTA OBRA SE HA HECHO DE ACUERDO A LAS NORMAS DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS CIVILES DEL PERU Y A LAS NORMAS DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS CIVILES DEL ECUADOR.

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL PERU FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE CIVIL
	PROYECTO TESIS PROFESIONAL TITULO: DISEÑO DE LA TORRE DE TELEVISION AUTORES: [Nombres de los autores] ASESOR: [Nombre del asesor]
FECHA: [Fecha] LUGAR: [Lugar]	INSTITUCION: [Institucion] CARRERA: [Carrera] GRUPO: [Grupo]



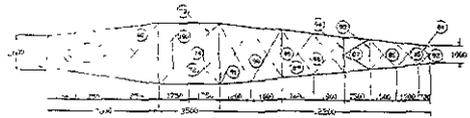
CORTE A



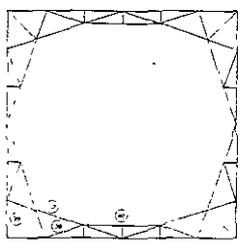
CORTE B



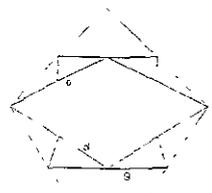
CORTE C



CORTE D



CORTE L



CORTE M



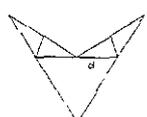
CORTE E



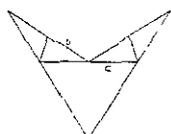
CORTE F



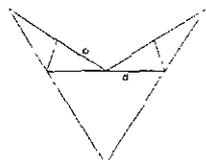
CORTE G



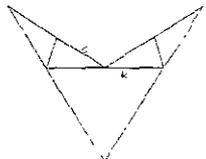
CORTE H



CORTE I



CORTE J



CORTE K



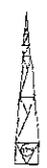
CORTE N



CORTES P - Q



CORTES R - S



CORTES T - U



CORTES V - W



CORTES T - U



CORTES V - W



CORTES T - U



CORTES V - W

NOTAS

- 1) USAR LOS PERFILES CONSIDERADOS EN ESTE DISEÑO
- 2) LOS JUNTOS ENLUCADOS EN CALIENTE ASTM A-55
- 3) A-570 EN ESTOS LUGARES DE CONEXION LAS QUICLOSERAN SIM A-55
- 4) LA TRILICION CONSIDERADA EN EL DISEÑO DE LOS PERFILES QUE NO SE ESPECIFIEN SERAN DE L-40X
- 5) EL GRUPO 107 PERTENECE AL GRUPO MEDIO

3) TIPO DE PERFILES A USAR

a	L 45x	1	L 55x4	2	L 70x5
b	L 50x	1	L 20x4		
c	L 55x4	1	L 50x5		
d	L 50x	1	L 50x5		

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS	
PROYECTO TESIS PROFESIONAL	
TITULO CUERPO BASICO SOBRE 4763 MU+20 EX-0	
RELEVAN 450 207 / 450 / 450 m - REARTE USD 151 - L 20 70 m	
NOMBRE ING. MARCO A. ALVAREZ BARRAS FECHA JUNIO 1968	CANTIDAD DISEÑO FECHA JUNIO 1968

CAPÍTULO VII

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

VII.1 GENERALIDADES

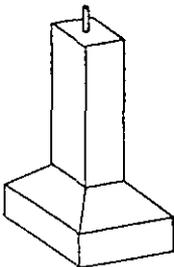
En las torres autoportadas, las fuerzas externas debidas a las condiciones de: Viento, hielo, altura de conductor y peso propio, producen compresión y tensión en las patas de las torres, por lo que el diseño de la cimentación es propuesto a criterio del diseñador.

La elección del tipo de cimentación depende de lo siguiente:

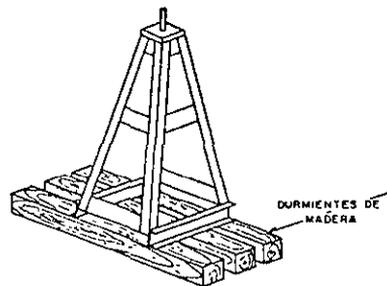
- a) De la ubicación y de las condiciones del terreno.
- b) Los costos del material y mano de obra.
- c) La accesibilidad.
- d) Las prácticas constructivas y el equipo a usar.

Las cimentaciones de las patas son generalmente de concreto reforzado coladas en sitio o prefabricadas; éstas consisten en una columna (Dado) y una base, en algunos lugares se usan cimentaciones de acero, las cuales están formadas por un armazón de forma piramidal que tiene como base una parrilla ya sea de acero u ocasionalmente de madera; ver figuras 35 a y b.

Como los esfuerzos del terreno prácticamente se distribuyen en forma uniforme debajo de la cimentación de las patas, los diferentes tipos de suelo pueden tratarse con un mismo criterio de diseño, simplemente variando las dimensiones de la cimentación por lo que la presente memoria tiene por objeto desarrollar un método práctico para el cálculo de la cimentación que llevará la torre autoportada tipo 4PR3 (Zapata Aislada).



a) Cimentación de concreto reforzado



b) Cimentación de acero con durmientes de madera o vigas de acero

FIGURA 35

La cimentación superficial bajo cada una de las patas de una torre de transmisión se puede diseñar utilizando zapata aislada de concreto reforzado, apoyada en el terreno conforme lo indican las especificaciones de C.F.E.; a una profundidad de desplante no menor de 2 m y en casos especiales hasta 3.5 m, con las siguientes características de diseño:

Para referencias y normas; ver bibliografía:

VII.2 MATERIALES

* Concreto (Cemento puzolánico) resistente a la corrosión

- Resistencia a la compresión en zapatas. $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la compresión en plantillas. $f'c = 90 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico o volumétrico del concreto. $\text{Gama } \gamma_c = 2.4 \text{ t/m}^3$
- Peso específico húmedo del suelo $\text{Gama } \gamma_s = 1.6 \text{ t/m}^3$

* Acero de Refuerzo Corrugado

- Resistencia a la fluencia $f_{y\text{mín}} = 4200 \text{ kg/cm}^2$

• Suelos

- Toda estructura debe tener una base, la cual debe ser un mediador entre el suelo en el que se desplantara la estructura y la estructura misma. Esta base debe garantizar que la estructura no sufra deformaciones debidas a cargas permanentes o accidentales que afecten su funcionamiento y seguridad por lo que se hizo un estudio local de la zona donde se va a desplantar la estructura y se obtuvieron los siguientes resultados del estudio de mecánica de suelos, con estos se calculará la cimentación para el siguiente tipo de suelo y cuyas propiedades son las siguientes:

Tipo de suelo	C_u (T/m ²)	Resistencia (T/m ²)	S_{adm} (T/m ²)	$\gamma_s C_u$	Beta (grados)	Nivel freático
Cohesivo	10,60	20	20	16.32	20°	profundo

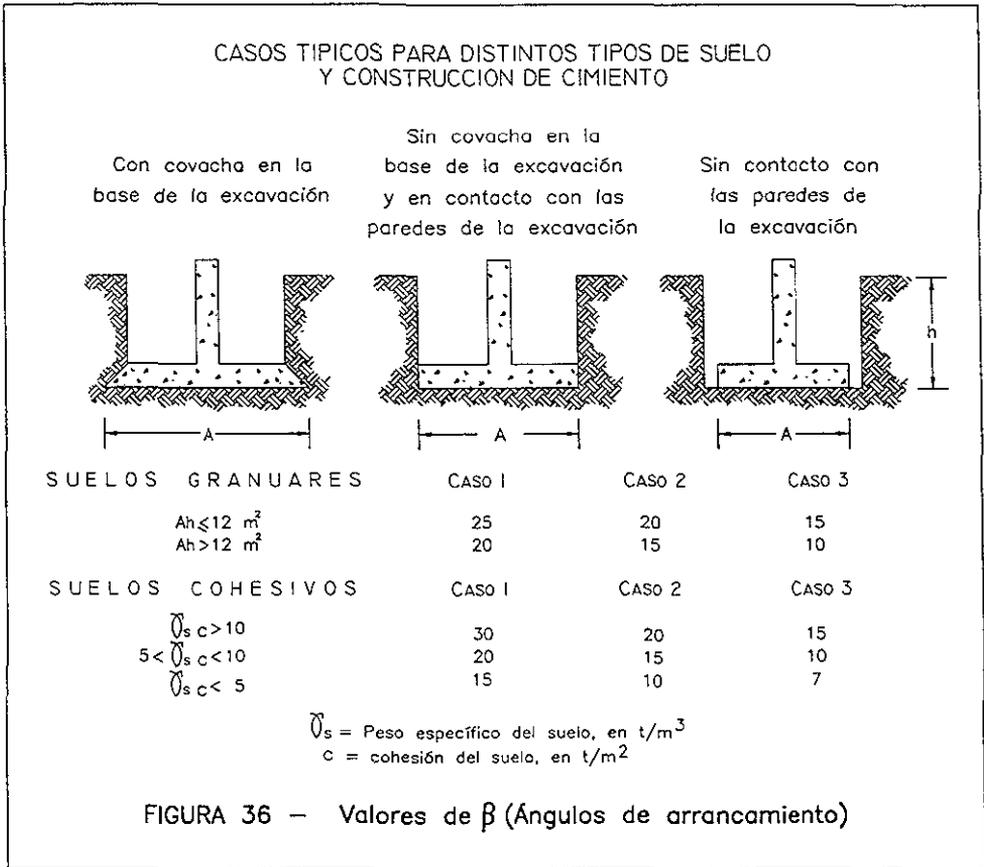
- C_u Cohesión del suelo, en T/m²
- Capacidad de carga neta admisible para condiciones accidentales.
 $S_{acc} \text{ (T/m}^2\text{)} = S_{adm} * 1.33$ [CFE Especificación J1000 -50]
 Es la presión efectiva máxima aplicada al terreno.
- Capacidad de carga neta admisible del terreno al nivel del desplante.
 $S_{adm} \text{ (T/m}^2\text{)} -$ (no se considera el peso del relleno)

- Ángulo de arrancamiento máximo.

Beta (grados)

[Manual de Diseño de Obras Civiles C2.3]

Estos valores pueden variar dependiendo de la ubicación de la estructura; ver figura 36



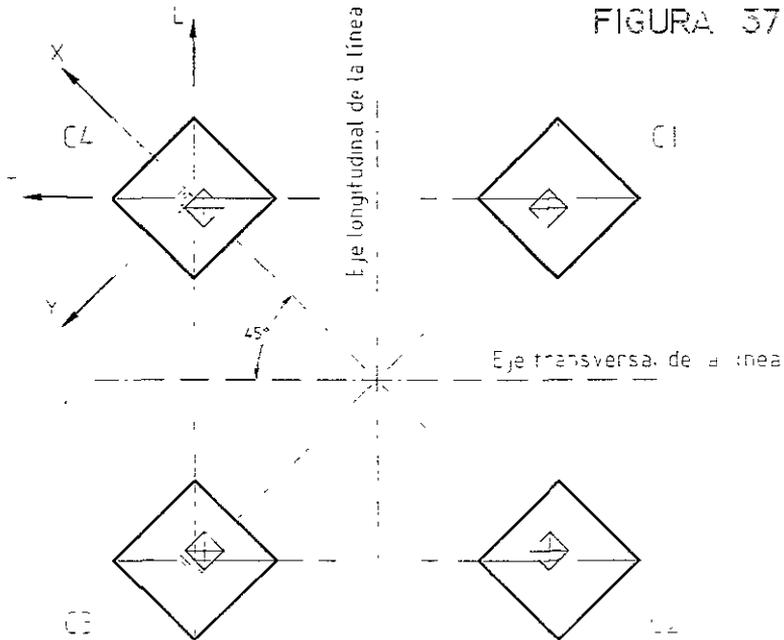
VII.3 OBJETIVO

El objetivo principal es proporcionar las dimensiones y el acero de refuerzo de la zapata, necesarias y suficientes para resistir íntegramente las cargas últimas de compresión, tensión y cortante, que cada una de las patas de la torre transmite a la cimentación, teniendo como límite: La presión admisible del suelo, el ángulo de arranque a tensión, la estabilidad de la cimentación y las resistencias últimas de los materiales de construcción (concreto y acero de refuerzo), aplicando las normas correspondientes.

VII.4 DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA

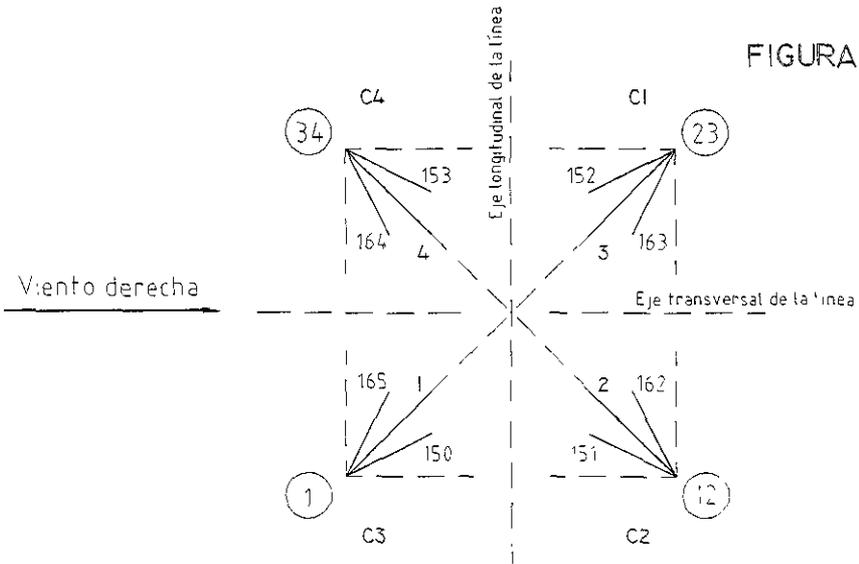
Para el planteo de las bases (zapatas aisladas) de la torre, son necesarios algunos datos que se obtienen a partir de la superestructura como son: **Ver figuras 37, 38 y 39.**

- Número de grupo:** De las barras involucradas en el cálculo de la cimentación.
- Combinación de carga:** Donde se presenten las cargas mayores.
- Nodo y Barras involucradas** en las configuraciones más desfavorables a compresión y tensión.
- Carga real:** La que se transmite por cada elemento, de las cuatro configuraciones de análisis.
- Cálculo de las pendientes:** En la cara de la torre, en el espacio con respecto al esquinero y el de la cara de la torre, para el análisis de las cargas.
- Ángulos:** En la cara de la torre, en el espacio con respecto al esquinero y el de la cara de la torre, para el análisis de las cargas.



DISPOSICIÓN PARA DISEÑO DE LAS CUATRO ZAPATAS AISLADAS

FIGURA 38



RESUMEN DE CARGAS CALCULADAS DE LA ENVOLVENTE			
GRUPO	COMBINACION	BARRAS	CARGA
1	NOREM400 <small>NORMAL REMATE 400 KV</small>	1	51192 Ton
		2	-21511 Ton
		3	8107 Ton
		4	271387 Ton
29	NOREM400	150	12533 Ton
		151	-12533 Ton
		152	-10265 Ton
		153	10265 Ton
32	NOREM400	162	-1146 Ton
		163	1146 Ton
		164	3434 Ton
		165	-3434 Ton

CONFIGURACIONES PARA DISEÑO

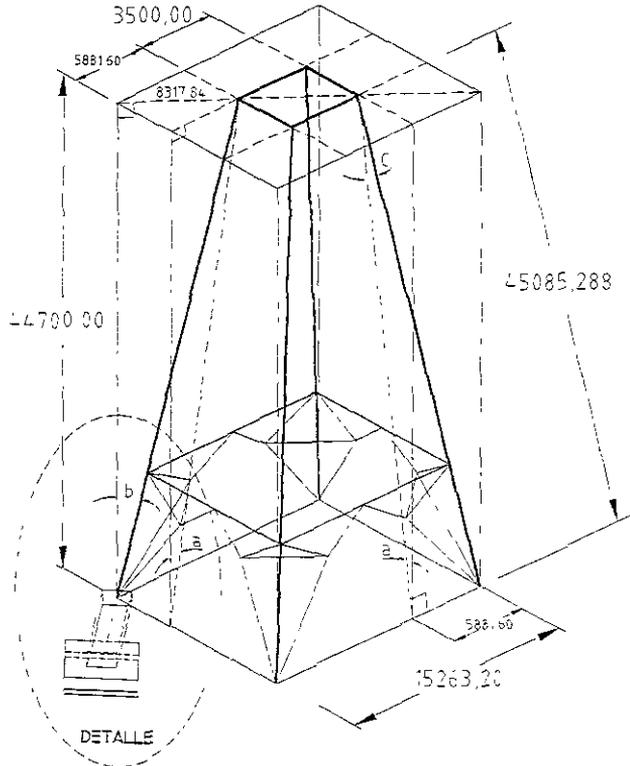
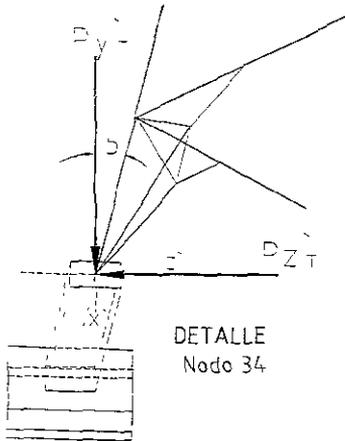
2	COMPRESION	4	TENSION
151	COMPRESION	151	TENSION
162	COMPRESION	162	TENSION

TORRE 4PR3

FIGURA 39

CUERPO PIRAMIDAL DE LA TORRE

ACOT EN MILIMETROS
SIN ESCALA



DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA

$$5253,20 - 3500,00 = 1753,20$$

$$\frac{1753,20}{3} = 588,60$$

$$\sqrt{588,60^2 + 588,60^2} = 8317,838$$

$$\sqrt{588,60^2 + 44700,00^2} = 45085,288$$

$$\text{PENDIENTE EN LA CARA} = \frac{5881,600}{44700,00} = 0,13158$$

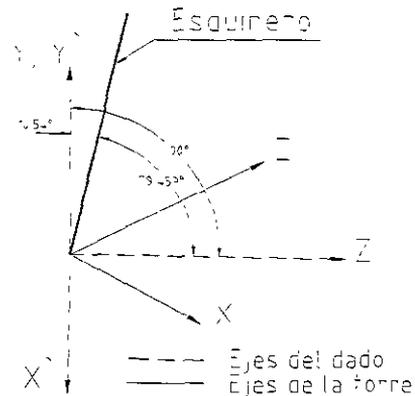
$$\text{PENDIENTE EN EL ESPACIO} = \frac{8317,838}{44700,00} = 0,18608$$

$$\text{PENDIENTE DE LA CUPA} = \frac{5881,600}{45085,29} = 0,13045$$

$$\text{ÁNGULO EN LA CARA } (a) = \text{TAN}^{-1} 0,13158 = 7,49588^\circ$$

$$\text{ÁNGULO EN EL ESPACIO } (b) = \text{TAN}^{-1} 0,18608 = 10,54112^\circ$$

$$\text{ÁNGULO DE LA CARA } (c) = \text{TAN}^{-1} 0,13045 = 7,43255^\circ$$



Sistemas de Referencia

VII.5 ANÁLISIS DE CARGAS SOBRE LA CIMENTACIÓN

De la resolución de la estructura metálica se obtiene: Ver figuras 40 a, b y 41 a, b.

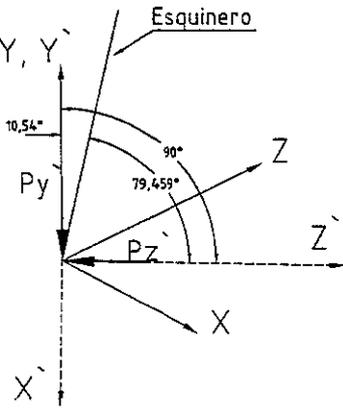


FIGURA 40 a

----- EJES DEL DADO
 ————— EJES DE LA TORRE

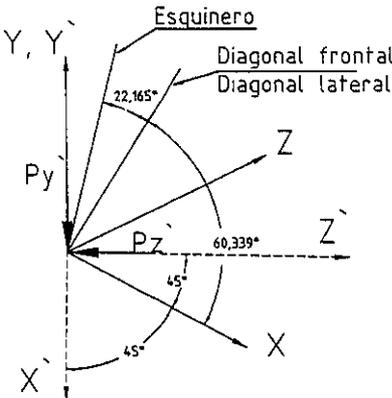


FIGURA 40 b

A COMPRESIÓN BARRA No. 2

En los ejes de cálculo

$$\text{Coseno } 79,459^\circ = \frac{Pz'}{-315112}$$

$$Pz' = -315112 \text{ (Coseno } 79,459^\circ)$$

$$Pz' = -57646,95 \text{ kg}$$

$$\text{Seno } 79,459^\circ = \frac{Py'}{-315112}$$

$$Py' = -315112 \text{ (Seno } 79,459^\circ)$$

$$Py' = -309794,13 \text{ kg}$$

A TENSIÓN BARRA No. 4

En los ejes de cálculo

$$\text{Coseno } 79,459^\circ = \frac{Pz'}{271387}$$

$$Pz' = 271387 \text{ (Coseno } 79,459^\circ)$$

$$Pz' = 49647,85 \text{ kg}$$

$$\text{Seno } 79,459^\circ = \frac{Py'}{271387}$$

$$Py' = 271387 \text{ (Seno } 79,459^\circ)$$

$$Py' = 266807,04 \text{ kg}$$

A COMPRESIÓN BARRA No. 151

En la cara frontal

$$\text{Coseno } 60,339^\circ = \frac{Pz}{-12533}$$

$$Pz = -12533 \text{ (Coseno } 60,339^\circ)$$

$$Pz = -6202,10 \text{ kg}$$

$$\text{Seno } 60,339^\circ = \frac{Py}{-12533}$$

$$Py = -12533 \text{ (Seno } 60,339^\circ)$$

$$Py = -10890,82 \text{ kg}$$

A TENSIÓN BARRA No. 153

En la cara posterior

$$\text{Coseno } 60,339^\circ = \frac{Pz}{10265}$$

$$Pz = 10265 \text{ (Coseno } 60,339^\circ)$$

$$Pz = 5079,76 \text{ kg}$$

$$\text{Seno } 60,339^\circ = \frac{Py}{10265}$$

$$Py = 10265 \text{ (Seno } 60,339^\circ)$$

$$Py = 8919,99 \text{ kg}$$

En los ejes de cálculo

$$Pz' = -6202,10 \text{ (Coseno } 45^\circ)$$

$$Pz' = -4385,55 \text{ kg}$$

$$Px' = -6202,10 \text{ (Coseno } 45^\circ)$$

$$Px' = -4385,55 \text{ kg}$$

$$Py' = -10890,82 \text{ (Coseno } 7,496^\circ)$$

$$Py' = -10797,75 \text{ kg}$$

En los ejes de cálculo

$$Pz' = 5079,76 \text{ (Coseno } 45^\circ)$$

$$Pz' = 3591,93 \text{ kg}$$

$$Px' = 5079,76 \text{ (Coseno } 45^\circ)$$

$$Px' = 3591,93 \text{ kg}$$

$$Py' = 8919,99 \text{ (Coseno } 7,496^\circ)$$

$$Py' = 8843,76 \text{ kg}$$

A COMPRESIÓN BARRA No. 162

En la cara lateral

$$\text{Coseno } 60,339^\circ = \frac{Pz}{-1146}$$

$$Pz = -1146 \text{ (Coseno } 60,339^\circ)$$

$$Pz = -567,11 \text{ kg}$$

$$\text{Seno } 60,339^\circ = \frac{Py}{-1146}$$

$$Py = -1146 \text{ (Seno } 60,339^\circ)$$

$$Py = -995,84 \text{ kg}$$

A TENSIÓN BARRA No. 164

En la cara lateral

$$\text{Coseno } 60,339^\circ = \frac{Pz}{3434}$$

$$Pz = 3434 \text{ (Coseno } 60,339^\circ)$$

$$Pz = 1699,36 \text{ kg}$$

$$\text{Seno } 60,339^\circ = \frac{Py}{3434}$$

$$Py = 3434 \text{ (Seno } 60,339^\circ)$$

$$Py = 2984,05 \text{ kg}$$

En los ejes de cálculo

$$Pz' = -567,11 \text{ (Coseno } 45^\circ)$$

$$Pz' = -401,01 \text{ kg}$$

$$Px' = -567,11 \text{ (Coseno } 45^\circ)$$

$$Px' = -401,01 \text{ kg}$$

$$Py' = -995,84 \text{ (Coseno } 7,496^\circ)$$

$$Py' = -987,33 \text{ kg}$$

En los ejes de cálculo

$$Pz' = 1699,36 \text{ (Coseno } 45^\circ)$$

$$Pz' = 1201,63 \text{ kg}$$

$$Px' = 1699,36 \text{ (Coseno } 45^\circ)$$

$$Px' = 1201,63 \text{ kg}$$

$$Py' = 2984,05 \text{ (Coseno } 7,496^\circ)$$

$$Py' = 2958,53 \text{ kg}$$

Verificación de las cargas máximas en valor absoluto; para este caso en particular en que las zapatas se encuentren con una inclinación a 45° con respecto a la dirección longitudinal de la línea de transmisión como se muestra en la figura 37; las cargas se definen como:

a) **Para verificación de la presión sobre el terreno.**

Según los ejes principales de la cimentación (ejes de cálculo):

FPz (-) = Carga en dirección vertical máxima de compresión en Z. (ton)

FPt (-) = Carga en dirección transversal máxima de compresión en X. (ton)

FP1 (-) = Carga en dirección longitudinal máxima de compresión en Y. (ton)

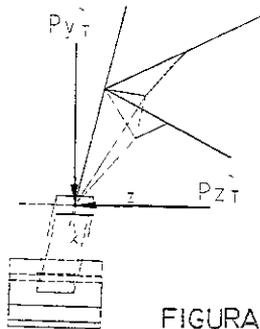


FIGURA 41 a

A COMPRESION

$$Z = P_{yT} = -309704,73 - 10797,75 - 987,33 = -321,56 \text{ Ton}$$

$$X = P_{zT} = -57040,95 - 4385,55 - 401,01 = -62,433 \text{ Ton}$$

$$Y = P_{xT} = -4385,55 - 401,01 = -4,79 \text{ Ton}$$

$$FPZ = |321,56| \text{ Ton}$$

$$FX = |62,43| \text{ Ton}$$

$$FY = |4,79| \text{ Ton}$$

b) **Para verificación a arrancamiento.**

Según los ejes principales de la cimentación (ejes de cálculo):

FPz (+) = Carga en dirección vertical máxima de tensión en Z. (ton)

FPt (+) = Carga en dirección transversal máxima de tensión en X. (ton)

FP1 (+) = Carga en dirección longitudinal máxima de tensión en Y. (ton)

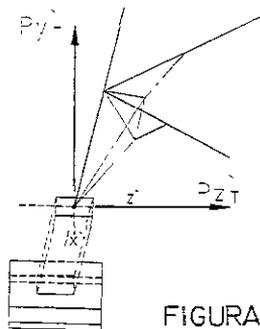


FIGURA 41 b

A TENSION

$$Z = P_{y-} = 265807,04 + 8843,76 + 2958,53 = 278,61 \text{ ton}$$

$$X = P_{z-} = 49647,85 + 3591,93 + 1201,63 = 54,44 \text{ Ton}$$

$$Y = P_{x-} = 3591,93 + 1201,63 = 4,79 \text{ Ton}$$

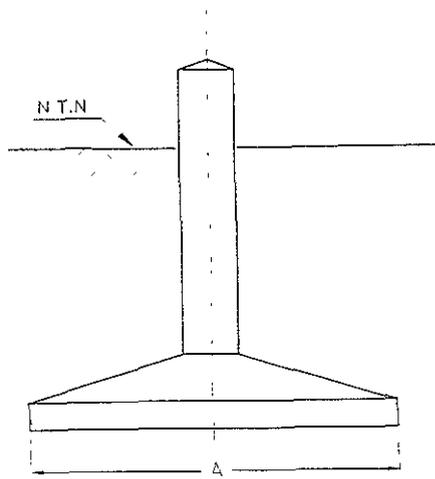
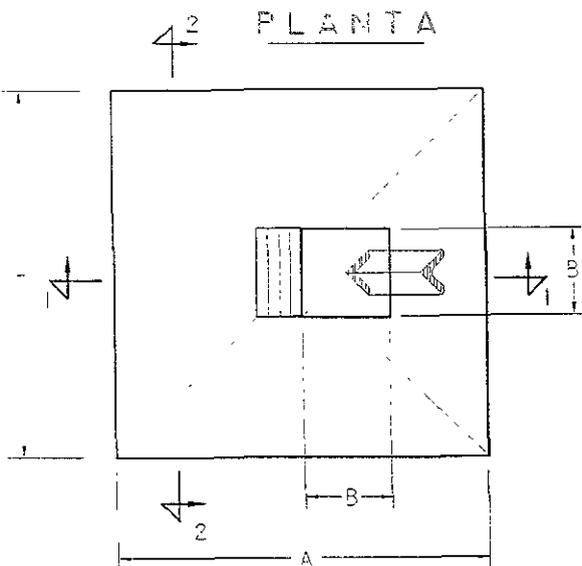
$$FPZ = |278,61| \text{ Ton}$$

$$FX = |54,44| \text{ Ton}$$

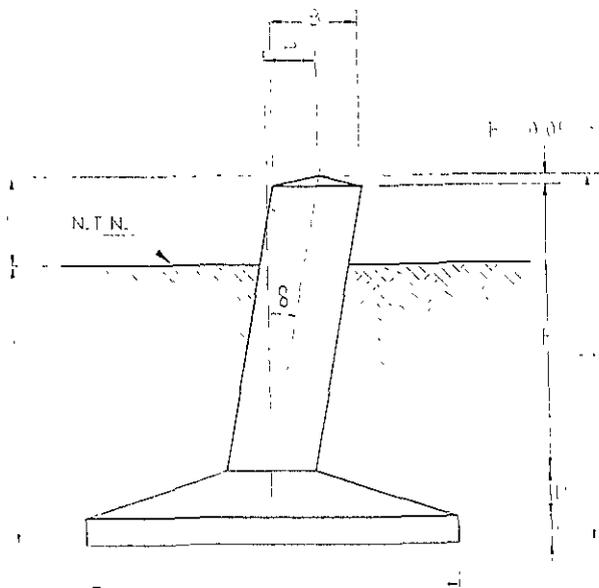
$$FY = |4,79| \text{ Ton}$$

VII.6 ESQUEMA GENERAL (Dimensiones de la base)

- Características Geométricas



CORTE 2 - 2



CORTE 1 - 1

- A - Ancho de la zapala cuadrada (m)
- B - Ancho del dado cuadrado (m)
- C - Peralte mesor de la zapala (m)
- D - Altura del escarpio (m)
- E - Longitud del dado (m)
- F - Escarpio para drenaje en la corona del dado (m) 0.05
- h - Altura sobresaliente del dado sobre el terreno natural (m)
- h1 - profundidad de desplante de la zapala (m)
- h1 - Altura total de la zapala (m)
- Delta - Ángulo de inclinación del escarpio (grados)
- e - Excentricidad de la corona del dado al centro de la zapala (m)
- alpha - (1/2) Delta

FIGURA 11

VII.7 DIMENSIONAMIENTO, (Procedimiento general de diseño)

Dimensiones propuestas: A, B, C, D, E

La selección de cargas con las que se analizan tanto la capacidad de carga del suelo, como la resistencia al volteo y la resistencia al arrancamiento, se hace a partir de las reacciones que producen los esfuerzos máximos en la cimentación calculados, para esto se considera en primer término las reacciones obtenidas para el nivel +20 con 4 extensiones +0, correspondientes a todas las combinaciones de carga supuestas en el diseño de la torre, se calculan los momentos que actúan sobre la losa de cimentación como consecuencia de dichas reacciones a partir de la ecuación vectorial:

$$M = r \otimes F$$

En donde:

r = Es el vector de posición de la resultante de fuerzas en la parte superior del dado, referido al centro de la base de la zapata.

F = Es la resultante de las fuerzas aplicadas sobre el dado de la zapata, que son las reacciones de la torre.

M = Es el momento equivalente, aplicado en la base de la zapata.

VII.7.1 ELEMENTOS MECANICOS PARA DISEÑO

Para este tipo de estructuras es necesario calcular las excentricidades a compresión y tensión, las fuerzas cortantes que se generan, y los momentos flexionantes que se aplicarán para calcular las presiones efectivas máximas.

TORRE 4PR3 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

GEOMETRÍA DE LA TORRE					COMPRESIÓN					TENSION			
DISTANCIA ENTRE PATAS					15,263 m					FPz = 321,58 Ton			
DISTANCIA DE LA CINTURA					3,500 m					Fx = -62,43 Ton			
ALTURA DEL CUERPO PIRAMIDAL					44,700 m					Fy = -4,79 Ton			
ÁNGULO DE ARRANCAMIENTO (Beta)					20 Gra.								
										Concreto	Suelo	Capacidad	
A	B	C	D	E	F	b	H	ht	Delta	e	Gama c	Gama s	Sadm
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(Grados)	(m)	(T/m3)	(T/m3)	(T/m2)
1,30	0,90	0,35	0,50	5,35	0,05	5,10	1,15	6,25	10,54	-1,00	2,40	1,60	20

De la ecuación anterior resultan las ecuaciones para obtener los momentos alrededor de los ejes ortogonales "x" y "y"; utilizando las dimensiones definitivas que se indican en la tabla anterior, después de hacer varias interacciones para revisar las dimensiones óptimas de la zapata aislada propuesta en este trabajo.

Del esquema general (Dimensiones de la base) presentado en VII.6, de las figuras anteriores y de la tabla anterior se procede a realizar el **cálculo automático apoyado en una hoja de cálculo del programa para computadora Excel**, el cual es manipulado solamente por las dimensiones propuestas en VII.7 y su secuencia de cálculo es la siguiente.

e = Excentricidad de la corona del dado al centro de la zapata

$$e = \tan(\Delta) * (E + F) \qquad e = 0,1861 * 5,400 = 1,005 \text{ m}$$

Mx = Momento alrededor del eje x en el centroide de la base

$$M_x = |F_y(-)| * (h+H) \qquad M_x = 29,938 \text{ T-m}$$

My = Momento alrededor del eje y en el centroide de la base

$$M_y = |F_x(-)| * (h+H) - |FP_z(-)| * e \qquad M_y = 67,051 \text{ T-m}$$

Los criterios usados para el análisis de la zapata aislada propuesta, están basados principalmente en manuales y bibliografía que se emplean en la actualidad en las disciplinas de mecánica de suelos y cimentaciones.

Estos criterios se basan en consideraciones de estados límite de falla y de servicio. En este caso en particular el diseño estructural de la cimentación aquí propuesta, de zapata aislada para una torre de transmisión y el dimensionamiento general de la estructura se lleva a cabo, realizando el análisis de los siguientes casos:

- * **Análisis de Capacidad de Carga del Suelo**
- * **Análisis de Resistencia al Arrancamiento**
- * **Análisis de Resistencia al Volteo**

La revisión de los casos enunciados anteriormente se presenta a continuación con un procedimiento de cálculo automatizado, el cual describe paso a paso el procedimiento a seguir en una hoja de cálculo con las restricciones que marca el Reglamento para Construcciones de Concreto Estructural ACI 318-95, ACI 318R-95 y la especificación CFE J1000-50 para este tipo de estructuras, con los datos calculados en este mismo capítulo y que se presentan en la tabla anterior

VII.8 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

VII.8.1 Análisis de Capacidad de Carga para Presión Media (Solicitaciones)

Se calcula la presión media sobre el suelo a partir de la siguiente ecuación:

Smed = Presión media en contacto con la zapata

$$Smed = Nc / Acon \qquad Smed = 18,961 \text{ T/m}^2$$

Nc = Fuerza vertical normal en el centroide a nivel del desplante

$$Nc = |FPz(-)| + GH \qquad Nc = 350,593 \text{ Ton}$$

GH = Peso de la zapata de concreto

$$GH = VC * Gama \gamma_c \qquad GH = 29,013 \text{ Ton}$$

VC = Volumen de concreto de la zapata

$$VC = (A^2 * C) + (D / 3 * (A + B + \text{Raíz}(A * B))) + (E / (\text{Cos}(\Delta) * B) * B) + (B * F / 3) \\ VC = 12,089 \text{ m}^3$$

Acon = Área de contacto de la zapata

$$Acon = A^2 \qquad Acon = 18,490 \text{ m}^2$$

VT = Volumen de suelo sobre la cimentación

$$VT = (A^2 * h) - (VC - (H / (\text{Cos}(\Delta) * B) * B) - (B * F / 3)) \\ VT = 83,173 \text{ m}^3$$

GT = Peso del suelo sobre la cimentación

$$GT = VT * Gama \gamma_s \qquad GT = 133,076 \text{ Ton}$$

Sacc = Capacidad de carga neta admisible del suelo para condiciones accidentales

$$Sacc = 1,33 * Smed \qquad Sacc = 26,600 \text{ T/m}^2$$

Se cumple como requisito:

$$Sadm / Smed \geq 1 \qquad 1,05 \geq 1$$

Por lo tanto se deberá tener especial cuidado en mantener el esfuerzo máximo calculado por debajo de la capacidad que marca la especificación de CPE, para condiciones accidentales.

Y se deberá cumplir:

$$Sf' \leq 1,33 * Sadm \qquad Sf' \leq 26,600$$

Características Geométricas

W_x = Módulo de sección en la dirección "x" De la fórmula de la escuadría

$$W_x = (A \cdot A^3 / 12) \cdot (A/2) = A^3 / 6 \qquad W_x = 13,251 \text{ m}^3$$

W_y = Módulo de sección en la dirección "y" De la fórmula de la escuadría

$$W_y = (A \cdot A^3 / 12) \cdot (A/2) = A^3 / 6 \qquad W_y = 13,251 \text{ m}^3$$

S_1' = Esfuerzo máximo determinado con la fórmula de la escuadría

$$S_1' = N_c / A_{con} + M_x / W_x + M_y / W_y \qquad S_1' = 26,281 \text{ T/m}^2$$

No se considera el peso del suelo sobre la cimentación porque la capacidad de carga es neta, según la especificación técnica de C.F.E.

S_3' = Esfuerzo mínimo determinado con la fórmula de la escuadría

$$S_3' = N_c / A_{con} - M_x / W_x - M_y / W_y \qquad S_3' = 11,642 \text{ T/m}^2$$

Sin embargo, cuando: $S_3' < 0$ se presentan tensiones y además se cumple $(GH+GT) / A^2 \geq \text{ABS } |S_3'|$, se aplica el método de sección reducida (ver gráficas para el método de sección reducida en el libro del Teng, ver bibliografía) o de otra manera se deben aumentar las dimensiones de la zapata, para que trabaje solo a compresión.

En donde:

$\text{ABS}(S_3')$ = Valor absoluto del esfuerzo de tensión determinado con la fórmula de la escuadría

S_3' no es menor que 0 (cero) y tampoco se cumple que $(GH+GT) / A^2 = 8,77 \text{ T/m}^2$ sea mayor o igual que $S_3' = 11,642 \text{ T/m}^2$

Se procederá a realizar las revisiones correspondientes para el diseño de la zapata, con las cargas que presenta este análisis y determinando que la condición a la que trabajará la zapata aislada es de compresión ya que se proponen en la tabla anterior dimensiones que cumplen con las condiciones y restricciones de diseño.

Aunque de antemano se sabe que no se presentará arrancamiento por ser una estructura sometida netamente a compresión se verificará el arrancamiento.

VII.9 VERIFICACIÓN AL ARRANCAMIENTO

FP(+) = Fuerza vertical total de tracción aplicada en el nivel superior del lado.

Gama γ_s = Peso volumétrico del suelo en su estado saturado (Gamahum) T/m³

Beta (grados) = Ángulo de arrancamiento del cono de tierra con respecto a la vertical.

VTARR = Volumen del cono de arrancamiento de tierra m³

$$VTARR = VT + \left(\left(\frac{h}{\cos(\beta)} * (\sin(\beta)) \right)^2 * A^4 \right) + \left(\frac{\pi}{3} * \left(\frac{h}{\cos(\beta)} * (\sin(\beta)) \right)^2 * h \right) \quad VTARR = 182,999 \text{ m}^3$$

GTARR = Peso del cono de arrancamiento de tierra

$$GTARR = VTARR * \text{Gama } \gamma_s \quad GTARR = 292,784 \text{ Ton}$$

FR = Fuerza vertical resistente al arrancamiento

$$FR = GH + GTARR \quad FR = 321,797 \text{ Ton}$$

Se cumple como requisito seguridad al arrancamiento debe ser:

$$FR/FP(+) \geq 1 \quad 1,16 \geq 1$$

VII.10 VERIFICACIÓN AL VOLTEO

VII.10.1 ANÁLISIS DE RESISTENCIA AL VOLTEO POR COMPRESIÓN

Cargas en la torre

FP(-) = Fuerza vertical máxima en compresión

F_x = Fuerza horizontal en dirección x

F_y = Fuerza horizontal en dirección y

MM_x = Suma de los momentos que producen volteo a la zapata alrededor de su borde, originados por las cargas horizontales en dirección x.

$$MM_x = |F_x| * (h+H) \quad \text{Actuante} \quad MM_x = 390,188 \text{ T-m}$$

MR_x = Suma de los momentos que se oponen al volteo de la zapata alrededor del borde, originados por los pesos de la cimentación + relleno compactado + carga vertical de compresión.

$$MR_x = |FP(-)| * (A/2 + (E+F) * \tan(\Delta)) + (GH+GT) * (A/2) \quad MR_x = 1363,032 \text{ T-m}$$

Se cumple como requisito:

$$MR_x/MM_x >= 1 \quad 3,49 >= 1$$

MM_y = Suma de los momentos que producen volteo a la zapata alrededor de su borde, originados por las cargas horizontales en dirección y.

$$MM_y = |F_y| * (h+H) \quad \text{Actuante} \quad MM_y = 29,943 \text{ T-m}$$

MR_y = Suma de los momentos que se oponen al volteo de la zapata alrededor del mismo borde, originados por los pesos de la cimentación + relleno compactado + carga vertical de compresión

$$MR_y = (|FP(-)| + GH + GT) * (A/2) \quad MR_y = 1039,891 \text{ T-m}$$

Se cumple como requisito:

$$MR_y/MM_y >= 1 \quad 34,74 >= 1$$

VII.10.2 ANÁLISIS DE RESISTENCIA AL VOLTEO POR TENSIÓN

Cargas en la torre

- FP(+) = Fuerza vertical máxima en tensión
- F_x = Fuerza horizontal en dirección x
- F_y = Fuerza horizontal en dirección y

M_{vx} = Suma de los momentos que producen volteo a la zapata alrededor de su borde, originados por la carga de tensión y por las cargas horizontales en dirección x.

$$M_{vx} = F_x * (h+H) + FP(+) * (A/2 - (E+F) * \tan(\beta)) \quad M_{vx} = 391,670 \text{ T-m}$$

MR_x = Suma de momentos que se oponen al volteo a la zapata alrededor de su borde, originados por los pesos de la cimentación + relleno compactado + empuje pasivo del suelo.

$$M_{rx} = (GH + GTARR) * A/2 + EP * h/3 \quad M_{rx} = 756,797 \text{ T-m}$$

Existe una reacción lateral del terreno cuando la base transmite las cargas horizontales al terreno produciendo una inclinación del cono de rotura del suelo circundante, en forma simplificada este fenómeno se puede interpretar como la acción del empuje pasivo del suelo compactado contra el lado lateral del fuste (Dado) de la base.

EP = Empuje pasivo del suelo contra la zapata

$$EP = 1/2 * \gamma * h^2 * \tan^2(45 + \beta/2) * B \quad EP = 38,196 \text{ Ton}$$

Se cumple como requisito:

$$M_{rx}/M_{vx} \geq 1 \quad 1,93 \geq 1$$

M_{vy} = Suma de los momentos que producen volteo a la zapata alrededor de sus bordes, originados por la carga de tensión y por las cargas horizontales en dirección y.

$$M_{vy} = F_y \cdot (h+H) + FP(+)*A/2 \quad M_{vy} = 628,949 \text{ T-m}$$

M_{ry} = Suma de los momentos que se oponen al volteo de la zapata alrededor de sus bordes, originados por los pesos de la Cimentación + relleno compactado + empuje pasivo del suelo.

$$M_{ry} = (GH+GTARR)*A/2+EP*h/3 \quad M_{ry} = 756,797 \text{ T-m}$$

EP = Empuje pasivo de la tierra contra la zapata

$$EP = 1/2 * \text{Gama } \gamma_s * h^2 * \text{TAN}^2(45 + \text{Beta}/2) * B \quad EP = 38,196 \text{ Ton}$$

Se cumple como requisito:

$$M_{ry}/M_{vy} \geq 1 \quad 1,20 \geq 1$$

Nota: Ver figuras 43 y 44 al final del capítulo

VII.11 DISEÑO ESTRUCTURAL

Resistencia a la compresión para la zapata $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a la compresión para la plantilla $f'c = 90 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia de fluencia del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Para el diseño estructural se afectan las cargas por un factor de carga, $FC = 1,1$ según el Manual de Obras Civiles

Calculando el peralte efectivo correspondiente con un recubrimiento por especificaciones de 7,00 centímetros en la zapata y la columna (Dado).

d = Peralte efectivo de la zapata en (m)

$$d = C+D - r \quad r = 0,075 \text{ m} \quad d = 0,78 \text{ m}$$

VII.12 ACERO DE REFUERZO EN LA LOSA (ZAPATA)

VII.12.1 EN EL LECHO INFERIOR EN AMBAS DIRECCIONES

M_{Iu} = Momento flexionante último respecto a la línea de ruptura.

FC = Factor de carga = 1,1

$$M_{Iu} = FC * (S_1' * (A-B)^2 * A/8)$$

$$M_{Iu} = 179,623 \text{ T-m}$$

Donde: **S₁'** es el esfuerzo máximo de contacto

K = Momento reducido (T/cm²)

$$K = M_{Iu} / (A * d^2 * 10000)$$

$$K = 0,007 \text{ T/cm}^2$$

Se cumple como requisito

Debe ser $K \leq K \text{ limite}$ $K \text{ limite} = 0,046$ para cuando $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

$$0,007 \leq 0,046$$

$$K \text{ limite} = 0,046$$

p calculado = Porcentaje calculado de acero de refuerzo

Con un factor de resistencia del concreto $\phi_{fr} = 0,85$

Y con FR que es un factor de reducción por flexión, que para este caso se toma de: 0,9

$$p \text{ calc.} = \phi_{fr} * f'c / f_y \{ 1 - \text{Raíz}(1 - (2 * M_{Iu}) / FR * (A * d^2 * \phi_{fr} * f'c * 10)) \}$$

$$p \text{ calcul.} = 0,0019$$

p mín. = Porcentaje mínimo de acero de refuerzo

$$p \text{ mín.} = (0,7 * \text{Raíz}(f'c)) / f_y$$

$$p \text{ mín.} = 0,0024$$

Por lo tanto el porcentaje de acero de refuerzo a utilizar a flexión será el mayor de los dos anteriores.

As₁ = Área de acero necesaria en todo el ancho de la zapata en el lecho inferior

$$As_1 = p * d * A * 10^4$$

$$As_1 = 78,548 \text{ cm}^2$$

Cantidad de varillas calculadas = Cantidad de varillas calculadas en todo el ancho

$$\text{Cant. } As_1 = (As_1 / \text{Área de una varilla}) + 1$$

$$\text{Cantidad } As_1 = 21,30 \text{ varillas}$$

No. de designación: 7

$$\text{Cantidad Total} = 21 \text{ varillas}$$

Área de la varilla: 3,87 cm²

Separación calculada de las varillas

$$\text{Separación } s_1 = (A/\text{Cantidad Total}) * 100 \quad \text{Separación Total} = 20 \text{ cm}$$

Por lo tanto se utilizarán 21 varillas del # 7 @ 20 cm, en ambas direcciones en el lecho inferior.

VII.12.2 EN EL LECHO SUPERIOR EN AMBAS DIRECCIONES

Dado que no se presentan tensiones en el análisis hecho para obtener el esfuerzo máximo y mínimo (S_1 y S_3) respectivamente se considerará en una franja de 30 cm un área de acero de 0,0018 como acero mínimo por temperatura como lo indica el ACI para considerar posibles fallas por agrietamiento.

q = Presión media sobre la cara superior de la zapata

$$q = (FP(+))/(A^2-B^2) \quad q = 15,758 \text{ T/m}^2$$

M_{su} = Momento flexionante último respecto a la línea de ruptura.

FC = Factor de carga = 1,1

$$M_{su} = 1,1(q * (A-B)^2 * A/8) \quad M_{su} = 107,707 \text{ T-m}$$

Donde: q = Es el esfuerzo máximo de contacto

K = Momento reducido (T/cm²)

$$K = M_{su}/(A * d^2 * 10000) \quad K = 0,004 \text{ T/cm}^2$$

Se cumple como requisito

$$\text{Debe ser } K \leq K \text{ limite} \quad K \text{ limite} = 0,046 \text{ para cuando } f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$0,004 \leq 0,046 \quad K \text{ limite} = 0,046$$

Por lo tanto el porcentaje de acero de refuerzo a utilizar a flexión será de 0,0018

$$P_{\text{mín.}} = 0,0018$$

A_{s2} = Área de acero necesaria en todo el ancho de la zapata en el lecho superior

$$A_{s2} = P_{\text{mín.}} * d * A * 10^4 \quad A_{s2} = 59,985 \text{ cm}^2$$

Cantidad de varillas calculadas A_{s2} = Cantidad de varillas calculadas en el lecho superior

$$\text{Cant. } A_{s2} = (A_{s2}/\text{Área de una varilla}) + 1 \quad \text{Cantidad } A_{s2} = 21,90 \text{ varillas}$$

No. de designación: 6
Área de la varilla: 2,87 cm²

Cantidad Total = 22 varillas

Separación calculada de las varillas

$$\text{Separación } s_2 = (A/\text{Cantidad Total}) * 100$$

$$\text{Separación Total} = 20 \text{ cm}$$

Por lo tanto se utilizarán 22 varillas del # 6 @ 20 cm, en ambas direcciones en el lecho superior.

VII.13 REVISIÓN POR PENETRACIÓN

N_p = Carga de penetración a una distancia de $d/2$ del dado

$$N_p = |FP(-)| - (|FP(-)| / (A^2)) * (B + 2*d)^2$$

$$N_p = 217,184 \text{ Ton}$$

d_p = Peralte de penetración

$$d_p = d - d * D / (A - B)$$

$$d_p = 0,66 \text{ m}$$

A_p = Área transversal de penetración

$$A_p = (B + d)^2 * d_p$$

$$A_p = 1,855 \text{ m}^2$$

V_u = Esfuerzo último de penetración

$$V_u = 1,1 * N_p / A_p$$

$$V_u = 128,816 \text{ T/m}^2$$

Se cumple como requisito:
Seguridad por penetración a compresión

$$V_u \leq 1,1 * \text{Raíz}(f_c) * 10 \quad 128,82 \leq 155,56$$

VII.13.1 ACERO DE REFUERZO EN EL DADO

S_{eu} = Tensión en el acero

$$S_{eu} = N_{fu} / A_{s3} + M_x f_u / W_x + M_y f_u / W_y$$

Donde: Despejando a A_{s3} que es el acero total distribuido uniformemente en el perímetro del fuste.

A_{s3} = Área de acero necesaria para el refuerzo vertical del dado

$$A_{s3} = ((N_{fu} + ((M_x f_u + M_y f_u) * 3) / 1) / (0,9 * f_y))$$

$$A_{s3} = 154,528 \text{ cm}^2$$

$$\text{Con: } f_y = 4200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}/1000 = 4,2 \text{ T/cm}^2$$

N_{fu} = Carga vertical última sobre el dado

$$N_{fu} = 1,1 * FP(+) \qquad N_{fu} = 306,471 \text{ Ton}$$

M_{xfu} = Momento flexionante último en dirección y alrededor del eje x en la base del dado

$$M_{xfu} = 1,1 * \{F_y(+)* (E+F)\} \qquad M_{xfu} = 28,453 \text{ T-m}$$

M_{yfu} = Momento flexionante último en dirección y alrededor del eje y en la base del dado

$$M_{yfu} = 1,1 * \{F_x(+)* (E+F) - FP(+)* e\} \qquad M_{yfu} = 15,419 \text{ T-m}$$

$$L = B - (2 * r) \qquad L = 0,75 \text{ m}$$

$$S_{eu} = N_{fu} / A_{s3} + M_{xfu} / W_x + M_{yfu} / W_y \qquad S_{eu} = 1,995 \text{ T/cm}^2$$

W_x = W_y = Módulo resistente

$$W_x = W_y = A_{s3} * L/3 \qquad W_x = W_y = 3863,202 \text{ cm}^3$$

$$L = 75 \text{ (cm)}$$

Se cumple como requisito:

$$S_{eu} \leq 0,9 * f_y/1000 \qquad 1,99 \leq 3,78$$

Cantidad de varillas calculadas A_{s3} = Cantidad de varillas verticales calculadas

$$\text{Cant. } A_{s3} = (A_{s3}/\text{Área de una varilla})+1 \qquad \text{Cantidad } A_{s3} = 31,5 \text{ varillas}$$

$$\text{Cantidad Total} = 31 \text{ varillas}$$

No. de designación: 8

Área de la varilla: 5,07 cm²

La cantidad real total de varillas de acero de refuerzo vertical en el dado es de 32 la cual se repartirá en el área transversal del dado.

VII.13.2 REFUERZO TRANSVERSAL EN EL DADO

Cortante Actuante

Para columnas rectangulares la fuerza cortante se toma como:

FC = 1,1 Factor de carga

&c = 0,85 Factor de reducción para cortante

COMPRESIÓN

TENSIÓN

$V_{act} = FC * Raiz(Fx^2 + Fy^2)$

$V_{act} = 68,875 \text{ Ton}$

$V_{act} = 60,115 \text{ Ton}$

Cortante Resistente

Contribución del concreto a la resistencia, en compresión:

$V_{cr} = \{0,50 * Raiz(f_c * 10) + 175 * p_w * ((V_{act} * d_c) / M_{dc})\} * B * d_c$

Donde: d_c = Es el peralte efectivo de la columna

$d_c = B - r$

$r = 0,075 \text{ m}$

$d_c = 0,83 \text{ m}$

$M_{dc} = FC * Raiz(Fx^2 + Fy^2) * (h_t - (C + D))$

COMPRESIÓN

TENSIÓN

$M_{dc} = 371,924 \text{ T-m}$

$M_{dc} = 324,623 \text{ T-m}$

$p_w = (A_s / 100) / (B * d_c)$

$p_w = 0,615 \text{ m}^2$

A_s = Área de acero en una cara del dado = 9 varillas del # 8

La contribución a la resistencia, en tensión:

$V_{cr} = 0,55 \{ (-T_u / (35 * B^2)) + 1 \} * Raiz(f_c * 10) * B * d_c$

$T_u = 1,1 * F_z(+)$

$T_u = 306,47 \text{ Ton}$

Contribución del acero de refuerzo a la resistencia:

$V_s = ((\&c * 2 * A_{vt} * f_{vt} * (\text{Sen} w + \text{Cos} w) * (d_c * 100)) / S_e) / 1000$

No. de designación: 4; Área = 1,27 cm²

A_{vt} = Área del acero de refuerzo transversal (en dos ramas), Propuesta

f_{vt} = Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo transversal

w = Inclinación del acero transversal respecto al eje longitudinal del elemento

r = Recubrimiento del dado

S_e = separación entre estribos por normas del ACI.- 11,5,4

$S_e = d_c / 2 = S_e \text{ propone } ((d_c / 2) * 100)$

$S_e = 20 \text{ cm}$

Por lo tanto se utilizarán estribos del # 4 @ 20 cm; a lo largo del dado.

Se cumple como requisito a compresión y a tensión

$V_{cr} + V_s / V_{act} \geq 1 \quad 1,59 \geq 1 \quad ; \quad 1,24 \geq 1$

Se cumple el último requisito del diseño estructural que interviene en esta estructura en particular por lo tanto se da por aceptado el diseño con las dimensiones propuestas y los datos investigados para la realización de este proyecto, quedando el diseño final con las características que se presentan en la figura 45.

VII.14 ESQUEMA FINAL DE LA CIMENTACIÓN

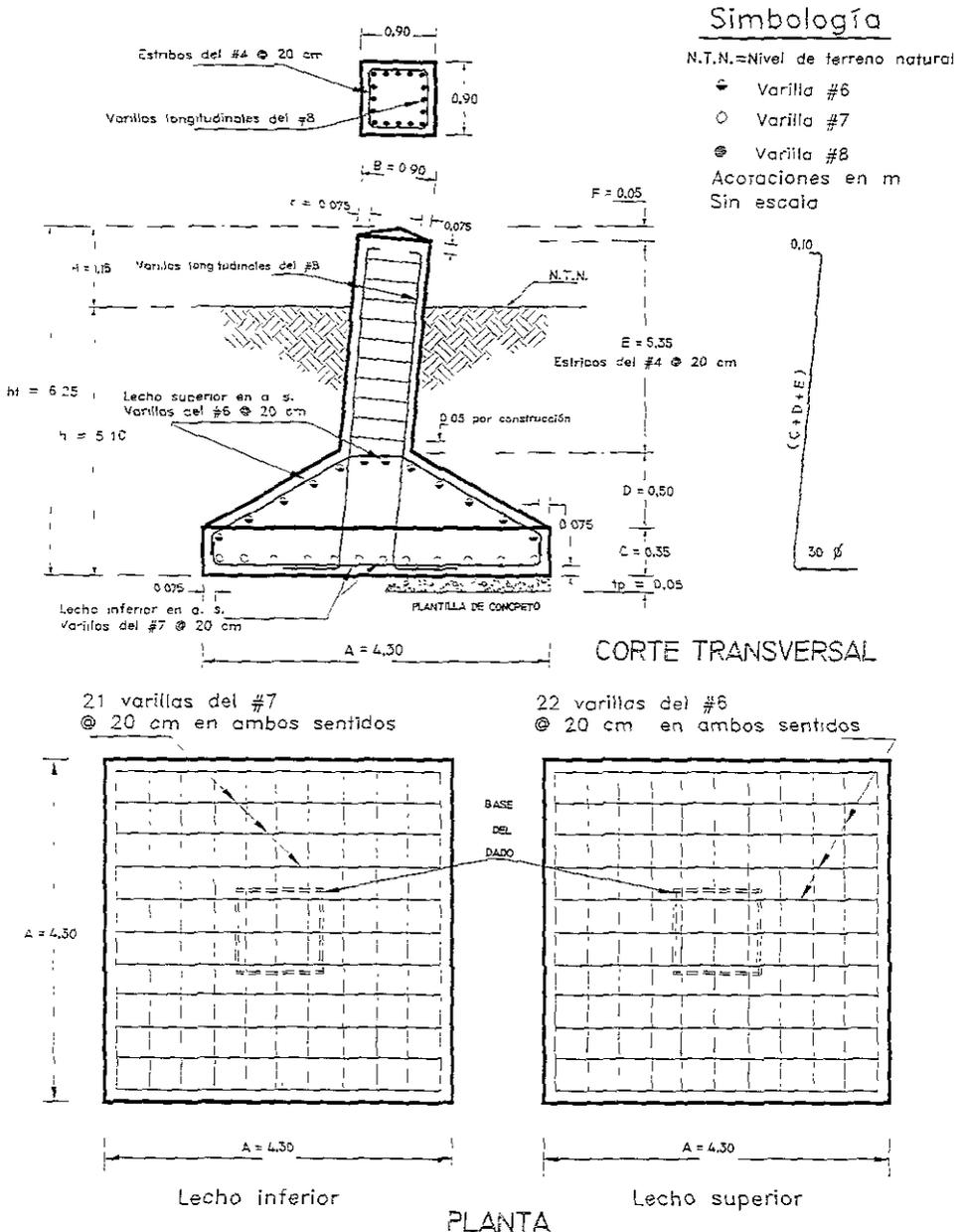


FIGURA 45 ARMADO FINAL

VII.15 CUBICACIÓN DE MATERIALES

* **ACERO**, para calcular el peso de acero empleado se procede de la siguiente manera:

* **ZAPATA**

$$WSZ = (2 * wvl * (A - 2 * r + 2 * Lgi) * NVli) + (2 * wvs * (A - 2 * r + 2 * Lgs) * NVls)$$

$$WSZ = 1051,247 \text{ kg/m}$$

Donde:

wvl = Peso de la varilla longitudinal en la losa (en kg/m)

wvs = Peso de la varilla longitudinal en la losa (en kg/m)

NVli = Número de varillas en el lecho inferior

NVls = Número de varillas en el lecho superior

dbi = Diámetro de la barra de refuerzo longitudinal en m

dbS = Diámetro de la barra de refuerzo longitudinal en m

r = Recubrimiento de la zapata en m

Número #	Long. (m)	Número de varillas	Peso (kg/m)	Diámetro nominal (m)
			3,042	
			2,235	
7		21		
6		22		
				0,0222
				0,0190
	0,075			

Para la disposición de los ganchos, es necesario notar si se dispone de espacio suficiente para alojar la longitud de desarrollo requerida, ya que se emplean dobleces en el extremo de la barra de manera que se formen ganchos o escuadras

Los ganchos de la losa de la zapata tendrán un doblez de 90°, en la cual se deben usar extensiones igual a $Lg = 12 * db$

$$Lgi = 12 * db$$

$$Lgs = 12 * db$$

$$Lgi = 0,27 \text{ m}$$

$$Lgs = 0,23 \text{ m}$$

* **COLUMNA**

$$Wsc = wvc * NVlc * (L1 + L2)$$

$$Wsc = 886,392 \text{ kg/m}$$

Donde:

wvc = Peso de varilla longitudinal de la columna (en kg/m)

NVlc = Número de varillas longitudinales en la columna

L1 = Longitud de la varilla longitudinal de la columna

L2 = Longitud de anclaje de la varilla longitudinal de la columna

Número #	Long. (m)	Número de varillas	Peso (kg/m)	Diámetro nominal (m)
8			3,975	0,0254
		32		
	5,35			
	1,62			

$$L2 = (C + D) + 30 \text{ Diámetros en m} + 0,010$$

$$L2 = 1,622 \text{ m}$$

* **CONCRETO** - El volumen de concreto se calcula como:

$$VC = (A^2 * C) + (D / 3 * (A + B + (\text{Raiz}(A * B)))) + (E / (\text{Cos}(\text{Delta}) * B) * B) + (B * F / 3)$$

$$VC = 12,089 \text{ m}^3$$

* **EXCAVACIÓN** - El volumen de excavación se calcula por medio de

$$Ve = A^2 * (h + tp)$$

$$Ve = 95,224 \text{ m}^3$$

Donde: tp es el espesor de la plantilla = 0,05 m

* **CIMBRA** - Para zapatas con escarpio la cantidad de cimbra se obtiene como

$$Cs = 4 * (B * (h1 - (C + D))) + ((B + A) / 2) * \text{Raiz}(((A - B)^2 + D^2))$$

$$Cs = 36,820 \text{ m}^3$$

* **RELLENO** - El volumen de relleno de las cupas es igual a:

$$Vr = A^2 * h - VC$$

$$Vr = 82,210 \text{ m}^3$$

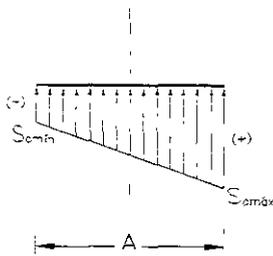
* **PLANTILLA** - La cantidad de mortero o concreto utilizar como plantilla se calcula como

$$Vp = A^2 * tp$$

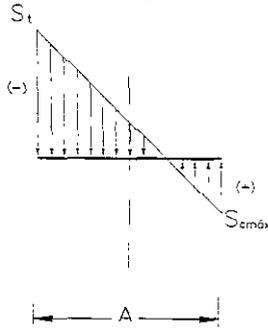
$$Vp = 0,925 \text{ m}^3$$

Donde: tp = Espesor de la plantilla en m

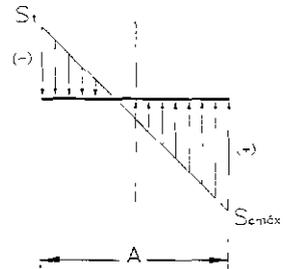
APLICAR
LA FÓRMULA DE LA ESCUARDRÍA



AUMENTAR
LA BASE



APLICAR SECCIÓN
REDUCIDA

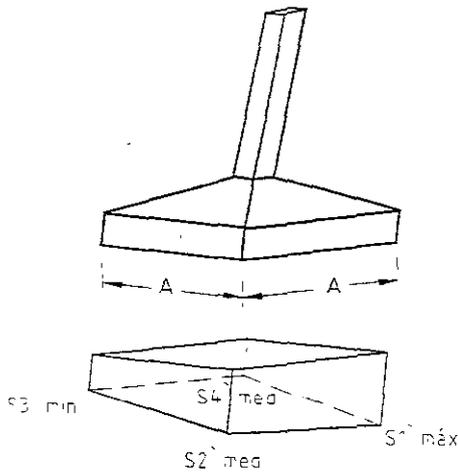


IDEALIZACIONES DE DIAGRAMAS DE ESFUERZOS DE TRABAJO

S_c = Esfuerzo a Compresión
 S_t = Esfuerzo a Tensión

FIGURA 43

PARA EL CASO DE LA ZAPATA AISLADA PARA LA TORRE 4PR3



Prisma de Esfuerzos

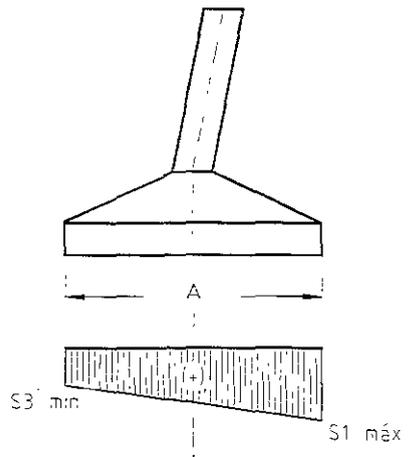


Diagrama de Esfuerzos en compresión

FIGURA 44

CAPÍTULO VIII

CAPÍTULO VIII

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Para el cálculo del costo de una torre tipo 4PR3 es necesario tener definido el peso real de la estructura, el cual se obtuvo en el Capítulo VI del diseño definitivo. Este deberá incluir el peso de tornillería, placas y el peso del galvanizado de toda la estructura.

A continuación se calcula en tres partes principales el peso de la estructura.

- * Cuerpo superior
- * Cuerpo piramidal
- * Cuerpo inferior (Bottom panel)

TORRE 4PR3 DE DEFLEXIÓN Y REMATE			
CÁLCULO DEL PESO REAL DE LA ESTRUCTURA			
TIPO DE PERFIL			
ANGULAR DE LADOS IGUALES			
FACTORES DE CARGA PARA		TIPO DE ACERO	
		ASTM A-36	
PESO APROXIMADO DE TORNILLERÍA Y PLACAS	1,0800	h ASTM A 672 GR.60	
GALVANIZADO	1,0525	H ASTM A 672 GR.60	

CUERPO SUPERIOR

PARTE DE LA TORRE	GRUPO O TIPO	PERFIL	DIMENSIONES NOMINALES (TIPO DE PERFIL) (mm)			TIPO DE MATERIAL	LONGITUD DEL PERFIL (m)	PESO (Kg/m)	NUMERO DE PERFILES EMPLEADOS	PESO PARCIAL (Kg)
			ALTO	ANCHO	ESP.					
CRUCETA DE HILO DE GUARDA DERECHA	114	L	65	65	5.00	H	6.80	4.95	2	67.32
	115	L	70	70	4.00		7.40	4.35	2	64.38
	a	L	45	45	4.00		1.90	2.74	2	2.19
	b	L	45	45	4.00		2.00	2.74	2	1.64
	Redundante	L	40	40	4.00		0.40	2.42	2	2.42
	Redundante	L	40	40	4.00		0.30	2.42	2	1.94
	Redundante	L	40	40	4.00		0.50	2.42	2	5.32
	Redundante	L	40	40	4.00		0.40	2.42	2	8.23
	Redundante	L	40	40	4.00		1.10	2.42	2	5.32
	Redundante	L	40	40	4.00		1.70	2.42	2	8.23
	Redundante	L	40	40	4.00		2.10	2.42	2	10.16
	Redundante	L	40	40	4.00		0.50	2.42	1	1.21
	Redundante	L	40	40	4.00		0.30	2.42	1	0.73
	Redundante	L	40	40	4.00		0.80	2.42	1	1.94
	Redundante	L	40	40	4.00		0.50	2.42	1	1.21
	Redundante	L	40	40	4.00		0.95	2.42	1	2.30
	Redundante	L	40	40	4.00		0.75	2.42	1	1.82
	Redundante	L	40	40	4.00		0.85	2.42	1	2.06
	Redundante	L	40	40	4.00		2.70	2.42	1	6.53
	Redundante	L	40	40	4.00		1.25	2.42	1	3.03
	Redundante	L	40	40	4.00		1.10	2.42	1	2.66
	Redundante	L	40	40	4.00		2.70	2.42	1	6.53
	Redundante	L	40	40	4.00		0.50	2.42	1	1.21
	Redundante	L	40	40	4.00		0.30	2.42	1	0.73
	Redundante	L	40	40	4.00		0.80	2.42	1	1.94
	Redundante	L	40	40	4.00		0.50	2.42	1	1.21
	Redundante	L	40	40	4.00		0.95	2.42	1	2.30
	Redundante	L	40	40	4.00		0.75	2.42	1	1.82
	Redundante	L	40	40	4.00		0.85	2.42	1	2.06
	Redundante	L	40	40	4.00		2.70	2.42	1	6.53
	Redundante	L	40	40	4.00		1.45	2.42	1	3.51
	Redundante	L	40	40	4.00		1.20	2.42	1	2.90
	Redundante	L	40	40	4.00		3.10	2.42	1	7.50
PESO TOTAL CRUCETA DE HILO DE GUARDA DERECHA									44	238.87
CRUCETA DE HILO DE GUARDA IZQUIERDA	116	L	70	70	5.00	H	5.80	5.37	2	63.37
	117	L	70	70	4.00		6.40	4.35	2	56.55
	1	L	45	45	4.00		1.75	2.74	2	9.99

Redundante	L	40	40	4 00		0.30	2.42	2	1.94
Redundante	L	40	40	4 00		0.30	2.42	2	1.69
Redundante	L	40	40	4 00		0.40	2.42	2	7.50
Redundante	L	40	40	4 00		0.35	2.42	2	3.87
Redundante	L	40	40	4 00		1.55	2.42	2	7.50
Redundante	L	40	40	4 00		0.80	2.42	2	3.87
Redundante	L	40	40	4 00		1.20	2.42	2	5.81
Redundante	L	40	40	4 00		1.50	2.42	2	7.26
Redundante	L	40	40	4 00		0.25	2.42	1	0.61
Redundante	L	40	40	4 00		0.30	2.42	1	0.73
Redundante	L	40	40	4 00		0.20	2.42	1	0.48
Redundante	L	40	40	4 00		0.40	2.42	1	0.97
Redundante	L	40	40	4 00		0.30	2.42	1	0.73
Redundante	L	40	40	4 00		0.40	2.42	*	0.97
Redundante	L	40	40	4 00		0.35	2.42	*	0.85
Redundante	L	40	40	4 00		0.70	2.42	1	1.69
Redundante	L	40	40	4 00		2.10	2.42	1	5.08
Redundante	L	40	40	4 00		0.60	2.42	1	1.45
Redundante	L	40	40	4 00		0.80	2.42	1	1.94
Redundante	L	40	40	4 00		2.10	2.42	*	0.97
Redundante	L	40	40	4 00		0.40	2.42	1	0.46
Redundante	L	40	40	4 00		0.20	2.42	1	0.73
Redundante	L	40	40	4 00		0.30	2.42	1	0.65
Redundante	L	40	40	4 00		0.35	2.42	1	1.21
Redundante	L	40	40	4 00		0.50	2.42	1	0.97
Redundante	L	40	40	4 00		0.40	2.42	1	0.97
Redundante	L	40	40	4 00		0.60	2.42	1	5.08
Redundante	L	40	40	4 00		2.10	2.42	1	1.94
Redundante	L	40	40	4 00		0.80	2.42	1	2.06
Redundante	L	40	40	4 00		0.85	2.42	*	5.45
Redundante	L	40	40	4 00		2.25	2.42	1	5.45

PESO TOTAL CRUCETA DE HILO DE GUARDA IZQUIERDA										45	210.58
CRUCETA SUPERIOR	107	L	120	120	9 00	H	7.20	16.33	2	235.15	
DERECHA	108	L	102	102	6 40	h	5.00	9.82	2	98.20	
	111	L	90	90	5 00	H	7.30	6.87	2	21.30	
	112	L	75	75	4 00	H	4.00	5.78	2	10.40	
	113	L	80	80	4 00		1.55	3.71	2	13.26	
	123	L	40	40	4 00		0.90	2.42	2	10.41	
	124	L	40	40	4 00		1.80	2.42	2	8.47	
	125	L	40	40	4 00		2.15	2.42	2	13.55	
	126	L	50	50	4 00		1.75	3.05	2	18.91	
	127	L	55	55	4 00	H	2.80	3.34	2	23.38	
	128	L	65	65	4 00		3.10	4.03	2	30.63	
	129	L	60	60	4 00		3.50	3.71	2	7.42	
	130	L	60	60	4 00		3.80	3.71	2	12.61	
	131	L	50	50	4 00		1.00	3.05	1	6.10	
	132	L	45	45	4 00		1.70	2.74	1	7.67	
	133	L	75	75	4 00	H	2.00	4.72	1	8.97	
	134	L	50	50	4 00		2.80	3.05	*	7.32	
	141	L	45	45	5 00		1.50	3.38		6.79	
	142	L	50	50	4 00		2.40	3.05	2	17.08	
	143	L	45	45	4 00		2.60	2.74	2	16.99	
	144	L	55	55	4 00		2.80	3.34	2	23.38	
	145	L	55	55	4 00		3.10	3.34	2	25.38	
	146	L	55	55	4 00		3.50	3.34	2	6.01	
	147	L	60	60	4 00		3.80	3.71	2	8.90	
	148	L	40	40	4 00		0.90	2.42	1	4.84	
	149	L	50	50	5 00		1.20	3.77	1	10.56	
	150	L	55	55	4 00		2.00	3.34	1	3.51	
	151	L	70	70	5 00		2.80	5.37	1	9.13	
	160	L	70	70	5 00	H	1.05	5.37	2	15.57	
	161	L	70	70	5 00		1.70	5.37	2	19.33	
	162	L	85	85	4 00		1.45	4.03	2	12.49	
	163	L	70	70	5 00		1.80	5.37	2	24.70	
	164	L	80	80	4 00		1.55	3.71	2	18.55	
	165	L	80	80	4 00		2.30	5.02	2	27.11	
	166	L	50	50	4 00		2.50	3.05	2	17.08	
	167	L	40	40	4 00		2.70	2.42	2	14.04	
	168	L	55	55	4 00		2.80	3.34	2	19.37	
	169	L	45	45	4 00		2.90	2.74	2	17.26	
	170	L	50	50	4 00		2.90	3.05	2	19.52	
	171	L	45	45	4 00		3.15	2.74	2	18.63	
	172	L	55	55	4 00		3.20	3.34	2	12.02	
	173	L	50	50	4 00		3.40	3.05	2	14.34	
	174	L	50	50	4 00		1.90	3.05	1	9.24	
	175	L	40	40	4 00		2.35	2.42	1	4.84	
	177	L	50	50	4 00		2.70	3.05	2	5.19	
	178	L	70	70	5 00		2.00	5.37	2	8.59	
Redundante	L	40	40	4 00		0.85	2.42	8	13.55		
Redundante	L	40	40	4 00		0.90	2.42	6	17.42		

Redundante	L	40	40	4 00		0 70	2 42	8	15 49
Redundante	L	40	40	4 00		0 90	2 42	2	4 36
Redundante	L	40	40	4 00		0 80	2 42	2	3 87
Redundante	L	40	40	4 00		0 60	2 42	2	2 90
Redundante	L	40	40	4 00		1 30	2 42	2	6 29
Redundante	L	40	40	4 00		1 00	2 42	2	4 84

PESO TOTAL CRUCETA SUPERIOR DERECHA

115 **1014,02**

CUERPO RECTO TRAMO SUPERIOR Y CUADRO

45	L	102	102	6 40	h	2 90	9 82	4	113 91
46	L	89	89	6 40		4 50	8 56	4	154,08
51	L	80	80	4 00		4 50	5 02	4	90 36
56	L	75	75	5 00	H	3 50	5 78	2	40 46
57	L	120	120	8 00	H	3 50	14 73	2	103 11
62	L	60	60	4 00		3 50	3 71	2	25 97
63	L	60	60	4 00		3 50	3 71	2	25 97
68	L	45	45	4 00		2 90	2 74	4	27 40
69	L	65	65	4 00		2 50	4 03	4	40 30
70	L	40	40	4 00		1 20	2 42	4	11 62
71	L	45	45	4 00		1 75	2 42	2	8 47
Redundante	L	40	40	4 00		1 40	2 42	4	13 55
Redundante	L	40	40	4 00		1 10	2 42	8	21 30
Redundante	L	40	40	4 00		1 45	2 42	2	7 02
Redundante	L	40	40	4 00		1 20	2 42	4	11 62
Redundante	L	40	40	4 00		1 80	2 42	2	8 71

PESO TOTAL CUERPO RECTO TRAMO SUPERIOR Y CUADRO

54 **703,84**

CRUCETA SUPERIOR IZQUIERDA

106	L	127	127	11 10	H	6 30	21 17	2	266,74
109	L	55	55	4 00		1 70	3 34	2	11 36
110	L	102	102	6 40	h	5 40	9 82	2	106,06
118	L	60	60	4 00		1 50	3 71	2	11 13
119	L	60	60	4 00		2 75	3 71	2	20 41
120	L	60	60	4 00		3 40	3 71	2	25 23
121	L	60	60	4 00		3 80	3 71	2	29 20
122	L	75	75	4 00		2 00	4 72	1	9 44
135	L	60	60	4 00		2 60	3 71	2	19 29
138	L	70	70	5 00		1 80	5 37	2	19 33
137	L	60	60	4 00		3 40	3 71	2	25 23
138	L	60	60	4 00		3 80	3 71	2	28 20
139	L	50	50	4 00		1 90	3 05	1	5 80
140	L	55	55	4 00		2 20	3 34	1	7 35
152	L	65	65	5 00	H	0 90	4 95	2	9 91
153	L	70	70	5 00	H	1 00	5 37	2	10 74
154	L	75	75	5 00		1 75	5 78	2	20 23
155	L	45	45	4 00		3 00	2 74	2	16 44
156	L	55	55	4 00		2 55	3 34	2	17 03
157	L	60	60	4 00		3 50	3 71	2	25 97
158	L	55	55	4 00		3 00	3 34	2	20 04
159	L	45	45	4 00		1 70	2 74	2	9 32
176	L	55	55	4 00		1 90	3 34	2	8 68
b	L	50	50	4 00		1 65	3 05	1	5 64
Redundante	L	40	40	4 00		1 80	2 42	1	3 87
Redundante	L	40	40	4 00		2 15	2 42	7	10 41
Redundante	L	40	40	4 00		1 00	2 42	4	9 68
Redundante	L	40	40	4 00		1 30	2 42	4	12 58

PESO TOTAL CRUCETA SUPERIOR IZQUIERDA

55 **763,29**

CUERPO RECTO TRAMO 1 SUPERIOR

44	L	127	127	11 10	H	2 45	21 17	12	622,40
47	L	102	102	7 90		4 30	12 17	12	627 97
52	L	102	102	6 40	h	4 30	9 82	12	506 71
Redundante	L	40	40	4 00		1 20	2 42	6	17 42
Redundante	L	40	40	4 00		1 20	2 42	24	69 70
Redundante	L	40	40	4 00		1 05	2 42	48	121 97

PESO TOTAL CUERPO RECTO TRAMO 1 SUPERIOR

114 **1966,17**

CRUCETA MEDIA DERECHA

76	L	120	120	9 00	H	7 20	10 33	2	235 15
77	L	100	100	6 00	H	5 00	9 22	2	92 20
79	L	102	102	9 50	H	12 60	14 25	2	359 10
84	L	45	45	4 00		0 90	2 74	2	4 93
85	L	40	40	4 00		1 80	2 42	2	8 71
86	L	15	45	4 00		2 10	2 74	2	11 51
87	L	55	55	4 00		2 70	3 34	2	18 04
88	L	75	75	4 00	H	2 90	4 72	2	27 38
89	L	80	80	4 00		3 15	5 02	2	31 63
90	L	70	70	5 00		3 40	5 37	2	36 52
91	L	80	80	4 00		1 75	5 02	2	37 05
92	L	60	60	4 00		1 00	3 71	1	3 71
93	L	45	45	1 00		1 76	2 74	1	4 66
94	L	75	75	4 00	H	2 00	4 72	1	9 44
95	L	40	50	4 00		2 70	3 05	1	8 24
96	L	70	70	5 00		1 00	5 37	2	37 27
97	L	70	70	5 00	H	1 00	5 17	2	32 27
98	L	70	70	5 00		2 30	5 17	2	25 78
99	L	70	70	5 00	H	2 40	5 17	2	27 78

100	L	55	55	4 00		2 00	3 34	2	13 35	
101	L	40	40	4 00		1 20	2 42	2	5 81	
102	L	65	65	4 00		2 40	4 03	2	19 34	
103	L	40	40	4 00		1 50	2 42	2	7 26	
104	L	60	60	4 00		2 80	3 71	1	10 39	
105	L	55	55	4 00		2 00	3 34	1	6 68	
k	L	70	70	5 00		0 70	5 37	2	7 52	
k	L	70	70	5 00		0 60	5 37	2	6 44	
k	L	70	70	5 00		0 50	5 37	2	5 37	
k	L	70	70	5 00		0 40	5 37	2	4 30	
Redundante	L	40	40	4 00		1 60	2 42	1	3 87	
Redundante	L	40	40	4 00		2 15	2 42	2	10 41	
Redundante	L	40	40	4 00		1 00	2 42	4	9 68	
Redundante	L	40	40	4 00		1 30	2 42	4	12 58	
Redundante	L	40	40	4 00		1 00	2 42	2	4 84	
Redundante	L	40	40	4 00		1 70	2 42	2	5 23	
Redundante	L	40	40	4 00		0 80	2 42	4	7 74	
Redundante	L	40	40	4 00		1 20	2 42	4	11 52	
Redundante	L	40	40	4 00		1 40	2 42	2	6 78	
Redundante	L	40	40	4 00		1 45	2 42	2	7 02	
PESO TOTAL CRUCETA MEDIA DERECHA									79	1174,06
CUERPO RECTO TRAMO MEDIO Y CUADRO										
41	L	203	203	25,40	n	2 90	75 99	4	881 48	
50	L	127	127	11,10	H	4 50	21 17	4	391,06	
55	L	120	120	8 00	H	4 50	14 73	4	265 14	
51	L	127	127	11 10	H	3 50	21 17	2	148 19	
66	L	80	80	4 00		3 50	5 02	2	35 14	
67	L	102	102	8 40	H	3 50	9 82	2	88 74	
72	L	80	80	4 00	H	2 47	5 02	4	49 60	
180	L	70	70	5 00		1 24	5 37	4	26 64	
74	L	50	50	4 00		1 75	3 05	2	10 68	
Redundante	L	40	40	4 00		1 40	2 42	4	13 55	
Redundante	L	40	40	4 00		1 15	2 42	8	22 26	
PESO TOTAL CUERPO RECTO TRAMO MEDIO Y CUADRO									40	1902,48
CRUCETA MEDIA IZQUIERDA										
75	L	120	120	9 00	H	7 05	16 33	2	230 25	
78	L	90	90	5 00	H	7 50	6 87	2	103 05	
80	L	75	75	4 00	H	2 85	4 72	2	26 90	
81	L	80	80	4 00	H	3 80	5 02	2	36,14	
82	L	80	80	4 00		4 05	5 02	2	40,66	
83	L	80	80	4 00	H	1 83	5 02	1	9 19	
a	L	45	45	4 00		1 60	2 74	2	8 77	
b	L	50	50	4 00		2 70	3 05	1	8 24	
Redundante	L	40	40	4 00		1 30	2 42	2	6 29	
Redundante	L	40	40	4 00		2 80	2 42	4	27 10	
Redundante	L	40	40	4 00		1 70	2 42	2	8 23	
Redundante	L	40	40	4 00		1 40	2 42	4	13 55	
Redundante	L	40	40	4 00		1 20	2 42	2	5 81	
Redundante	L	40	40	4 00		1 00	2 42	2	4 84	
Redundante	L	40	40	4 00		0 80	2 42	2	3 87	
PESO TOTAL CRUCETA MEDIA IZQUIERDA									32	532,90
CUERPO RECTO TRAMO 2 INFERIOR										
42	L	203	203	25 40	n	2 45	75 99	12	2234 11	
49	L	120	120	9 00	H	4 30	14 73	12	760 07	
54	L	120	120	8 00	H	4 30	14 73	12	750 07	
Redundante	L	40	40	4 00		1 20	2 42	6	17 42	
Redundante	L	40	40	4 00		1 20	2 42	4	11 62	
Redundante	L	40	40	4 00		1 05	2 42	8	20 33	
PESO TOTAL CUERPO RECTO TRAMO 2 INFERIOR									54	3803,61
CRUCETA INFERIOR DERECHA										
76	L	120	120	9 00	H	7 20	16 33	2	235 15	
77	L	100	100	6 00	H	5 00	9 22	2	92 20	
79	L	102	102	9 50	H	12 60	14 25	2	359 10	
94	L	45	45	4 00		0 90	2 74	2	4 93	
85	L	40	40	4 00		1 80	2 42	2	8 71	
86	L	45	45	4 00		2 10	2 74	2	11 51	
87	L	55	55	4 00		2 70	3 34	2	18 04	
88	L	75	75	4 00	H	2 90	4 72	2	27 39	
89	L	80	80	4 00		3 15	5 02	2	31 63	
90	L	70	70	5 00		3 40	5 37	2	38 52	
91	L	80	80	4 00		3 75	5 02	2	37 65	
92	L	60	60	4 00		1 00	3 71	1	3 71	
93	L	45	45	4 00		1 70	2 74	1	4 66	
94	L	75	75	4 00	H	2 00	4 72	1	9 44	
95	L	50	50	4 00		2 70	3 05	1	8 24	
96	L	70	70	5 00		3 00	5 37	2	32 22	
97	L	70	70	5 00	H	3 00	5 37	2	32 22	
98	L	70	70	5 00		2 40	5 37	2	25 78	
99	L	70	70	5 00	H	2 40	5 37	2	25 78	
100	L	55	55	4 00		2 00	3 34	2	13 35	
101	L	40	40	4 00		1 20	2 42	2	5 81	
102	L	65	65	4 00		2 40	4 03	2	19 34	
103	L	40	40	4 00		1 50	2 42	2	7 26	

104	L	60	60	4.00		2.60	3.71	1	10.39
105	L	55	55	4.00		2.60	3.34	1	6.68
k	L	70	70	5.00		0.70	5.37	2	7.52
k	L	70	70	4.00		0.60	5.37	2	6.44
k	L	70	70	5.00		0.50	5.37	2	5.37
k	L	70	70	5.00		0.40	5.37	2	4.30
Redundante	L	40	40	4.00		1.60	2.42		3.87
Redundante	L	40	40	4.00		2.15	2.42	2	10.41
Redundante	L	40	40	4.00		1.90	2.42	4	9.68
Redundante	L	40	40	4.00		1.30	2.42	6	12.58
Redundante	L	40	40	4.00		1.00	2.42	2	4.84
Redundante	L	40	40	4.00		1.70	2.42	2	8.23
Redundante	L	40	40	4.00		0.80	2.42	4	7.94
Redundante	L	40	40	4.00		1.20	2.42	4	11.62
Redundante	L	40	40	4.00		1.40	2.42	2	6.78
Redundante	L	40	40	4.00		1.45	2.42	2	7.02

PESO TOTAL CRUCETA INFERIOR DERECHA **79** **1174,08**

**CUERPO RECTO
TRAMO INFERIOR
Y CUADRO**

41	L	203	203	25.40		2.90	75.99	4	881.48
50	L	127	127	10.00		4.50	21.17	4	381.06
55	L	120	120	8.00		4.50	14.73	4	265.14
61	L	127	127	11.00		3.50	21.17	2	148.19
66	L	80	80	4.00		3.50	5.02	2	35.14
67	L	102	102	5.40		3.50	9.82	2	69.74
72	L	80	80	4.00		2.47	5.02	4	49.60
73	L	40	40	4.00		1.24	2.42	4	12.00
74	L	50	50	4.00		1.75	3.05	2	10.68
Redundante	L	40	40	4.00		1.40	2.42	4	13.55
Redundante	L	40	40	4.00		1.15	2.42	8	22.26

PESO TOTAL CUERPO RECTO TRAMO INFERIOR Y CUADRO **40** **1887,85**

**CRUCETA INFERIOR
IZQUIERDA**

75	L	120	120	9.00		7.05	16.33	2	230.25
78	L	90	90	5.00		7.50	6.87	2	103.05
80	L	75	75	4.00	H	2.95	4.72	2	26.90
81	L	80	80	4.00	H	3.60	5.02	2	36.14
82	L	80	80	4.00		4.05	5.02	2	40.66
83	L	80	80	4.00	H	1.83	5.02	1	9.19
a	L	45	45	4.00		1.60	2.74	2	8.77
b	L	50	50	4.00		2.70	3.05	1	8.24
Redundante	L	40	40	4.00		1.30	2.42	2	9.29
Redundante	L	40	40	4.00		2.80	2.42	4	27.40
Redundante	L	40	40	4.00		1.70	2.42	2	8.73
Redundante	L	40	40	4.00		1.40	2.42	4	13.55
Redundante	L	40	40	4.00		1.20	2.42	2	5.81
Redundante	L	40	40	4.00		1.00	2.42	2	4.84
Redundante	L	40	40	4.00		0.80	2.42	2	3.87

PESO TOTAL CRUCETA INFERIOR IZQUIERDA **32** **532,90**

27	L	127	127	7 90		12 30	15 34	4	754 73
c	L	55	55	4 00		4 20	3 34	8	112 22
k	L	70	70	5 00		2 40	5 37	8	103 10
k	L	70	70	5 00		2 30	5 37	8	98,81
k	L	70	70	5 00		2 50	5 37	8	107 40
k	L	70	70	5 00		2 30	5 37	8	96 81
k	L	70	70	5 00		3 00	5 37	8	128 88
k	L	70	70	5 00		5 20	5 37	4	111 70
Redundante	L	40	40	4 00		1 00	2 42	8	19 36
PESO TOTAL TRAMO 9									3953,72
CUERPO PIRAMIDAL									
TRAMO 10									
2	L	203	203	28 50	h	5 00	84 70	4	1694 00
19	L	127	127	7 90		13 80	15 34	4	828 36
28	L	127	127	7 90		13 50	15 34	4	828,36
a	L	45	45	4 00		3 50	2 74	8	76 72
d	L	60	60	4 00		4 80	3 71	8	142 45
g	L	80	80	4 00		5 80	5 02	4	116 46
k	L	70	70	5 00		2 70	5 37	8	115,99
k	L	70	70	5 00		2 50	5 37	8	107 40
k	L	70	70	5 00		2 80	5 37	8	120 29
k	L	70	70	5 00		2 50	5 37	8	107 40
k	L	70	70	5 00		3 00	5 37	8	128 88
Redundante	L	40	40	4 00		2 90	2 42	4	28,07
Redundante	L	40	40	4 00		0 80	2 42	8	15 49
Redundante	L	40	40	4 00		1 10	2 42	8	21 30
PESO TOTAL TRAMO 10									4331,18

CUERPO INFERIOR (BOTTOM PANEL)

PARTE DE LA TORRE	GRUPO O TIPO	PERFIL	DIMENSIONES NOMINALES (TIPO DE PERFIL) (mm)			TIPO DE MATERIAL	LONGITUD DEL PERFIL (m)	PESO (Kg/m)	NUMERO DE PERFILES EMPLEADOS	PESO PARCIAL (kg)
			ALTO	ANCHO	ESP.					
CIMIENTO (4) EXTENSIONES (4) Y CERRAMIENTO NIV +20 EXT +0	1	L	203	203	28 50	h	8 00	84 70	4	2710,40
	29	L	110	110	8 00	H	6 60	13 42	4	354 29
	30	L	152	152	9 50		5 00	22 06	4	441,20
	31	L	102	102	9 50	H	3 00	14 25	4	171,00
	32	L	120	120	8 00	H	5 55	14 73	4	385,83
	33	L	110	110	8 00	H	6 60	13 42	4	354,29
	34	L	130	130	10 00	H	5 00	19 78	4	395,60
	35	L	102	102	7 90		3 00	12 17	4	146 04
	36	L	102	102	7 90	H	6 55	12 17	4	318 85
	37	L	90	90	5 00		6 80	6 87	8	373,73
	38	L	55	55	4 00		2 00	3 34	8	53 44
	39	L	60	60	4 00		2 30	3 71	4	34 13
	40	L	80	80	4 00		4 90	5 02	2	49 20
	a	L	45	45	4 00		2 10	2 74	8	46 03
	b	L	50	50	4 00		2 10	3 05	8	51,24
	b	L	50	50	4 00		3 80	3 05	8	95 16
	b	L	50	50	4 00		3 50	3 05	8	85 40
	h	L	50	50	5 00		1 60	3 77	8	48 26
	h	L	50	50	5 00		1 50	3 77	8	45 24
	h	L	50	50	5 00		1 80	3 77	8	46,26
	k	L	70	70	5 00		2 20	5 37	8	94 51
	k	L	70	70	5 00		2 20	5 37	8	94,51
	k	L	70	70	3 00		2 10	5 37	8	90 22
	Redundante	L	40	40	4 00		2 75	2 42	8	53 24
	Redundante	L	40	40	4 00		1 10	2 42	4	10,65
	Redundante	L	40	40	4 00		1 40	2 42	8	27 10
	Redundante	L	40	40	4 00		0 90	2 42	8	17,42
Redundante	L	40	40	4 00		1 00	2 42	10	24 20	
PESO TOTAL NIVEL +20 CON 4 EXTENSIONES +0									6619,53	
NÚMERO DE BARRAS UTILIZADO EN EL DISEÑO DE LA TORRE 4PR3									1515	
PESO TOTAL DE LA TORRE 4PR3 CON NIVEL +20 Y 4 EXTENSIONES +0 EN (kg)									53777	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	FABRICANTE	PROCEDENCIA	PESO TOTAL (Kg)	P U LN PESOS POR KILOGRAMO	IMPORTE EN PESOS
1	4PR3 +20 +0	TORRE	1	LOMEXSA	MEXICO	53777	20 00	1075548

VIII.1 COSTO POR UNA TORRE TIPO 4PR3

No.	CONCEPTO	UNID.	CANT.	P. U.	IMPORTE
<u>INGENIERÍA DE DISEÑO</u>					
1.-	Ingeniero nivel I	Día	6	1628	9768,00
2.-	Ingeniero nivel II	Día	15	2302	34530,00
3.-	Ingeniero nivel III	Día	15	3478	52170,00
4.-	Ingeniero nivel IV	Día	5	5497	27485,00
5.-	Consumo y cómputo	---	---	5640	<u>5640,00</u>
SUBTOTAL				\$	129,593,00

No.	CONCEPTO	UNID.	CANT.	P. U.	IMPORTE
<u>INGENIERÍA DE DETALLE</u>					
1.-	1 Ingeniero nivel III (Revisor general)	Día	10	3478	34780,00
2.-	1 Ingenieros nivel II (Revisor)	Día	20	2302	46040,00
3.-	2 Dibujantes nivel I (Uniones principales y revisión preliminar)	Día	40	1628	65120,00
4.-	2 Dibujantes nivel II (Uniones secundarias y revisión de listas de materiales y Planos de montaje)	Día	40	1302	52080,00
5.-	1 Dibujante nivel III (Elaboración de Planos de montaje y listas de materiales)	Día	15	1042	15630,00
6.-	Consumo y cómputo	---	---	11280	<u>11280,00</u>
SUBTOTAL				\$	224,930,00

No.	CONCEPTO	UNID.	CANT.	P. U.	IMPORTE
<u>ESTRUCTURA</u>					
1.-	Material, Fabricación, Galvanizado y traslado a residencia de C.F.E	Ton	53,77	20000	1'075,548,00

2.-	Acarreo de la estructura al lugar de la obra por medio de transporte y/o equipo mecánico a una distancia máxima de 1,00 km. del almacén de la residencia de C.F.E.	Ton	53,77	490	26347,00
3.-	Prearmado de estructura.	Ton	53,77	447	29412,00
4.-	Montaje y nivelado de Bottom panel.	Ton	6,61	469	3100,00
5.-	Montaje de cuerpos superiores con Grúa. 70 %	Ton	33,00	276	9207,00
6.-	Montaje de cuerpos superiores con Pluma flotante. 30 %	Ton	14,14	938	13263,00
7.-	Revisión de estructura.	Torr	1	965	<u>965,00</u>
	SUBTOTAL			\$	1'157,842,90

No.	CONCEPTO	UNID.	CANT.	P. U.	IMPORTE
	<u>CIMENTACIÓN</u>				
1.-	Excavación a cielo abierto, con maquinaria, en material tipo II de 2,00 a 6,00 mts. de profundidad.	m ³	381,00	301	114681,00
2.-	Plantilla en cimentación de Concreto f'c = 90 kg/cm ² de 5 cm de espesor Incluye, material y mano de obra.	m ³	3,70	136	503,20
3.-	Concreto reforzado de f'c = 200 kg/cm ² incluye, material, armado, cimbrado, colado, descimbrado, y curado.	m ³	48,35	485	23449,75
4.-	Relleno compactado con material producto de la excavación con equipo mecánico, en cepas de 20 cm de espeso al 95 % de la prueba proctor.	m ³	329,00	195	<u>64155,00</u>
	SUBTOTAL			\$	202,788,95
	TOTAL			\$	1'715,154,85
	+ 35 % de indirectos				<u>600,304,20</u>
	COSTO TOTAL POR TORRE			\$	2'315,429,05

VIII.3 MANIFESTACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para la identificación de los impactos ambientales que se generan de la construcción y la puesta en servicio de la Línea de Transmisión Lázaro Cárdenas - Donato Guerra - San Bernabé sobre los distintos sistemas naturales y modificados localizados a lo largo del trayecto, se ha considerado evaluar metodológicamente los siguientes aspectos: **Ver tabla VIII.1**

En el desarrollo de las actividades que se realizan durante la introducción de una Línea de Transmisión de Energía Eléctrica, en lo que se refiere a la preparación del trayecto, construcción y operación de la línea de Transmisión se seleccionan tres diferentes áreas que se evaluarán de acuerdo con la metodología propuesta por Leopold estas son de tipo físicas, bióticas y socioeconómicas y se presentan en la tabla VIII.1, en donde se identifican y evalúan los impactos ambientales ocasionados por la construcción y operación de la línea de transmisión, en esta se consideraron veinte actividades de obra (columnas) y diecisiete componentes ambientales (renglones), generando interacciones. De éstas, solo un reducido número fue considerado como importante dentro de la evaluación.

Una vez realizada la identificación de los impactos ambientales, como se muestra en la tabla VIII.1 se llevó a cabo la evaluación de los mismos, con base a su magnitud e importancia donde la magnitud, según un valor de 1 a 10, en el que 10 corresponde a la alteración máxima provocada sobre la componente ambiental considerada y 1 a la mínima. La importancia da el peso relativo que la componente ambiental considerada tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones, como por ejemplo:

El uso actual del suelo es una de las dos componentes ambientales donde la magnitud e importancia de los impactos negativos alcanzan uno de los mayores valores dentro de la evaluación, esto ocurre debido a que durante la rehabilitación y construcción de caminos de acceso, en el desmonte de la brecha forestal, excavación, y cimentación de las torres se generan diversos impactos considerados adversos de carácter permanente y con menor peso regional.

Ejemplos de estos impactos serían la modificación del uso original del suelo, la pérdida de cubierta vegetal y del hábitat de la vida silvestre, entre otros, en este caso los valores alcanzados son 29/19, lo que representa que la magnitud es notable, aunque la importancia a nivel regional es reducida, por lo que se determina que los impactos seleccionados no son agresivos para la flora y la fauna del entorno de entre los límites del derecho de vía de la línea de transmisión.

MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA L.T. LÁZARO CÁRDENAS - DONAFO GUERRA - SAN BERNABÉ		PREPARACIÓN DE LAS ZONAS DE TRAYECTO				CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA										OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		ABANDONO DEL SITIO							
		REHABILITACION Y MANTENIMIENTO DE CAMINOS	CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS DE ACCESO	DE MONTAJE DE BIRCAJA TORRES AJ	HODAS Y CLARION	TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS	MOVIMIENTO DE EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN	ALMACENIS Y CAMPAMENTOS	EXCAVACION PARA LOS CIMIENTOS DE LAS TORRES	CIMENTACION DE LAS TORRES	RELLENO Y COMPACTACION DE LAS BASES DE LAS TORRES	MONTAJE Y FIABILITADO DE LAS ESTRUCTURAS PARA TORRES	TENDIDO Y TENSADO DE CABLES	GENERACION DE DESECHOS DE CONSTRUCCIÓN	GENERACION DE DESPERDICIOS DOMESTICOS	GENERACION DE RUIDO	CONSUMO DE AGUA		REHABILITACION Y MANTENIMIENTO DE CAMINOS	MOVIMIENTO DE VEHICULOS	REPARACION Y MANTENIMIENTO DE LA LINEA				
FACTORES AMBIENTALES	MEDIO FISICO	CONDICION DEL SUELO	2	4	6	4		3	5	3	3		2			1				29					
		PAISAJE	2	2	2	4		2	2	2	1	1		1			1			12					
		EROSION	1	2	1		1	1	1	1	2	1		1			1			11					
		CLIMA DEL AREA	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	8					
		ASOCIACION DE VEGETACION	1	5	6	5	4	5	5	3			5	5	2	2	1		1	1	16				
	MEDIO BIOTICO	VEGETACION VEGETAL	LOSQUE DE PINO TIPO ENCINO	4	3	7	5							1	1						12				
			LOSQUE DE PINO TIPO ABIES	1	1	3	5								1	1					8				
			ZONAS URBANAS	2	2	2	4	2	1	1				1	2	2	1				10				
			ZONAS AGRICOLAS	3	1	1	3							1	1	1	1		2		6				
		FAUNA SILVESTRE	ZONAS PASTIZALES	3	3	3	3							1	1	1	1				6				
MAMIFEROS			2	2	2	3	1	1	1	2					2	1		1	1	9					
AVES			1	3	2	1	1	1	2				1		2	1		1	1	11					
REPTILES			1	2	2	2	1	1	2				1		1	2		1	1	8					
MEDIO SOCIOECONOMICO	DEMOGRAFIA						5	5											5						
	EMPLEO	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+					+	+	5						
	CAMPOS DE PRODUCTIVIDAD DE LA REGION	+	+												1	2	+	+	1						
	NIVEL DE VIDA	+	+														+	+	1						
		2	29	38	10	5	6	5	18	9	7	3	6	5	6	9	4	8	7	5	7	1	5	5	6

NOTAS

1. LA MAGNITUD DEL IMPACTO ESTA MANEJADA EN UNA ESCALA DE 1 AL 10 Y SE SEÑALA EN EL EXTREMO SUPERIOR IZQUIERDO DE LA CASILLA. NO EXISTEN CEROS, EL 10 INDICA EL VALOR MAXIMO Y EL 1 EL MINIMO
2. LA IMPORTANCIA LOCAL O REGIONAL ESTA MANEJADA EN UNA ESCALA DE 1 AL 10 Y SE SEÑALA EN EL EXTREMO INFERIOR DERECHO DE LA CASILLA. DONDE EL 1 INDICA UN VALOR DE BAJA IMPORTANCIA A NIVEL LOCAL Y EL 10 DE IMPORTANCIA A NIVEL REGIONAL
3. EL SIGNO MAS INDICA IMPACTOS POSITIVOS

TABLA VIII.1

CAPÍTULO IX

CPÍTULO IX

CONCLUSIONES

En términos generales se puede decir que una estructura de soporte como lo es una torre de transmisión, al estar en servicio, estará sometidas a diferentes tipos de esfuerzos ya sean estos dieléctricos o como ya se mencionó, los producidos por las condiciones a las que va estar expuesta la torre, con el uso de la computadora el análisis y diseño de este tipo de estructuras trae consigo grandes ventajas, tanto técnicas como de orden práctico. En primer término, la capacidad y rapidez de estas máquinas permiten estudiar las estructuras sin tener que recurrir a simplificaciones burdas que obviamente conducen a diseños extremadamente conservadores; tanto porque no se considera la interacción real de los miembros estructurales, como por el lógico incremento de factores de seguridad ante la incertidumbre que las simplificaciones implican.

Por lo tanto, disponiendo de un programa de computadora para el proceso de análisis y diseño; tanto el tiempo como el esfuerzo empleados se reducen a un mínimo al quedar el trabajo de cálculo reducido solo al suministro de información a la computadora y a la interpretación de resultados de la misma; con los cuales el diseñador con su criterio determinará un diseño confiable, óptimo y al mismo tiempo conservador. En el proceso del dimensionamiento de los miembros, una vez conocidos los esfuerzos a los que están sujetos los elementos la computadora también ofrece ventajas al evitar interpretaciones subjetivas de especificaciones y guías de diseño, dado que con estas ayudas y el criterio ingenieril se definen los criterios de diseño para la selección de los elementos que van a regir el diseño óptimo y definitivo de la estructura.

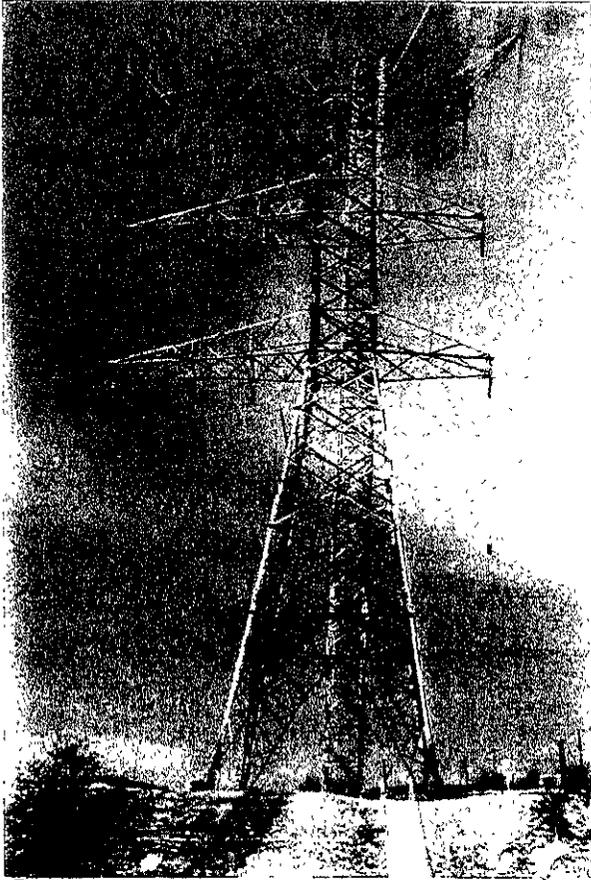
Los programas de computadora que se han desarrollado para este tipo de estructuras, constituyen entonces una herramienta básica e imprescindible para el análisis y diseño de torres de transmisión de energía eléctrica, por lo cual en este trabajo de investigación se definen y exponen los criterios a seguir en el diseño de una torre de transmisión de alto voltaje con un ejemplo real y se presentan de tal forma que los alumnos interesados en consultar esta tesis, tengan una guía aproximada del procedimiento general que se debe seguir en el diseño de este tópico de la ingeniería estructural y puedan consultar la literatura que se menciona al final de este trabajo para el desarrollo de sus inquietudes.

En este trabajo se ejemplifica y se dan algunas recomendaciones que debe seguir un diseñador, en el cálculo de todos y cada uno de los parámetros que intervienen en el análisis y diseño de una torre ya sea esta de Suspensión, Deflexión, Remate, o alguna combinación de entre estas utilidades, además del análisis y diseño de su cimentación con el mismo criterio.

Del análisis hecho a lo largo de este trabajo podemos concluir que la silueta preliminar presentada en los diagramas de distancias eléctricas es la adecuada y cumple con todas las características y restricciones que indican las especificaciones en cuanto a ingeniería civil se refiere, los datos investigados en C.F.E. para la obtención de las cargas que se aplicarán a esta estructura cumplen con las restricciones y normas descritas en las especificaciones y manuales que rigen el cálculo de torres de transmisión de energía eléctrica, los criterios de diseño presentados en el cálculo de la planilla de dimensionamiento (planilla final) y en el cálculo del análisis y diseño de la cimentación también cumplen los puntos que les competen por lo que concluimos que este diseño tanto en la superestructura como en la subestructura da resultados confiables y que presentan porcentajes de trabajo que oscilan entre el 80% y 100% de su resistencia de trabajo en sus elementos mas esforzados por lo que presentan también un diseño óptimo y real; por lo tanto se acepta el diseño presentado en este trabajo.

Por último se hizo un análisis aproximado de los costos de construcción actuales para tener una idea de las necesidades que trae consigo el diseño de una sola torre de transmisión de energía eléctrica con características particulares y se hace mención también de la manifestación del impacto ambiental en el entorno que prevalece dentro de los límites de la trayectoria de la Línea de Transmisión ya mencionada donde se determina que los impactos provocados por las veinte actividades de obra no son de riesgo para el hábitat que prevalece en la región .

Con todo lo descrito en este trabajo de investigación nos damos cuenta de lo que representa este tipo de ingeniería para nuestro país en la construcción de una Línea de Transmisión la cual tiene como objetivo principal y primordial el de transmitir la energía eléctrica de un lugar a otro, **dado que esta representa para México lo que la sangre para el cuerpo humano.**



**APLICACION DE CARGA 400 KV - 1C Y 203 KV -2C
PROTOTIPÓ TORRE 4PR3 (EQ).**

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS Y NORMAS

- * MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES, C.F.E.,
INSTITUTE DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS,
FASCICULOS: ESTRUCTURAS
 - C.1.4 DISEÑO POR VIENTO
 - C.2.3 ESTRUCTURAS PARA TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICAMÉXICO, 1981

- * DISEÑO DE TORRES PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN
ESPECIFICACION CFE J1000-50
MÉXICO; AGOSTO 1994

- * MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES
DISEÑO POR VIENTO, C.F.E., I.I.E.
MÉXICO, 1993

- * GUIDE FOR DESIGN OF STEEL TRANSMISSION TOWERS
(ASCE) MANUALS AND REPORTS ON ENGINEERING
PRACTICE No. 52
SECOND EDITION 1988

- * MANUAL DE STEEL CONSTRUCTION
ALLOWABLE STRESS DESIGN
(AISC) NINTH EDITION.

- * SPECIFICATION FOR ESTRUCTURAL JOINTS USING
ASTM A 325 OR A490 BOLTS
LOAD AND RESISTENCE FACTOR DESIGN
(AISC) JUNIO 1988

- * PARÁMETROS DE DISEÑO POR VIENTO EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS
COMPARACION DE NORMAS
MÉXICO, JUNIO 1982

- * DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES BÁSICAS DE CARGA Y SUS COMBINACIONES
PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS
MÉXICO, JULIO 1993

- * NORMAS ACI 318/89, DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO.
PARA EL CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO.

- * FOUNDATION DESIGN WAYNE C. TENG
PREN FICE - HALL, INC SECOND PRINTING. SEPTEMBER 1964



Gustavo Baz Prada

X PREMIO ANUAL DE SERVICIO SOCIAL
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
OTORGA EL PRESENTE

DIPLOMA

A: César Limones Estévez

POR HABER REALIZADO UN SERVICIO SOCIAL
DE EXCELENCIA Y OBTENER

PRIMER LUGAR

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, DF, Noviembre de 1995


Dr. José Sarukhán
RECTOR

"La voluntad universitaria al servicio de la sociedad"