



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“REVISIÓN ESTRUCTURAL Y DE MANTENIMIENTO DE
UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES
AUTOSOPORTADA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE
MAZATEPEC, ESTADO DE MORELOS”**

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

FABIÁN SEBASTIÁN VÁZQUEZ REYES

ASESOR: M. EN I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ

MÉXICO 2010



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

Facultad de Estudios Superiores Aragón

DIRECCIÓN

**FABIAN SEBASTIAN VAZQUEZ REYES
PRESENTE.**

En contestación a la solicitud de fecha 21 de enero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor M. en I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ, pueda dirigirle el trabajo de titulación "REVISIÓN ESTRUCTURAL Y DE MANTENIMIENTO DE UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES AUTOSOPORTADA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MAZATEPEC, ESTADO DE MORELOS", bajo la opción de "DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO" con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Facultad, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México 28 de enero de 2010.

EL DIRECTOR

M. en I. GILBERTO GARCÍA SANTAMARÍA GONZÁLEZ



C p Secretaría Académica.
C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil.
C p Asesor de Tesis.

GGSG/AIR/bra.*

Dedicado a:

† Mi padre, donde quiera que estés.

Mi madre, por un amor siempre dispuesto.

Sofi, por apoyarme durante todos estos años.

Sarita, Por ayudarme a redactar este trabajo.

La FES Aragón, por haberme permitido ser parte de ella.

La UNAM, la mejor universidad de Iberoamérica.

El Maestro Mario Sosa, por apoyarme en este trabajo.

A mis sinodales, profesores y compañeros de generación.

A todos gracias.

PD. Gracias a dios, a la vida, a María de Guadalupe y al milagro de existir.

ÍNDICE

	PAG
INTRODUCCIÓN	VII
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES	
1.1 MAZATEPEC, MORELOS	2
1.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	2
1.1.2 DATOS GEOGRÁFICOS	3
1.1.3 DEMOGRAFÍA	4
1.1.4 VÍAS DE COMUNICACIÓN	4
1.2 HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES	5
1.3 TELEFONÍA MÓVIL O CELULAR	6
1.3.1 HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR	8
1.3.2 TELEFONIA CELULAR EN MÉXICO	9
1.4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA CELULAR	11
1.4.1 RADIO BASES	12
1.4.2 ASPECTOS SOBRE LA SALUD	13
1.5 TIPO DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES	14
CAPÍTULO II	
ACCIONES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO DE UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES	
2.1 CRITERIOS EMPLEADOS	18
2.2 CARGAS PRODUCIDAS POR EL VIENTO	18
2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	18
2.2.2 EFECTOS A CONSIDERAR	20
2.3 ANÁLISIS ESTÁTICO PARA EL DISEÑO POR VIENTO	21
2.3.1 VELOCIDAD DE DISEÑO V_D	21
2.3.2 VELOCIDAD REGIONAL V_R	22
2.3.3 FACTOR DE EXPOSICIÓN F_α	22
2.3.4 FACTOR DE TAMAÑO F_C	23

2.3.5 FACTOR DE RUGOSIDAD Y ALTURA F_{rz}	23
2.3.6 FACTOR TOPOGRÁFICO F_T	26
2.3.7 PRESIÓN DINÁMICA DE BASE qz	26
2.4 ANÁLISIS DINÁMICO PARA EL DISEÑO POR VIENTO	27
2.4.1 PRESIONES Y FUERZAS DE ESTRUCTURAS SENSIBLES A EFECTO DINÁMICO	28
2.4.2 FACTOR DE RESPUESTA DINÁMICA DEBIDO A LA RÁFAGA	29
2.4.3 COEFICIENTES DE ARRASTRE PARA TORRES DE CELOSÍA	32
2.5 ANÁLISIS ESTÁTICO PARA EL DISEÑO POR SISMO	34
2.5.1 FACTOR DE REDUCCIÓN POR DUCTIBILIDAD	35
2.5.2 FACTORES DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO	35
2.5.3 ESPECTRO PARA EL DISEÑO SÍSMICO	37

CAPÍTULO III

NORMAS Y ESPECIFICACIONES

3.1 NORMAS PARA EL ANÁLISIS DE UNA TORRE	41
3.2 NORMAS TELCEL	41
3.2.1 TORRES Y ANTENAS	42
3.2.2 REQUERIMIENTOS GENERALES DE CARGAS Y ESFUERZOS	43
3.2.3 PINTURA	46
3.2.4 SISTEMA DE ILUMINACIÓN	47
3.2.5 SISTEMA DE ATERRIZAJE	48
3.2.6 ACCESORIOS ESTRUCTURALES DE LA TORRE	48
3.2.7 ESCALERA, ANCLA Y ACCESOS A PLATAFORMA	48
3.3 NORMA TIA/EIA-222-G	49
3.3.1 DISPOSICIONES GENERALES	50
3.3.2 CARGAS APLICADAS	51
3.3.3 CARGAS DE VIENTO	52
3.3.4 ESTRUCTURAS DE CELOSÍAS AUTOSOPORTADAS	52
3.3.5 ESPESOR DE HIELO DE DISEÑO	53

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL CASO PRÁCTICO

4.1 ANTECEDENTES	56
4.1.1 DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS	56

4.2 LEVANTAMIENTO FÍSICO DE LA TORRE	56
4.2.1 UBICACIÓN DEL SITIO	57
4.2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TORRE	58
4.2.3 REPORTE FOTOGRÁFICO GENERAL	59
4.3 REPORTE VISUAL DE MANTENIMIENTO	61
4.3.1 REPORTE FOTOGRÁFICO	61
4.3.2 REPORTE DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE MANTENIMIENTO	68
4.4 ESTUDIO DE CORROSIÓN	69
4.5 ESTUDIO DE VERTICALIDAD	84
4.6 BASE DE LA REVISIÓN ESTRUCTURAL	86
4.6.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA TORRE	86
4.6.2 CARGAS MUERTAS	86
4.6.3 CARGAS VIVAS	87
4.6.4 CARGAS DE SISMO	88
4.6.5 CARGAS DE VIENTO	88
4.6.6 COMBINACIONES DE CARGAS	89
4.7 REVISIÓN ESTRUCTURAL	89
4.7.1 REVISIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE DE FALLA Y SERVICIO	90
4.7.2 ANÁLISIS DE CARGAS VERTICALES	90
4.7.3 CÁLCULO DE LA FRECUENCIA NATURAL DE VIBRACIÓN Y PESO PROPIO DE LA TORRE	92
4.7.4 ANÁLISIS DINÁMICO DE VIENTO	94
4.7.5 ANÁLISIS ESTÁTICO DE SISMO	103
4.7.6 RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN EL PROGRAMA STAAD PRO 2006	106
4.7.7 REVISIÓN DE LAS CONEXIONES CRÍTICAS	111
4.8 REVISIÓN DE TORQUES Y RESISTIVIDAD	113
4.8.1 TORQUES	113
4.8.2 RESISTIVIDAD	115
CONCLUSIONES	117
ANEXOS	119
BIBLIOGRAFÍAS	152



INTRODUCCIÓN

Actualmente, cuando la población mundial supera los tres mil millones de habitantes y la globalización ha permitido la movilidad de bienes de consumo, así como de individuos entre los diferentes continentes, es imperativo contar con sistemas de comunicación cada vez más rápidos y eficientes, es por ello, que en esta primera década del siglo XXI los medios de comunicación y transporte que fueron tan eficientes a finales del siglo XX, hoy en día, han quedado casi en el olvido como es el caso del correo y los telégrafos, es por eso, que existe una creciente competencia por parte de diversas compañías a nivel mundial para la optimización de los sistemas móviles a través de ondas de radio en vez de los anticuados hilos usados por la telefonía convencional.

Los dispositivos inalámbricos han creado un enorme mercado, por lo cual muchas industrias de telefonía convencional monopolizaron en principio los sistemas móviles, sin embargo, el creciente mercado ha permitido una libre competencia y con ello la incursión de nuevas compañías en este ramo, que demanda cada día más cobertura; pues si en un principio, los sistemas móviles solo fueron usados para telefonía, hoy son usados para la transferencia de datos, imagen y sonido, todo esto dentro del marco del ya conocido Internet, pero de manera inalámbrica, el cual requiere un ancho de banda mucho mayor al empleado en las transmisión solo de voz, por lo cual, en las grandes ciudades es cada día más común ver torres de telecomunicación inalámbrica.

Considerando la experiencia adquirida en el mantenimiento de una de estas estructuras debido a que como ya se ha mencionado, son estructuras que en un principio fueron diseñadas para soportar las cargas de una o dos antenas de telefonía celular, pero debido a la creciente demanda, es común incrementar constantemente el número de estas; lo que trae como consecuencia la constante revisión estructural de los



elementos mecánicos, aunado a que por su importancia, los reglamentos de construcción tanto locales como federales exigen cada día una revisión más exhaustiva; se ha realizado el presente trabajo, el cual concentra cuatro capítulos. En el primero, se tratan datos históricos de la región en la que se encuentra la torre auto soportada denominada “Mazatepec”, así como algunos aspectos relacionados a la telefonía celular, como su importancia, desarrollo, los elementos que la integran y los tipos de torres que son usados actualmente para albergar estos sistemas de comunicación.

El segundo capítulo describe las acciones que deben ser consideradas en la revisión estructural tales como cargas vivas, de viento, y de sismo; así como los parámetros que deberán emplearse de acuerdo a la clasificación de las estructuras, categorías del terreno, velocidades regionales, presión dinámica y otras; se presenta también tablas y graficas con valores proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para el diseño de esta clase de estructuras.

El tercer capítulo contiene algunas normas elaboradas por la compañía TELCEL, pionera en México de la telefonía celular, las cuales hacen mención a los requerimientos mínimos que deben cumplirse en la construcción de torres para dicho fin, así mismo, se presenta una pequeña parte de normas TIA/EIA-222G (*Telecommunication industry association*), cabe mencionar que no se presentan estas normas en su totalidad, sino solo la parte que se considero mas importante.

El capítulo cuarto presenta los resultados de gabinete, producto de los trabajos de campo obtenidos en la revisión estructural del sitio denominado “Mazatepec”, en él se detallan las condiciones actuales de los elementos mecánicos de la torre, así como las cargas a las que se encuentra sometida, se hace mención también de los trabajos de



mantenimiento requeridos en el sitio, producto del deterioro causado por condiciones climáticas y del tiempo.

Así mismo, se anexan algunos elementos complementarios como mapa de velocidades regionales (isotacas), de zonificación sísmica, tablas de factores de respuesta dinámica, planos esquemáticos del sitio, así como de desplazamiento y esfuerzos, resultados de la corrida de análisis estructural utilizando el programa Stad Pro 2006.



CAPÍTULO I

GENERALIDADES



1.1 MAZATEPEC, MORELOS.

La palabra Mazatepec se deriva del vocablo *mazátl* y *tepetl* que significa el cerro del venado o de los venados.

Escudo del municipio de Mazatepec



FUENTE. INEGI. 2005

1.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

La historia de los pueblos de Mazatepec se remonta al periodo preclásico (1500 -1000 a.C), clásico (150-750 d.C) y postclásico (900-1521d.C).

Para el año 603 D.C una peregrinación de olmecas provenientes de Jalisco se mezcla con la ya existente en el lugar y se funda oficialmente Mazatepec, con esto, los pueblos de Mazatepec recibieron los restos de una civilización madre en la cultura mesoamericana.

Para el año 1116 (año uno tepatl) un grupo de toltecas que escapaba de la guerra civil de Chalchicahzinca llegó por el occidente a Mazatepec y por mucho tiempo constituyeron ahí su población, pero tiempo después se extendieron a Tetecala, Cuernavaca, Yautepec y otras ciudades de la región; en las cuales se puede hoy en día encontrar vestigios del pueblo tolteca. En el mayor esplendor tolteca Mazatepec quedó como una ciudad de segunda categoría, seguida de Cuernavaca.



Mazatepec formo parte del centro cultural, político y religioso de Xochicalco, que estuvo ocupado desde el preclásico, pero su mayor desarrollo y auge ocurrió en el clásico.

1.1.2 DATOS GEOGRÁFICOS.

Mazatepec se encuentra geográficamente ubicado entre los paralelos 18°43'37" longitud norte y 99°21'43" longitud oeste del meridiano de Greenwich, su altura sobre el nivel del mar es de 980 metros. Se encuentra limitando al norte y noroeste con Miacatlán, al noroeste con Coatlán del Rio, al sur con Amacuzan, al oeste con Tetecala y al este con Puente de Ixtla. Se localiza a 45 kilómetros de la capital del Estado, tiene una superficie de 45922 Km² representando el 0.92% del territorio estatal.

Tres son las formas de relieve presentes en el municipio; en el centro, accidentadas, que cubren un 6% del territorio; las semiplanas, que abarcan un 3%; siendo las planas la mayor parte del territorio, con el 83%. Las aéreas mas accidentadas están formadas por los cerros del Jumil, el Chiquito, el cerro de los coyotes y Los limones entre otros.

Entre sus recursos hidráulicos cuenta con el rio Mazatepec, que cruza el municipio de norte a sur, proveniente de Niacatlán, el cual solo trae aguas en tiempo de lluvias. Cuenta también con los ríos Chalma y Tembembe, cuyo cause desaparece en algunos meses de estiaje.

El clima que predomina en la región es cálido, sub-húmedo, caluroso y tropical, con inviernos poco definidos y con épocas de sequia en el otoño; la temperatura oscila los 23.6°C y las precipitaciones pluviales son de 1194 mm³.



Ubicación del municipio de Mazatepec

FUENTE. INEGI. 2005

1.1.3 DEMOGRAFÍA.

Según los resultados del conteo de población y vivienda 2005 el municipio cuenta con un total de 8766 habitantes, de esta, se reparte en tres comunidades en las que la cabecera municipal posee el mayor número de habitantes, de la población total, 13.75%, lo que representa a 614 habitantes son de habla indígena.

La religión predominante es la católica, con 5968 habitantes mayores de 5 años que la profesan, seguida en menor escala por la protestante o evangélica con 1024 creyentes, la judaica con 25 y otras con 618 religiosos mayores de 5 años.

En cuanto a educación se refiere, el municipio cuenta con planteles de enseñanza inicial, preescolar, primaria, y bachillerato pedagógico.

1.1.4 VÍAS DE COMUNICACIÓN.

El municipio es atravesado por la carretera federal México-Grutas de Cacahuamilpa, esta carretera después de pasar por Cuernavaca continua por Temixco, Acatlipa, Alpuyecá, llegando por Mazatepec para después continuar a Tetecala, Coatlán de Río, hasta llegar a las grutas, donde entronca con la carretera federal Cuernavaca-Taxco.



Existen dos caminos que comunican a la cabecera municipal con otros puntos de la región, el primero, da principio en el crucero localizado a 18 Km de Alpuyecá, de donde parte hacia la comunidad de Cuatetelco, llegando a Mazatepec; el segundo, inicia en el crucero de la carretera federal México-Cuernavaca-Taxco, que traspasar por las comunidades de Cuautlita y Santa Cruz llega a Mazatepec.

Actualmente el municipio cuenta con 37.8 Km de carreteras, de los cuales 8.4, son carreteras revestidas y el resto de terracería.

1.2 HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES.

Las telecomunicaciones comienzan en la primera mitad del siglo XX, con la invención por parte de Samuel Morse del telégrafo eléctrico, permitiendo enviar mensajes que contenían letras y números. El inventor Charles Wheatstone años más tarde, perfeccionaría este invento adicionándole una cinta perforada que podía recibir los mensajes sin que un operador estuviera presente, también le agregó la capacidad de enviar varios mensajes simultáneamente, a lo cual se le llamó telégrafo múltiple. Años más tarde, desarrollado por Alexander Graham Bell, surgió el teléfono, con el que fue posible comunicarse utilizando la voz y posteriormente, la revolución de las comunicaciones dio un salto al pasar de la transmisión por medio de cables a la transmisión inalámbrica, cuando el alemán Heinrich Hertz inventara la radio.

El término telecomunicaciones se definió por primera vez en una reunión de la Unión Telegráfica Internacional (UTI) en Madrid el 3 de septiembre de 1932, definiendo el término como: “toda transmisión emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos, o información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos”.



En los años 60's un nuevo campo comienza a ser utilizado en las telecomunicaciones, el de la informática, con el uso de los satélites de comunicaciones y las redes de comunicación en paquetes; décadas después se caracterizó por la aparición de redes Computarizadas y arquitecturas que servirían de base a las telecomunicaciones modernas (en estos años, aparece el ARPANET, que dio origen al actual INTERNET).

Para los años 80's, cuando las computadoras personales se volvieron populares aparecen las redes digitales y el actual INTERNET, expandido enormemente a principios del siglo X.

Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son un transmisor, una línea o medio de transmisión, un canal y un receptor. El transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes a través de un fenómeno físico conocido como señal. La señal es el medio de transmisión que modifica o degrada en su trayecto desde el transmisor al receptor, por ello, el receptor debe tener un mecanismo de codificación, capaz de recuperar el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal.

1.3 TELEFONÍA MÓVIL O CELULAR.

En los albores del siglo XXI con una población mundial de varios miles de millones de habitantes, la telefonía convencional a base de cables ya sean de cobre tradicional o fibra óptica, no serían capaces de satisfacer la creciente necesidad mundial de comunicación en movimiento, es por ello, que la telecomunicación móvil, mejor conocida como celular juega hoy en día un papel tan importante en las conexiones a redes portátiles, tanto de telefonía como de datos.

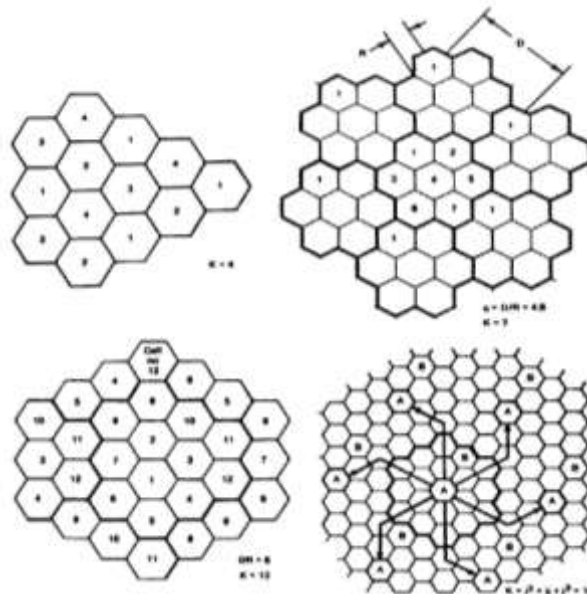
Estos dispositivos han creado un enorme mercado mundial y muchas de las compañías telefónicas convencionales han entrado desde hace algunos años en este mercado.



El sistema de telefonía celular es un concepto relativamente reciente, pues inicia sus operaciones en Estados Unidos en la década de los 80's y desde entonces su desarrollo ha sido mucho mayor que el de cualquier otro sistema de telecomunicación. El nombre completo del sistema es sistema de radiotelefonía móvil con tecnología celular, siendo sus características principales la radiotelefonía, referente a la telefonía a través de las ondas de radio; movilidad, que es la capacidad de dar servicio telefónico en movimiento a grandes velocidades y la tecnología celular, que es la técnica que permite reutilizar un número ilimitado de frecuencias para aumentar la capacidad de un sistema mediante el uso de células.

El término de células, se refiere al sistema estructural compuesto por un área geográfica llamada célula, que al ser juntadas forman lo que se conoce como un área de cobertura; cada célula es cubierta con la señal de radio que emite o recibe la radio base, con el fin de transmitir la señal de los teléfonos localizados en su área.

Esquema de un área de cobertura celular.



FUENTE. NORMAS TELCEL



1.3.1 HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR

Es al estadounidense Martin Cooper a quien se le ha llamado el padre de la telefonía celular al introducir en 1973 el primer radio teléfono, mientras trabajaba para la corporación Motorola, sin embargo, no fue hasta 1979, cuando aparecen los primeros sistemas comerciales en Tokio, Japón con la compañía NTT.

Para 1982, algunos países nórdicos introdujeron el sistema llamado *Advanced mobile phone system* (AMPS). Por su parte, en Estados Unidos, las entidades regulatorias del país adoptaron reglas para la creación de su servicio comercial de telefonía celular, en 1983 se puso en operación el primer sistema comercial en Chicago.

En la actualidad el avance de la telefonía celular se encuentra en la llamada generación 3G, precedida por la 1G y 2G.

Primera generación (1G) hizo su aparición en 1979 y se caracterizó por analógica y únicamente para voz, la calidad de los enlaces era muy baja, tenía una baja velocidad y la transferencia entre celdas era muy imprecisa, pues contaba con una capacidad basada en la *frequency division multiple Access* (FDMA) y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es la AMPS.

Segunda generación (2G) esta llegó en la década de los 90's y a diferencia de la primera, se caracterizó por ser ya digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y se emplea este sistema hasta nuestros días. Las tecnologías que predominan es la *global system for mobile communications* (GSM); y IS-136, conocida también como TIA/EIA136 o ANSI-136 y *Code division multiple Access* (CDMA). Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas de voz pero limitados en comunicaciones de datos, ofrecen también diferentes



niveles de inscripción. En Estados Unidos y otros países la 2G es conocida también como *Personal communication service* (PCS).

Generación 2.5G. Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones optaron por la 2.5G antes de entrar masivamente a la 3G. La 2.5G es más rápida y mas económica que pasar directamente a la 3G. La generación 2.5 ofrece características extendidas, ya que cuenta con más capacidad adicional como el *general packet radio sistem* (GPRS) y el *Enhances data rates for global evolution* (EDEG).

Tercera generación 3G. La 3G se caracteriza por contener la convergencia de voz y datos con exceso inalámbrico a internet. Los protocolos empleados en el 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones mas haya de voz con audio, video en movimiento, videoconferencias y exceso rápido a internet. Estas tecnologías ya operan en Japón desde el 2001 y en Europa y parte de Asia desde 2002.

En relación a la cantidad de usuarios de la 3G para el 2004 había ya 1.15 millones de usuarios.

1.3.2 LA TELEFONÍA CELULAR EN MÉXICO.

Para septiembre de 1974 surge la empresa Directorios profesionales (DIPSA) especializándose en la edición de directorios azules por calles, directorio de la construcción, turismo y otras; durante ese mismo año, como consecuencia de la modernización en las comunicaciones, teléfonos de México integra a DIPSA en la administración de la radiotelefonía móvil.

Para 1977, la entonces ya llamada Radio móvil DIPSA solicita ante la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) la concesión para instalar, operar y explotar un



sistema de telefonía móvil en la ciudad de México. En 1981, inicia la comercialización de este servicio conocido como teléfono en el auto, con el cual se logro dar servicio a 600 usuarios en 8 meses, para lo cual tubo que ser colocada en el cerro del Chiquigüite una de las primeras antenas de telecomunicación para dicho fin.

En 1987, radio móvil DIPSA decide la utilización de los sistemas mas avanzados para colocar a México como uno de los poseedores mas avanzados en América Latina en materia de telefonía móvil, utilizando equipo de comunicación ERICSSON. Para 1989, la SCT autoriza la instalación del sistema celular a radio móvil DIPSA en Tijuana y surge la compañía IUSACELL para ofrecer el servicio de telefonía celular en el Distrito Federal; en 1990, surgiría también TELCEL ofreciendo el mismo servicio en el Distrito Federal y otras entidades del país, dividiéndose así en nueve regiones como actualmente se encuentran. Cada una de estas regiones se dividió en dos bandas de frecuencia la banda A y la banda B. La banda de frecuencia A transmitía entre los 825 y 835 MHz, la banda B transmitiría entre los 835 y 854 MHz así como entre 880 y 890 MHz. Cabe mencionar que solo TELCEL recibió concesión para operar en las nueve regiones del país.

Proveedores de servicio celular en México

PROVEEDORES	TECNOLOGÍA USADA	FRECUENCIA DE OPERACIÓN
TELCEL	TDMA GSM	Banda B 800 MHz Banda D 1900 MHz
IUSACELL UNEFON	CDMA	1800-1900 MHz 1850-1900 MHz
MOVISTAR	GSM	1900 MHz

FUENTE. NORMAS TELCEL



1.4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA CELULAR.

Un sistema de telefonía celular es integrado por el conjunto de varios elementos que al interactuar entre si proporcionan el servicio de telefonía celular con sus propias características, estos elementos son:

- Central de telefonía móvil (MTX)
- Radio base celular (RB)
- Equipo de telefonía

El MTX es también conocido como *mobile service center* (MSC) o *mobile telephone service office* (MTSO) y es la parte más importante del sistema celular, pues controla el funcionamiento de todos los elementos. Con la información que recibe el MTX compara los datos de identificación de cada aparato y quedan registrados, en caso de coincidir se clasifican como disponibles, permitiendo hacer una llamada; en caso de no coincidir, el MTX ignora la presencia del teléfono y no realiza ningún registro.

La función de una radio base es la de comunicar a la central celular con todas y cada una de las unidades móviles dentro de la cobertura del sistema, una radio base a su vez es conformada por:

- Canal, transceptor o unidad de radio
- Interface de conexión al MTX
- Antenas, combinadores, acopladores y guías de onda
- Receptor celular

Un teléfono celular esta integrado por los siguientes elementos:

- Unidad de radiofrecuencia (antena y acoplador)
- Unidad de control (teclado y display)



- Unidad de voz (bocina y micrófono)
- Unidad de alimentación (batería)

Actualmente, la cobertura celular cubre prácticamente el 100% de las poblaciones importantes del país.

Coberturas regionales en las que se divide el país para el servicio de telefonía con tecnología celular.

REGIONES	COBERTURA
REGION 1	“Baja California” los estados de Baja California, Baja California Sur, el municipio de San Luis, Rio Colorado en Sonora
REGION 2	“Noroeste” los estados de Sinaloa y Sonora, excluyendo el municipio de San Luis Rio Colorado
REGION 3	“Norte” los estados de Chihuahua, Durango y los municipios de Torreón, Francisco I Madero, Matamoros, San Pedro Idiesca, Coahuila
REGION 4	“Noroeste” los estados del Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas
REGION 5	“Occidente” los estados de Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit
REGION 6	“Centro” los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas y los municipios de Jalisco de Guejutla, Santa María de los Ángeles, Colotlan, Teocaliche, Guejuquilla, Mesquitic, Villa Guerrero, Bolaños, Lagos de Moreno, Villa Hidalgo, Ojuelos de Jalisco y Encarnación de días, que se contemplan también en la región 5.
REGION 7	“Golfo y Sur” los estados de Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz
REGION 8	“Suroeste” los estados de Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán
REGION 9	“Metropolitana” que abarca Distrito Federal, Estado de Hidalgo, México y Morelos

1.4.1 RADIO BASES.

Un sitio celular tiene como función la recepción y transmisión de voz y datos a través de antenas que son recibidas en un equipo terminal, las principales partes componentes de un sitio son la torre y el contenedor. En la torre, se encuentran montadas las antenas



llamadas de enlace y de telefonía celular y en el contenedor se encuentran equipos electrónicos cuya función es retransmitir la señal celular ya sea a otra radio base a través de las antenas de base o al teléfono móvil a través de las antenas de telefonía celular.

1.4.2 ASPECTOS SOBRE LA SALUD

Hasta la fecha ningún estudio ha demostrado que los campos electromagnéticos que oscilan entre 800 y 1800 MHz generados por la telefonía celular puedan causar algún daño sobre los seres humanos, debido a los niveles de potencia que se utilizan, que en el peor de los casos, puede ser de 50 a 200 W considerando que las antenas de radio y televisión transmiten a varios Kilowatts (KW).

Dado el gran número de usuarios de telefonía móvil, incluso pequeños efectos en la salud podrían tener implicaciones importantes, por lo cual organizaciones como la Organización Mundial de la salud (OMS), la Royal Society de Canadá han realizado diversos estudios sobre los efectos de la radio frecuencia (RF) sobre seres humanos, no encontrándose ningún indicio de daños a la salud. La creencia popular que desato esta controversia fue al confundir los campos de RF con la radiación ionizante, como los rayos X o los rayos gama, que son capaces de romper moléculas, si un haz de radiación ionizante rompe la cadena de ADN puede producir algún tipo de cáncer. A diferencia de la radiación ionizante, los campos de RF no pueden producir ionización o radioactividad en el cuerpo, por lo cual se llaman no ionizantes.

Por otra parte, por la creciente necesidad de la instalación de radio bases, estas se encuentran hoy en día por doquier en la ciudad de México, y en cualquier parte del mundo, lo que causa cierto temor a las personas que habitan cerca de ellas, pero cabe mencionar que el usuario de un teléfono móvil esta mas expuesto a la radiofrecuencia que las personas que habitan cerca de una radio base.



1.5 TIPOS DE TORRES DE TELECOMUNICACION.

Debido a las características tanto geográficas como físicas de los lugares donde actualmente se colocan las radio bases, se ha tenido la necesidad de emplear tres diferentes tipos de torres:

- Torres auto soportadas
- Monopolos
- Torres arriostradas

La principal razón para optar por uno u otro tipo de torre radica mas que nada por la disponibilidad de espacio en la zona en que se desee establecer una radio base, ya que son las torres auto soportadas las que requieren la mayor área libre a ras de suelo, y las arriostradas, las mas practicas para colocarse en zonas urbanas.

Torres autosoportadas. Este tipo de torres esta constituido principalmente por un cuerpo triangular en la mayoría de los casos (aunque puede ser cuadrado) de tubo circular (OC) que puede ser desde cedula 40 hasta 160, esto dependiendo de la altura a la cual será alzada la torre, estos elementos o piernas van unidos a través de tornillería de alta resistencia (acero 325 o superior) a una celosía conformada regularmente de ángulos de lados iguales (LI) y rematada por una plataforma triangular sobre la cual se montaran tanto las antenas de enlace como las antenas celular.

Torre autosoportada





Monopolo. Los monopolo son estructuras circulares formadas en su totalidad por tubo circular (OC), cuyos diámetros se reducen a medida que se incrementa la altura de las secciones, estas secciones varían de 4 a 6 metros o en algunos casos menores y van unidas por bridas con tornillería de alta resistencia (A-325) y empotradas al suelo a través de una zapata aislada o una pila, esto dependiendo del tipo de suelo y la altura del monopolo.

Torre tipo monopolo



Torres arriostradas. Las torres arriostradas tienen una configuración muy parecida a las torres autoportadas, salvo que en estas, la distancia entre piernas permanece constante y nunca mayor a un metro, son de altura relativamente menor a las autoportadas y se colocan por regla general sobre un dado de concreto empotrado en la azotea de un domicilio particular, por su relación de esbeltez de la parte superior de estas torres sale un triangulo estabilizador del cual penden cables de acero (torones) que la tensan y anclan a las orillas de la misma estructura en que fue colocada, por sus dimensiones y peso este tipo de torres es la mas usada en zonas urbanas.



Torre arriostrada



Cabe mencionar que los tres tipos de torres, por normas TELCEL así como de la dirección general de aeronáutica civil (DGAC) deberán contar con un sistema de aterrizaje, pararrayos, balizaje, y una luz de obstrucción.



CAPÍTULO II

ACCIONES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO DE UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES



2.1. CRITERIOS EMPLEADOS.

En el cálculo de las acciones que son generadas por el viento y sismo, se emplean los métodos tanto de los manuales de diseños de obras civiles por viento y por sismos de la comisión federal de electricidad (CFE) en su edición de 1993, así como los criterios de las normas técnicas complementarias del reglamento de construcción para el Distrito Federal en su edición 2006.

2.2. CARGAS PRODUCIDAS POR EL VIENTO.

Se deberá revisar la seguridad estructural ante los efectos de empuje o succión producto del viento sobre la superficie expuesta de dicha estructura, en esta revisión se considerara la acción estática y dinámica del viento cuando la estructura sea sensible a estos efectos.

Se realizara también un diseño local de los elementos directamente expuestos como pudieran ser, láminas de cubierta, elementos de fachada, y vidrios, además, de los ya mencionados elementos estructurales como son cuerdas y diagonales.

2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.

Las estructuras pueden ser clasificadas de acuerdo a dos criterios:

- 1) **Según su importancia.** De acuerdo a este criterio, las estructuras diseñadas por viento se dividirán en dos grupos, según el artículo 139 del reglamento de construcción para el Distrito Federal.
 - A. Edificaciones cuya faya constituyan un peligro inminente por contener sustancias toxicas o explosivas y cuyas instalaciones sean esenciales en caso de una



emergencias como hospitales, escuelas, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones, entre otras.

B. Edificaciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales subdivididas en los grupos:

- a) Subgrupo B₁ de 30 m de altura o con más de 6000 m² ubicados en zona I y II, y de más de 15 m. de altura o más de 3000 m² ubicados en la zona III.
- b) Edificios con locales que alojen más de 200 personas, como templos, salas de espectáculos, así como anuncios auto soportados y en azoteas.
- c) Subgrupo B₂ todas las demás no consideradas en los grupos a) y b).

Cabe mencionar que según los manuales de la CFE se tienen un tercer grupo.

C. Se encuentran las estructuras de bajo grado de seguridad como bodegas provisionales, cimbras, carteles, muros aislados y bardas no mayores a 2.3 m, así como recubrimientos que formen parte de fachadas que no presenten peligro en caso de desprendimiento.

2) **Según su respuesta ante la acción del viento.** De acuerdo a la sensibilidad ante los efectos de ráfaga del viento se clasifican en cuatro tipos, de acuerdo con la naturaleza de los efectos principales que el viento pueda ocasionar en ellas.

Tipo 1. Son estructuras poco sensibles a efectos de ráfagas y abarcan aquellas cuyo cociente entre la altura y la menor dimensión en planta es menor o igual a cinco y cuyo periodo natural de vibración es igual o menor a un segundo, por ejemplo, edificios habitacionales, oficinas, bodegas, naves industriales, teatros y auditorios, así como puentes ortos.



Tipo 2. Estructuras sensibles a ráfagas de cortas duración (entre dos y cinco segundos) que por tener un periodo natural largo favorecen las oscilaciones importantes en dirección del viento y cuyo aspecto λ mayor de cinco o con un periodo mayor a un segundo.

Forman parte de este grupo, torres de celosía arriostradas y auto soportadas, chimeneas, tanques elevados, antenas y en general construcciones presenten dimensiones muy cortas paralelas a la dirección del viento.

Tipo 3. Son aquellas que además de cumplir con los requerimientos del tipo 2, presentan oscilaciones transversales importantes provocadas por la aparición periódica de vórtices o remolinos de sus ejes, a este grupo pertenecen las tuberías exteriores o elevadas, arbotantes, para iluminación, postes de distribución y cables de líneas de transmisión.

Tipo 4. Son las estructuras con periodo natural de vibración mayor a un segundo y que presentan problemas aerodinámicos, como son cables de líneas de transmisión cuya sección transversal se modifica de manera desfavorable en zonas con heladas, tuberías colgantes y antenas parabólicas.

2.2.2 EFECTOS A CONSIDERAR.

En las estructuras sometidas a la acción del viento se tomarán en cuenta los efectos siguientes más importantes como son:

- a) Empujes y succiones estáticas.
- b) Fuerzas dinámicas paralelas y transversales al flujo principal causadas por turbulencias.



- c) Vibraciones transversales al flujo causadas por vórtices alternantes.
- d) Inestabilidad aeroelástica.

Para el diseño de estructuras tipo i basta con tomar en cuenta los efectos estáticos del viento; para los tipos 2, se deberán incluir los efectos dinámicos causados por turbulencias y el diseño podrá realizarse con un método que tome en cuenta las características de la turbulencia y sus efectos dinámicos sobre las estructuras; para los Tipos 3, a parte de los criterios empleados en las tipo 2, se deberá revisar su capacidad para resistir los efectos dinámicos de los vórtices, alternadamente, y para las tipo 4, los efectos se valuarán con un proceso que tome en cuenta las características de las tuberías y sus efectos dinámicos que en ningún caso serán menores a los criterios empleados para los casos del tipo 1.

2.3. ANÁLISIS ESTÁTICO PARA EL DISEÑO POR VIENTO.

Para el cálculo de empujes y succiones sobre construcciones del tipo 1 podrá emplearse el método estático tomando en cuenta las acciones que a continuación se mencionaran, teniendo como limitación la relación $H/D \leq S$. Donde H es la altura de la construcción y D la dimensión mínima de la base, así como un periodo fundamental menor o igual a un segundo.

2.3.1 VELOCIDAD DE DISEÑO V_D

Los efectos estáticos producidos por el viento sobre una estructura se determinan con base en la velocidad de diseño, dicha velocidad de diseño se determina con la siguiente fórmula:

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$



Donde:

F_T = Factor correctivo que toma en cuenta las condiciones locales relativas a la topografía y a la rugosidad del terreno en los alrededores del sitio de desplante.

F_α = Factor que toma en cuenta la variación de la velocidad con la altura.

V_R = Velocidad regional según la zona que le corresponde al sitio donde se construye la estructura.

2.3.2. VELOCIDAD REGIONAL V_R

La velocidad regional es la velocidad máxima del viento que se presenta a una altura de 10 m sobre el desplante de la estructura, para condiciones de terreno plano con obstáculos aislados, los valores de dichas velocidades se obtienen de los mapas de isotacas para velocidades regionales del manual de diseño de obras civiles de diseño por viento de la CFE y estos mapas se encuentran divididos para grupo A, B y C con periodo de retorno de 20, 30 y 50 años. (Anexo)

2.3.3. FACTOR DE EXPOSICIÓN F_α

El factor F_α indica la variación del viento con respecto a la altura Z y considera el tamaño de la construcción y los elementos de recubrimiento, así como las características de exposición, se define por la formula:

$$F_\alpha = F_C F_{rZ}$$

Donde:

F_C = Es el factor que determina la influencia del tamaño de la construcción (es a dimensional).

F_{rZ} = Factor que establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z en función de la rugosidad del terreno de los alrededores (es adimensional).



2.3.4 FACTOR DE TAMAÑO F_C

El factor de tamaño toma en cuenta el tiempo en que la ráfaga del viento actúa sobre una construcción.

Considerando las clasificaciones de las estructuras, este factor se determina en la tabla siguiente:

TABLA 3. Factor de tamaño F_C

CLASE DE ESTRUCTURA	F_C
A	1.0
B	0.95
C	0.90

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE OBRA CIVILES DISEÑO POR VIENTO CFE, 1993.

2.3.5. FACTOR DE RUGOSIDAD Y ALTURA F_{rz}

Este factor establece la variación de la velocidad del viento a una altura Z , esta variación esta en función de la categoría del terreno así como del tamaño de la construcción y se obtiene con la siguiente formula:

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

$$F_{rz} = 1.56 \left[\frac{z}{\delta} \right]^\alpha \quad \text{Si } 10 < z < \delta$$

$$F_{rz} = 1.56 \quad \text{Si } z \geq \delta$$



Donde:

δ = Altura medida a partir del nivel del terreno de desplante por encima de la cual la variación de la variación del viento no es importante y se puede suponer constante (a esta altura se le conoce como gradiente δ y Z) está dada en metros.

α = Exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura (es adimensional)

TABLA 4. Valores de α y δ

CATEGORIA DE TERRENO	α^1			δ (m)
	CLASE DE ESTRUCTURA			
	A	B	C	
1	0.099	0.101	0.105	245
2	0.128	0.131	0.138	315
3	0.156	0.160	0.171	390
4	0.170	0.177	0.193	455

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE OBRA CIVILES DISEÑO POR VIENTO CFE, 1993.

¹ Los coeficientes δ y α están en función de la rugosidad del terreno.



TABLA 5. Categoría del terreno según su rugosidad.

CAT	DESCRIPCION	EJEMPLOS	LIMITACIONES
1	Terreno abierto, prácticamente plano y sin obstrucciones	Flanjas costeras planas, zonas de pantanos, campos aéreos, pastizales y tierras de cultivo sin setos o barbas alrededor. Superficies nevadas planas.	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 2000 m o 10 veces la altura de la construcción por diseñar, la que sea mayor.
2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como setos o barbas alrededor, arboles y construcciones dispersas.	Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 a 10 m, en una longitud mínima de 1500 m.
3	Terreno cubierto con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas	Aéreas urbanas, suburbanas y de bosques, o cualquier terreno con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas. El tamaño de las construcciones corresponde al de las casas y viviendas	Las obstrucciones presentan alturas de 3 a 5 m. la longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 500 m o 10 veces la altura de la construcción, la que sea mayor.
4	Terreno con numerosas obstrucciones largas, anchas y estrechamente espaciadas	Centros de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados	Por lo menos el 50% de los edificios tienen una altura mayor que 20 m. Las obstrucciones miden de 10 a 30 m de altura. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser mayor entre 400 m y 10 veces la altura de la construcción.

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE OBRA CIVILES DISEÑO POR VIENTO CFE, 1993

TABLA 6. CLASE DE ESTRUCTURA SEGÚN SU TAMAÑO.

CLASE	DESCRIPCIÓN
A	Todo elemento de recubrimiento de fachadas, de ventanería y de techumbres y sus respectivos sujetadores. Todo elemento estructural aislado, expuesto directamente a la acción del viento. Así mismo, todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea menor a 20 m.
B	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, varíe entre 20 y 50 metros.
C	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea mayor que 50 metros.

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE OBRA CIVILES DISEÑO POR VIENTO CFE, 1993



2.3.6. FACTOR TOPOGRÁFICO F_T

En este factor se toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplantara la estructura, el cual puede ser praderas, colinas o montañas, que propiciarán la aceleración del flujo del viento y por tanto se incrementara la velocidad regional. De acuerdo a experimentos a escala en túneles de viento, mediciones realizadas en sitio y el empleo de ecuaciones basadas en ensayos experimentales, el factor topográfico puede definirse de acuerdo a la siguiente tabla.

TABLA 7. Factor de topografía local F_T

SITIOS	TOPOGRAFÍA	F_T
Protegidos	Base de promontorios y faldas de serranías del lado de sotavento.	0.8
	Valles cerrados	0.9
Normales	Terrenos prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores de 5%	1.0
Expuestos	Terrenos inclinados con pendiente entre 5 y 10%, valles abiertos y litorales planos.	1.1
	Cimas de promontorios, colinas o montañas, terrenos con pendientes mayores que 10%, cañadas cerradas y valles que formen un embudo o cañón, islas.	1.2

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE OBRA CIVILES DISEÑO POR VIENTO CFE, 1993

2.3.7. PRESIÓN DINÁMICA DE BASE q_z

Al actuar el viento sobre un obstáculo genera presiones sobre su superficie las cuales varían según la intensidad de velocidad y dirección del viento. la presión que ejerce el flujo del viento sobre una superficie plana se denomina presión dinámica de base y se define con la siguiente formula.

$$q_z = 0.0048 G V_D^2$$

Donde:

G= Factor de corrección por temperatura y por altura con respecto del nivel del mar (a dimensional)



V_D = Velocidad de diseño (Km/h)

q_z = Presión dinámica de base a una altura Z sobre el nivel del terreno y se expresa en Kg/m².

El valor 0.0048 corresponde a un medio de la densidad del aire.

El valor de G se obtiene de la siguiente expresión:

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

Donde:

Ω = Presión barométrica (mm Hg)

τ = Temperatura ambiental en C°

TABLA 8. Relación entre la altitud y la presión barométrica.

ALTITUD (msnm)	PRESIÓN BAROMÉTRICA (mm de Hg)
0	760
500	720
1000	675
1500	635
2000	600
2500	565
3000	530
3500	495

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE OBRA CIVILES DISEÑO POR VIENTO CFE, 1993

2.4 ANÁLISIS DINÁMICO PARA EL DISEÑO POR VIENTO.

Para el diseño por viento por este método se analizarán los empujes ocasionados por las acciones dinámicas en estructuras de los tipos 2 y 3, y deberá emplearse cuando la



relación de $H/D > 5$, donde H es la altura de la construcción y D la dimensión mínima de la base y cuando el periodo fundamental de las estructuras sea mayor de un segundo.

La velocidad de diseño para el análisis dinámico es la misma definida con el punto 2.3.1 de este capítulo.

2.4.1 PRESIONES Y FUERZAS EN ESTRUCTURAS SENSIBLES A EFECTO DINÁMICO.

Estas aparecen cuando el viento actúa en una dirección dada y se determinan separadamente en dos direcciones octogonales, una será la actuante en dirección del viento y otra transversal al mismo. (Presión y fuerza del viento).

La presión total en dirección del viento se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_z = F_g C_a q_z$$

Donde:

F_g = Factor de respuesta dinámica debida a ráfaga (a dimensional)

C_a = Coeficiente de arrastre que depende de la forma de estructura (a dimensional)

q_z = Presión dinámica de base en dirección del viento a una altura Z sobre el nivel medio del terreno (Kg/m^2)

La fuerza en dirección del viento se calculara multiplicando la presión P_z por el área A_z en m^2 .

La fuerza total F debida al flujo del viento resultara de la suma de contribuciones de cada una de las fuerzas actuantes sobre al área expuesta de la estructura a una altura Z según la formula siguiente:

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



Por tanto, el momento de volteo máximo de diseño se determinara mediante la sumatoria de los momentos producidos por las fuerzas F_z .

2.4.2 FACTOR DE RESPUESTA DINÁMICA DEBIDO A LA RÁFAGA.

En las construcciones pertenecientes a los tipos 2 y 3 se toman en cuenta los efectos dinámicos debido a turbulencias y se utiliza el factor de respuesta dinámica F_g cuya ecuación es la siguiente.

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

Donde:

g = Factor de ráfaga variable con la altura Z

g_p = Factor pico o de efecto máximo de carga por viento según graficas de factores de respuesta dinamica.(anexos).

σ/μ = relación entre la desviación estándar (raíz cuadrada del valor cuadrático medio)de la carga por viento y el valor medio de las cargas por viento.

Las cargas variables son a dimensionales y se obtienen de la forma siguiente.

El factor de variación de ráfaga con la altura Z se calcula con la formula siguiente:

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

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

$$g = K' \quad \text{Si } Z \geq \delta$$



Donde:

Las variables K' y η son adimensionales y dependen de la rugosidad del sitio

δ es la altura gradiente en metros

TABLA 9. Factores K' , δ , η

CATEGORÍA	1	2	3	4
K'	1.224	1.288	1.369	1.457
η	-0.032	-0.054	-0.096	-0.151
δ	245	315	390	455

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE OBRA CIVILES DISEÑO POR VIENTO CFE, 1993

σ/μ representa la variación de carga debido a la turbulencia del viento y se calcula con la formula siguiente:

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{K_r}{C_{dr}} \left[B + \frac{SE}{\zeta} \right]}$$

Donde:

K_r = Factor relacionado con la rugosidad del terreno

Con categoría 1= 0.06

Con categoría 2= 0.08

Con categoría 3 = 0.10

Con categoría 4 = 0.14

ζ = Coeficiente de amortiguamiento critico

Para marcos de acero= 0.01

Para marcos de concreto = 0.02

En construcciones cilíndricas su valor varea entre 0.0016 y 0.008



B= Factor de excitación de fondo

S= Factor de reducción por tamaño

E= Factor que representa la relación de energía de ráfaga con la frecuencia natural de la estructura.

B, S, E se calculan conforme a la grafica de factores de respuesta dinámica.(Anexos).

El factor C_{α}' se define con la siguiente fórmula:

$$C_{\alpha}' = 3.46 (F_T)^2 \left[\frac{10}{\delta}\right]^{2\alpha'} \quad \text{Si } H \leq 10$$

$$C_{\alpha}' = 3.46 (F_T)^2 \left[\frac{H}{\delta}\right]^{2\alpha'} \quad \text{Si } 10 < H < \delta$$

$$C_{\alpha}' = 3.46 (F_T)^2 \quad \text{Si } H \geq \delta$$

Donde:

F_T = Factor topográfico definido en el punto 2.3.6

δ = Altura gradiente definida en la tabla 4.

H= La altura total de la construcción (m)

$\alpha' = 0.3$, para terreno 1

0.18, para terreno 2

0.245, para terreno 3

0.31, para terreno 4

De la grafica de factores de respuesta dinámica (anexos) b/H es la relación entre el ancho b y la altura H de la construcción en metros correspondientes al lado de barlovento, así mismo, la frecuencia reducida se representa con la siguiente ecuación:

$$\text{Frecuencia reducida (adimensional)} = \frac{3.6 n_o H}{V'_H}$$



Donde:

n_0 = Frecuencia natural de vibración en Hz

V'_H = Velocidad media de diseño del viento en Km/h

Para determinar V'_H se emplea la siguiente ecuación:

$$V'_H = \frac{1}{g_H} V_{H'}$$

Donde:

g_H = Factor de ráfaga calculado para $Z = H$

$V_{H'}$ = Velocidad de diseño definida también para $Z = H$

El factor pico g_p se obtiene en función del coeficiente de rapidez de fluctuación promedio v se obtiene con la formula siguiente:

$$v = n_0 \sqrt{\frac{SE}{SE + \zeta B}}$$

Cuyos términos han sido definidos con anterioridad.

2.4.3 COEFICIENTES DE ARRASTRE PARA TORRES DE CELOSÍA

El coeficiente de arrastre determina las magnitudes de la presión del viento, estos determinan la presión total en dirección del flujo sobre una construcción determinada, que para el presente trabajo nos concretaremos a presentar los empleados en torres de celosía.

Los coeficientes de arrastre están determinados de acuerdo a la relación de solidos Φ y se va a determinar como la suma de las áreas expuestas en una cara de la torre entre el área envolvente del tramo en estudio.



Los coeficientes de arrastre son resultado del estudio en túneles de viento sobre maquetas que representan las diferentes estructuras de estudio.

TABLA 10. Coeficientes de arrastre C_a' para torres de celosía con sección transversal cuadrada o triangular equilátera con miembros de lados planos.

SOLIDEZ DE LA CARA FRONTAL (Φ)	COEFICIENTE DE ARRASTRE (C_a)	
	Torres de sección cuadrada	Torres de sección triangular equilátera
0.1	3.5	3.1
0.2	2.8	2.7
0.3	2.5	2.3
0.4	2.1	2.1
≥ 0.5	1.8	1.9

TABLA 11. Coeficiente de arrastre C_a para torres de celosía con sección transversal cuadrada con miembros de sección transversal circular.

SOLIDEZ DE LA CARA FRONTAL (Φ)	COEFICIENTE DE ARRASTRE (C_a)			
	Partes de la torre dentro de flujo subcritico $bV_D < 3m^2/s^2$		Partes de la torre dentro del flujo supercritico $bV_D \geq 3m^2/s$	
	Viento sobre una cara	Viento sobre una esquina	Viento sobre una cara	Viento sobre una esquina
0.05	2.4	2.5	1.4	1.2
0.1	2.2	2.3	1.4	1.3
0.2	1.9	2.1	1.4	1.6
0.3	1.7	1.9	1.4	1.6
0.4	1.6	1.9	1.4	1.6
≥ 0.5	1.4	1.9	1.4	1.6

² b= Diámetro promedio de los elementos de la sección circular, en metros.



TABLA 12. Coeficiente de arrastre C_a para torres de celosía con sección transversal triangular equilátera miembros de sección transversal circular.

SOLIDEZ DE LA CARA FRONTAL (Φ)	COEFICIENTE DE ARRASTRE (C_a)	
	Partes de la torre dentro de flujo subcrítico $bV_D < 3m^2/s$ (cualquier dirección del viento)	Partes de la torre dentro de flujo subcrítico $bV_D < 3m^2/s$ (cualquier dirección del viento)
0.05	1.8	1.1
0.1	1.7	1.1
0.2	1.6	1.1
0.3	1.5	1.1
0.4	1.5	1.1
≥ 0.5	1.4	1.2

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE OBRA CIVILES DISEÑO POR VIENTO CFE, 1993

2.5 ANÁLISIS ESTÁTICO PARA EL DISEÑO POR SISMO.

La naturaleza de un sismo implica que estos, puedan ser determinados solamente de forma probabilística, debido a que es prácticamente imposible comprobar los efectos de un sismo futuro sobre una estructura. Por tanto, si suponemos que la resistencia estructural es determinista e igual a la de diseño, las estructuras tienen una probabilidad de falla igual o mayor a la intensidad del diseño.

Con base en estudios de riesgo sísmico elaborados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se encontró que para fines de diseño la República Mexicana se considera dividida en cuatro zonas, esto según el mapa de regiones sísmicas que se encuentra en la sección de anexos.

El método de análisis estático consta esencialmente de los siguientes pasos:

1. Calcular fuerzas laterales aplicadas en los centros de masa de los picos que produzcan efectos equivalentes a la acción sísmica.



2. Distribuir las fuerzas laterales del paso anterior y los momentos torsionantes asociados a dichas fuerzas entre los sistemas resistentes a carga lateral que conforman la estructura, como son marcos, muros, o combinaciones de estos.

2.5.1 FACTOR DE REDUCCIÓN POR DUCTIBILIDAD

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas para el análisis estático se emplean los factores de reducción Q' que se calculan con la siguiente formula:

$$Q' = Q \quad \text{Si se desconoce } T \text{ o si } T \geq T_a$$
$$Q' = 1 + \frac{T}{T_a} (Q-1) \quad \text{Si } T < T_a$$

Donde:

T = Periodo fundamental de vibración de la estructura cuando se utilice el método estático.

Periodo natural de vibración del modo que se considere cuando se utilice el análisis dinámico modal.

T_a = Periodo característico del espectro de diseño

Q = Factor de comportamiento sísmico

2.5.2 FACTORES DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO

La forma mas adecuada en la actualidad de caracterizar las estructuras en función de su ductibilidad consisten en el factor de comportamiento Q , el cual esta asociado también al deterioro o efector que puedan llegar a contrarrestar la resistencia y capacidad de carga ante sismos.

$Q= 4$ se usara cuando:

Todos los entrepisos estén formados por marcos no contra venteados de acero o de



Concreto o por marcos contra venteados con muros de concreto reforzados en cada entrepiso y que los muros sean cuando menos capaces de resistir el 50% de las fuerzas sísmicas.

Si hay muros de mampostería ligados a la estructura, pero su contribución a la resistencia lateral solo se tomara en cuenta si son piezas macizas y si los marcos sean o no contra venteados así como los muros de concreto reforzados son capaces de resistir por lo menos 80% de las fuerzas laterales sin la contribución de los muros de mampostería.

Q=3 se usara cuando:

Cuando se satisface el punto anterior pero la resistencia entre todos los entrepisos es suministrada por columnas de acero o de concreto reforzado por lozas planas, por marcos rígidos de acero, por marcos de concreto reforzados, por muros de concreto o de placa de acero o compuestos de los dos materiales.

Q= 2 Se usara cuando:

Cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por lozas planas con columnas de acero o de concreto reforzado por marcos de acero con ductibilidad reducida o provistos de contra venteo con ductibilidad normal

Se emplea también cuando la resistencia es suministrada por elementos de concreto prefabricado o pre esforzado.

Q= 1.5 se usara cuando:

Cuando la resistencia a las fuerzas laterales es suministrada en todos los entrepisos por muros de mampostería de piezas huecas confinados o con refuerzo interior que satisfagan los requisitos de las normas correspondientes.



Q= 1 se usara cuando:

En estructuras cuya resistencia o fuerza lateral es suministrada al menos parcialmente por elementos o materiales diferentes a los señalados en el punto anterior, a menos que se demuestre que se puede emplear un valor más alto.

2.5.3 ESPECTRO PARA DISEÑO SÍSMICO.

Las ordenadas del espectro de aceleraciones para diseño sísmico, a, expresadas como fracciones de la aceleración de la gravedad están dadas por la siguiente formula:

$$\begin{aligned} a &= a_0 + (c - a_0) \frac{T}{T_a} && \text{Si } T < T_a \\ a &= c && \text{Si } T_a \leq T \leq T_b \\ a &= c \left(\frac{T_b}{T}\right)^r && \text{Si } T > T_b \end{aligned}$$

Donde:

a_0 = Coeficiente de aceleración del terreno.

c = Coeficiente sísmico.

T = Periodo natural de interés.

T_a y T_b = Periodos característicos que limitan la meseta.

r = Exponente que define la parte curva del espectro de diseño.



TABLA 13. Espectros de diseño para estructuras del grupo B.

ZONA SISMICA	TIPO DE SUELO	a_0	c	T_a (S)	T_b (S)	r
A	I	0.02	0.08	0.2	0.6	$\frac{1}{2}$
	II	0.04	0.16	0.3	1.5	$\frac{2}{3}$
	III	0.05	0.20	0.6	2.9	1
B	I	0.04	0.14	0.2	0.6	$\frac{1}{2}$
	II	0.08	0.30	0.3	1.5	$\frac{2}{3}$
	III	0.10	0.36	0.6	2.9	1
C	I	0.36	0.36	0.0	0.6	$\frac{1}{2}$
	II	0.64	0.64	0.0	1.4	$\frac{2}{3}$
	III	0.64	0.64	0.0	1.9	1
D	I	0.50	0.50	0.0	0.6	$\frac{1}{2}$
	II	0.86	0.86	0.0	1.4	$\frac{2}{3}$
	III	0.86	0.86	0.0	1.9	1

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE OBRA CIVILES DISEÑO POR VIENTO CFE, 1993

Los espectros de diseño mencionados en la tabla anterior se aplican a estructuras del grupo B. para los del grupo A, los valores de las ordenadas espectrales se multiplicaran por 1.5 a fin de tener en cuenta la importancia de las estructuras.

Para los terrenos II y III los periodos T_a y T_b se podrán modificar cuando se conozco el periodo dominante del suelo T_s como sigue.

Terreno tipo II

$$\text{Zonas sísmicas A y B} \left\{ \begin{array}{l} T_a = 0.64 T_s \\ T_b = 1.2 T_s; 0.6 < T_b < 1.5 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$\text{Zona sísmica C} \left\{ \begin{array}{l} T_b = 1.2 T_s; 0.6 < T_b < 1.4 \text{ s} \end{array} \right.$$



$$\text{Zona sísmica D} \left\{ \begin{array}{l} T_b = 1.2 T_s; 0.6 < T_b < 1.2 \text{ s} \end{array} \right.$$

Terreno tipo III

$$\text{Zonas sísmicas A y B} \left\{ \begin{array}{l} T_a = 0.35 T_s \\ T_b = 1.2 T_s; 0.8 < T_b < 2.9 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$\text{Zona sísmica C} \left\{ \begin{array}{l} T_b = 1.2 T_s; 0.8 < T_b < 1.9 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$\text{Zona sísmica D} \left\{ \begin{array}{l} T_b = 1.2 T_s; 0.8 < T_b < 1.7 \text{ s} \end{array} \right.$$

Para terreno tipo I no se modifica el espectro de diseño.



CAPÍTULO III

NORMAS Y ESPECIFICACIONES



3.1 NORMAS PARA EL ANÁLISIS DE UNA TORRE.

Con la finalidad de normar los criterios de trabajos en los proyectos de torres de telecomunicaciones se crearon normas y reglamentos esenciales para el buen funcionamiento y con seguridad de dichos elementos. En México principalmente, por diversas razones han sido empleadas para tal fin las normas Telcel que contienen los parámetros mínimos y que son un extracto de normas internacionales tales como la TIA 222 F y mas recientemente la TIA 222 G. Las normas Telcel basan también su reglamentación en el reglamento de construcción del Distrito Federal así como las normas técnicas complementarias cuando las torres de telecomunicaciones se ubican dentro de la ciudad de México y área metropolitana, y cuando se trata del resto del país, se basa en los manuales de la CFE.

3.2 NORMAS TELCEL

Para fines de reglamento se llaman micro células al lugar donde se alojan los equipos de radiotransmisión.

De acuerdo a estas normas existen tres tipos de micro células dependiendo del lugar donde se ubiquen dentro del inmueble.

- a) Micro células en patio. Estas consistirán en dos gabinetes a la intemperie apoyados sobre bases metálicas y que estarán asentadas en una plataforma de concreto armado y un mástil con una cimentación a base de zapatas de concreto.
- b) Micro células ubicadas en sala. Este tipo se empleara cuando exista la posibilidad de rentar un espacio en alguna edificación existente para alojar el equipo, instalado en la azotea o fachada de este.



- c) Micro célula en azotea. Consistirá en dos gabinetes a la intemperie apoyados sobre bases metálicas asentadas sobre una plataforma de concreto armado y un mástil fijados a pretilas, losas, y/o fachadas.

Los equipos de radio transmisión pueden ser de dos tipos.

- a) Gabinete. Es un gabinete prefabricado en lamina esmaltada diseñado para resistir la intemperie, sus dimensiones serán 1.10 por 0.60 por 1.80 metros y su peso aproximado oscilará los 800 kilogramos. El área ocupada por este gabinete será hasta de 13 metros cuadrados.
- b) Sala. Son espacios construidos que se rentan. Sus características y dimensiones varían en cada caso tomando como mínimo 5 metros cuadrados.

3.2.1 TORRES Y ANTENAS.

- a) En patio. Para soportar la antena se utilizará un mástil con una altura máxima de 9 metros.
- b) En azotea. Se instalarán errajes con una altura de hasta 10 metros

Los materiales y procedimientos de trabajo estarán en conformidad con la utilización de las aplicaciones citadas a continuación.

El acero estructural será del tipo definido conforme a los materiales especificados por el *American institute of steel construction* (AISC). Podrán ocuparse también las definiciones del manual de construcción de acero – DEP del Instituto Mexicano de la construcción en acero AC (IMCA) Los perfiles estructurales serán de acero A 36 o mayores según el proyecto lo requiera y los tubos serán del tipo industrial de acuerdo a la norma NOM B 177 o ASTM A 53.



Los pernos y tornillos serán de alta resistencia y se ajustaran a las normas antes mencionadas.

Los planos de fabricación se ajustara estrictamente a las especificaciones proporcionadas por la compañía solicitante y el proveedor deberá elaborar la memoria de cálculo y los planos del mismo en caso de no ser torres prototipo.

Las piezas se fabricaran correctamente de los tamaños y dimensiones mostrados en los planos del taller. Los cortes y perforaciones se harán de manera que produzcan superficies y líneas continuas tal y como hayan sido mostrados en los planos. La mano de obra deberá ser de calidad para lo cual el proveedor deberá entregar a la empresa solicitante cada seis meses copia de la certificación de sus soldadores, la operación de corte punzonada y soldadura será con el equipo correcto.

Un equipo de inspección externa supervisara los trabajos del fabricante ya sea en fábrica o al momento de montarse, el fabricante y el montador deberán permitir el acceso a inspectores a todos los lugares en que se efectúen los trabajos y el fabricante deberá notificar con un mínimo de 24 horas de anticipación de sus trabajos.

La inspección de la empresa contratante o su representante se llevara a cabo en el taller de fabricación hasta donde sea posible y las inspecciones se hará en la secuencia necesaria de acuerdo a los requerimientos.

3.2.2 REQUERIMIENTOS GENERALES DE CARGAS Y ESFUERZOS

Todas las líneas sobre el cuerpo de la estructura de la torre como área de oposición al viento (se deberá incluir la escalera y la cama guía de onda) para análisis estructural se consideraran los tipos de carga, carga muerta (CM) carga viva (CV) y carga accidental (CA), con los cuales se deberán hacer combinaciones y regirán finalmente las mas desfavorables. Las condiciones de carga estarán en función de la región en que se



colocara la torre, por lo que se recomienda tomar como base los reglamentos y especificaciones locales en caso de existir.

En cada sitio y cada caso de estructura deberá ser respaldado debidamente por un análisis tridimensional y por un diseño estructural así como por la entrega de planos estructurales de la torre antes de su instalación.

El proveedor de la torre entregara en un lapso de 5 días posteriores a recibir el pedido la siguiente información bajo las condiciones de diseño indicadas.

El contratista indicara las características de la torre:

- Tipo
- Cargas
- Plataforma
- Soportes
- Antenas
- Condiciones de diseño:

a) En el plano denominado E1 de obra civil y detalles se indicaran distancias, dimensiones, y localizaciones de anclajes.

b) Velocidad regional (V_r) de acuerdo a la zona eólica indicada en la normatividad, factor topográfico (F_t), categoría del terreno según su rugosidad (C_t), clase de estructura según su tamaño (C_e).

c) Estudio de mecánica de suelos. Solo en torres auto soportadas, Monopolos o en casos especiales en que se requiere como torres arriostradas.

d) La estructura para el análisis en los apoyos será:

- Autosoportada: articulada en sus tres apoyos.



- Arriostrada: Articulada en apoyo central y anclajes, restringida en el sentido gravitacional.
- Monopolos: restringido en sus tres direcciones.

El proveedor en análisis de cargas deberá considerar el tipo y la altura de la torre así como la plataforma de descanso si llevara, la escalera, el sistema de seguridad, las cargas muertas adicionales son sistema de iluminación y galvanizado y deberá entregar:

- a) Plano estructural, cortes y detalles, así como lista de materiales integrados a los mismos datos de diseño, tanto en elevación, planta cargas y velocidades consideradas.
- b) Plano de cimentación con corte y detalle con cuadros de datos de diseño.
- c) Análisis tridimensional de estructura indicando todos sus elementos y/o nodos de esfuerzo y elementos mecánicos que a su vez indiquen la estabilidad de la torre.
- d) El proveedor deberá entregar en un disco la memoria de cálculo estructural y los planos en el programa Auto Cad conteniendo los siguientes puntos:
 1. Descripción del proyecto
 2. Modelo matemático de la estructura
 3. Análisis de cargas y combinaciones factorizadas
 4. El Análisis estructural deberá ser entregado obligatoriamente en el programa Staad Proo
 5. Diseños de conexiones (placas y tornillos)
 6. Diseño de placas base y anclas
 7. Diseño de cimentaciones.
 8. Plano estructural de la torre con detalles de materiales
 9. Las restricciones de desplazamiento total no deberán ser mayores a 0.5°



Dicha información será entregada al departamento de proyectos de infraestructura, el cual dará de visto bueno del diseño estructural y lo enviara al departamento de construcción de la región correspondiente.

Para recepción de materiales en el sitio deberá contar con toda la información anteriormente descrita, ya que por ningún motivo se procederá a la instalación de la estructura si la información es incompleta.

Para el análisis y diseño estructural se regirán bajo los códigos:

Manual de diseño de obras civiles de la CFE, Reglamento de normas complementarias del GDF, el AISC, el código ASTM, así como los reglamentos locales vigentes.

También deberán cumplirse los siguientes requisitos de diseño.

a) Rigidez.

Torsión máxima de $\pm 0.3^\circ$ (en el cuerpo de la torre)

Torsión máxima de $\pm 0.5^\circ$ (en el tope de la torre)

3.2.3 PINTURA.

Sera norma obligatoria el balizamiento de acuerdo al dictamen técnico emitido en cada sitio por la Secretaria de Comunicaciones y transportes (SCT) a través de la dirección general de aeronáutica civil, todo elemento estructura de torres después de ser galvanizado en frio se pintara en talleres y/o en sitio antes del montaje y después de instalarse la torre en será repintada en su totalidad, deberá contar dicha pintura por lo menos de dos colores, los cuales podrán ser, blanco, y rojo para zonas urbanas en secciones alternadas no mayores a cuatro metros cada sección.



3.2.4. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

De acuerdo al proyecto que regula la evolución y autorización de obras en terrenos cubiertos por superficies limitadoras de obstáculos y zonas de protección de aeropuertos civiles, todas las instalaciones y construcciones cuyos puntos mas altos se aproximen a los limites establecidos por las superficies limitadoras de obstáculos y áreas de protección de los procedimientos terminales por instrumentos deberán balizarse e iluminarse.

Sera requisito indispensable para la instalación de una torre de telecomunicaciones obtener el dictamen de señalización y balizamiento de la dirección general de aeronáutica civil, para lo cual el responsable de localización y contratación de sitios a través de la gerencia de proyectos puede obtener el pre dictamen anticipado a contratar el predio validado por un perito en telecomunicaciones, de esta forma, confirmara que no se tiene problemas de ubicación y altura para la implantación del sitio, para esto se requerirá la siguiente información:

1. Dirección del predio
2. Fotografías panorámicas tomadas del centro del predio hacia los cuatro puntos cardinales.
3. Altura de la torre incluyendo pararrayos
4. Coordenadas de ubicación
5. Altura sobre el nivel del mar

Para la identificación visual de los objetos que pueden interferir con el tráfico aéreo y en algunos casos en los instrumentos de navegación de la dirección de aeronáutica civil se recomienda que todo sitio celular debe ser manifestado ante dicha dirección. La instalación de dichos sitios celulares deberá ser hecha por una empresa competente, el proveedor deberá entregar un diagrama eléctrico y de instalaciones, el tipo de iluminación deberá ser entregado a la dirección general de aeronáutica civil.



3.2.5 SISTEMA DE ATERRIZAJE.

Durante el proceso de obra civil se deberán dejar ahogados electrodos interconectados entre si dejando una delta alrededor de la cimentación de la torre y con tres colas exteriores de 3 metros de largo aproximadamente, las cuales se conectara en cada una de las patas de la torre. Las líneas de transmisión se aterrizaran independientemente al sistema de pararrayos. La utilización del pararrayos esta en función del tamaño y localización de la torre.

3.2.6 ACCESORIOS ESTRUCTURALES DE LA TORRE.

La plataforma para telefonía celular será triangular y deberá ser giratoria para facilitar su orientación y se instalara un pasillo perimetral con metal desplegado cuidando en su fabricación y diseño que los apoyos tengan la suficiente resistencia para soportar a una persona caminando sobre su andador.

En el pasillo de la plataforma se dejara un registro hombre para el acceso a la misma, esto será siempre y cuando los espacios libres hacia la plataforma sean obstruidos por algún elemento de la torre como puede ser el triangulo estabilizador o la propia estructura de la plataforma.

3.2.7 ESCALERA, ANCLAS Y ACCESOS A PLATAFORMA.

Toda torre deberá llevar escaleras y accesos a plataforma para dar mantenimiento al sistema. La escalera se instalara en el interior del cuerpo de la torre a acepción de ser de mayores dimensiones tanto en torres arriostradas como en autosoportadas, las cuales nos permitan subir a la misma sin posibilidades de golpearse. Cuando sea exterior su instalación, y la torre sea mayor a 12 metros, se deberá instalar en la escalera un sistema de cables de seguridad.



Para torres arriostradas la escalera se le colocara en la cara izquierda viendo de frente a la cara de la torre en que se encuentra instalada la cama guía de onda.

Para el caso de las torres autosoportadas o arriostradas, si lo permiten las dimensiones del lado, la escalera se colocara junto a la cama guía de onda. para el caso de las torres arriostradas se considerara el suministro de tres anclas y un perno central, para las autosoportadas se suministrara tres juegos de anclajes, esto sujeto al tipo de torres, área disponible, instalación y análisis estructural de la torre.

Cabe mencionar que las normas mencionadas no son la totalidad de las normas Telcel, y algunas, solo aplican para la construcción de antenas de telecomunicación y no para la revisión y mantenimiento como es el caso del presente trabajo.

3.3 NORMAS TIA/EIA-222-G (Telecommunication *industry association*)

Las normas TIA/EIA-222-G es la séptima revisión de la norma nacional (EEUU) para el acero y torres telecomunicaciones, entro en vigor el 1 de enero del 2006, ya que de acuerdo al estándar *American National Standard Institute* (ANSI) deben ser revisadas cada cinco años, la norma se publico por primera vez en 1949. La nueva norma TIA/EIA-222-G varia relativamente poco con respecto a su antecesora TIA/EIA-222-F puesto que solo incorpora cargas y revisiones mas estrictas en cuanto a cargas incidentales por congelación y nevadas; fenómenos naturales raros en el área metropolitana de México y gran parte del país, salvo en las zonas norte, es por ello que esta nueva versión de la norma prácticamente no aplica para la región 9 que es en la que se encuentra la torre materia de el presente trabajo.

El objetivo de estas normas es proveer literatura reconocida para estructuras que soportan antenas en lo relacionado con: Requisitos sobre carga mínima, cargas mínimas de diseño, criterios de diseño, y otros. La información contenida en estas normas es producto de la referencia y juicios de un subcomité de prácticas de la



industria relacionada con las normas minias para el diseño de antenas y estructuras y estructuras que soportan antenas. Aunque estas normas sean correctas no deben ser empleadas mas que por gente profesional que pueda revisar dichos alcances.

Estas normas pueden adaptarse para su uso internacional para lo cual será necesario determinar las velocidades básicas del viento (ráfaga de 3 segundos),

Cargas de viento sobre hielo y aceleraciones sísmicas de emplazamiento en base a datos locales.

Estas normas pretenden describir los requisitos para la mayoría de las antenas estructurales pero reconoce que las estructuras poco habituales en cuanto a su altura o geometría, o en cuanto a la forma o tamaño de algunos de sus elementos individuales o ubicados en predios donde las condiciones geológicas o climáticas son inusuales pueden requerir consideraciones adicionales.

3.3.1 DISPOSICIONES GENERALES.

Simbología y notaciones.

D = Carga permanente de la estructura y los accesorios, excluyendo las riendas.

D_g = Carga permanente de las riendas.

D_i = Peso de hielo debido al espesor del hielo acumulado

E = Carga sísmica

T_i = Solicitaciones debidas a la temperatura.

W_o = Carga de viento por hielo

W_i = Carga de viento concurrente con espesor de hielo acumulado



Combinaciones de cargas para estados limites de resistencia

Las estructuras se deberán diseñar de manera tal que su estructura de diseño sea mayor o igual que las solicitaciones debidas a las cargas acumuladas para cada una de las siguientes combinaciones.

1. $1.2 D + 1.0 D_g + 1.6 W_o$
2. $0.9 D + 1.0 D_g + 1.6 W_o$
3. $1.2 D + 1.0 D_g + 1.0 D_i + 1.0 W_i + 1.0 T_i$
4. $1.2 D + 1.0 D_g + 1.0 E$
5. $0.9 D + 1.0 D_g + 1.0 E$

Excepciones.

1. No es necesario considerar los efectos de la temperatura para las estructuras autosoportadas.
2. No es necesario considerar las cargas de hielo y sísmicas para las estructuras de la clase 1.
3. No se deberá aplicar un factor de carga a la tensión inicial de los cables
4. Las combinaciones 2 y 5 solamente se aplican a las estructuras auto soportadas.

3.3.2 CARGAS APLICADAS.

Cargas permanentes, D

Peso de la estructura y los accesorios incluyendo cables, y para el peso de las cimentaciones el peso del suelo y la subestructura.



Cargas permanentes de los cables, D_g

Peso de todo el conjunto de los cables incluyendo los cables propiamente dichos, los accesorios en los extremos y los aisladores.

3.3.3 CARGAS DE VIENTO.

Se deberán considerar las velocidades de ráfaga de viento de 3 segundos a una altura de 10 metros sobre el nivel del terreno para una categoría de exposición C y para un intervalo de retorno de 50 años.

Área proyectada efectiva (EPA)

El área proyectada de un objeto multiplicada por un coeficiente de fuerza (también llamado coeficiente de resistencia aerodinámica) que se utiliza en la determinación de las cargas por viento.

Altura de una estructura H

Se considera la altura total de la estructura incluyendo los monopolos, las torres auto soportadas y los tubulares instalados sobre las estructuras incluyendo los pararrayos y otros accesorios similares.

3.3.4 ESTRUCTURAS DE CELOSÍAS AUTOSOPORTADAS

Para las estructuras auto soportadas cuya altura sea mayor o igual a 183 metros el factor de ráfaga deberá ser igual a 1. Para las estructuras cuya altura sea igual o menor de 137 metros el factor de ráfaga deberá ser igual a 0.85. Para las estructuras cuya altura este comprendida entre 137 y 183 metros en factor de ráfaga deberá



determinarse por interpolación lineal, esas condiciones se expresan mediante la siguiente ecuación

$$G_h = 0.85 + 0.15 \left[\frac{h}{45.7} - 3.0 \right] h \text{ en metros}$$

Donde:

h = altura de la estructura

G_h = Factor de ráfaga

3.3.5 ESPESOR DE HIELO DE DISEÑO

Al calcular el peso de hielo y las cargas de viento sobre hielo, el espesor de hielo de diseño t_i , se deberá acumular en función de la altura de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$t_{iz} = 2.0 t_i l k_{iz} (K_{zt})^{0.35}$$

$$K_{iz} = \left[\frac{Z}{10} \right]^{0.10} \leq 1.4 \quad Z \text{ en metros}$$

Donde:

2.0 = factor de conversión para estado límite

t_{iz} = espesor acumulado del hielo glaseado radial a la altura Z

t_i = espesor de hielo de diseño

l = factor de importancia de la estructura

K_{iz} = Factor de aplicación dependiente de la altura para el espesor de hielo

Z = altura sobre el nivel del terreno sobre la base de la estructura

K_{zt} = factor topográfico.



CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL

CASO PRÁCTICO



**CRUCERO DENOMINADO MAZATEPEC – TETECALA
MAZATEPEC, MORELOS
(RB MOTT TETECALA)**



4.1. ANTECEDENTES.

En los últimos años la incidencia de fenómenos naturales como huracanes en nuestro país ha incrementado, provocando graves daños y afectando particularmente a estructuras sensibles a los efectos del viento como las torres de telecomunicaciones.

La antigüedad de la estructura, la cantidad de los equipos instalados y el mantenimiento de la misma, son factores importantes de los que depende la respuesta de las torres ante los huracanes, ya que durante estos fenómenos la estructura queda expuesta a fuerzas de viento muy altas. Por esto la finalidad del presente Dictamen es evaluar el grado de seguridad estructural de la torre del sitio "MAZATEPEC" por una parte haciendo un reporte de las condiciones actuales de mantenimiento con el fin de llevar a cabo las acciones correctivas y/o preventivas necesarias y hacer un análisis detallado de los esfuerzos a los cuales se someterá la estructura mediante una simulación de cargas ante las velocidades máximas a las que estará expuesta y para las cuales debe estar diseñada.

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS.

Como primer paso se visita la radio base y se realiza un levantamiento físico de la torre, el cual comprende la medición, chequeo y toma de fotografías de todos los miembros y accesorios de la torre, para reportar su condición actual y necesidades de mantenimiento.

Dentro de los trabajos de medición de los elementos estructurales que forman la torre se hace uso de un equipo de ultrasonido para determinar el espesor de los elementos de pared cerrada que son imposibles de medir exteriormente, como lo son las piernas de la torre que generalmente son fabricadas de tubos circulares cerrados (OC). Al mismo tiempo se verifica si existe alguna disminución del espesor de la pared de estos elementos por causas adversas como son la corrosión.



Con el fin de llevar a cabo un chequeo de la verticalidad de la torre se toman lecturas con un inclinómetro digital en cada pierna y en cada tramo.

Finalmente se realiza un estudio y cálculo de las fuerzas a las que esta expuesta la torre para realizar un análisis estructural de la torre, con el que se concluirá si la torre es segura para soportar las acciones máximas de viento para las cuales será revisada.

4.2. LEVANTAMIENTO FÍSICO DE LA TORRE.

4.2.1. UBICACIÓN DEL SITIO.

Se visito el sitio “MAZATEPEC”, ubicado en el: Crucero denominado Mazatepec – Tetecala, Mazatepec, Morelos.

Cabe destacar que la radio base se encuentra en zona semiurbana, en piso.

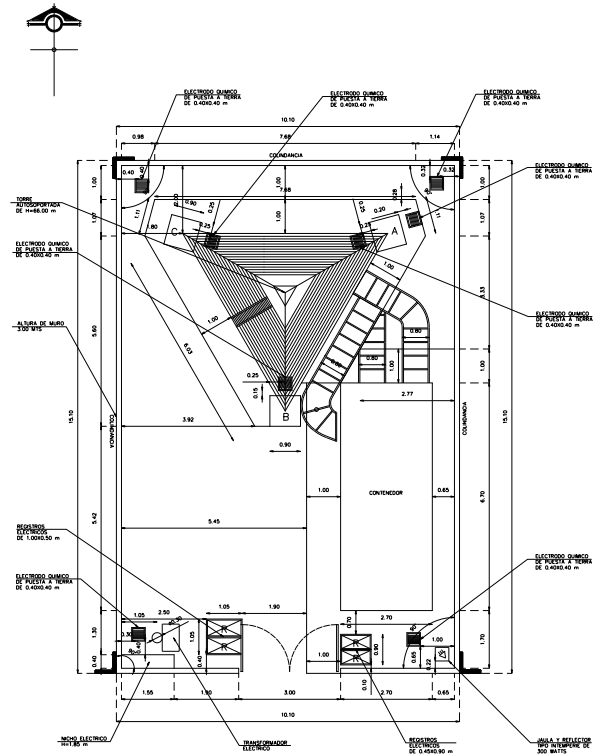
La ubicación geográfica del sitio es la siguiente:

Latitud : 18° 43' 18.4" N

Longitud : 99° 22' 07.2" W

Altura sobre nivel del mar: 1560 m

A continuación se muestra la distribución general de la radio base en la cual se encuentran instalados: la torre y el contenedor de equipos. El sitio cuenta con tecnología (GSM/TDMA).



PLANTA DE RADIO BASE

ESC.: 1:100

ACOT.: m

4.2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE TORRE.

La torre de este sitio se encuentra desplantada en piso sobre dados de concreto, es tipo auto soportada de 66.00 m. de altura y forma triangular con piernas a base de OC y celosía principal en "X" de ángulo (LI).



Antenas Instaladas:

CANTIDAD	DESCRIPCION	TAMAÑO		UBICACION EN TORRE		ORIENTACION
		LONGITUD O DIAMETRO (m)	ANCHO (m)	ELEMENTO	ALTURA EFECTIVA (m)	
1	TAMBOR	1.20		PIERNA A	64.81	120º
1	TAMBOR	3.00		PIERNA B	58.51	210º
1	TAMBOR	3.00		PIERNA C	56.57	5º
1	TAMBOR	1.20		PIERNA B	54.51	165º
1	PANEL	1.20		PLATAFORMA	61.97	30º
1	PANEL	2.40		PLATAFORMA	61.97	30º
1	PANEL	1.20		PLATAFORMA	61.97	150º
1	PANEL	2.40		PLATAFORMA	61.97	150º
1	PANEL	1.20		PLATAFORMA	61.97	270º
1	PANEL	2.40		PLATAFORMA	61.97	270º

Como se pudo observar, en total la torre cuenta con 4 antenas de microondas y 6 antenas celulares, lo que se considera fuera del limite aceptable ya que las torres instaladas por TELCEL, según normatividad interna, deben soportar el peso y la acción del viento sobre 15 antenas celulares y 2 microondas, una de 70 cm y otra de 120 cm. de diámetro, según la norma vigente.

4.2.3. REPORTE FOTOGRÁFICO GENERAL



a) Vista General de Torre





b) Vista Panorámica Sur



c) Vista Panorámica Poniente



d) Vista Panorámica Norte



e) Vista Panorámica Oriente



f) Vista interior de la Radió base y desplante de torre.



g) Estructura de torre.





4.3. REPORTE VISUAL DE MANTENIMIENTO

4.3.1. REPORTE FOTOGRÁFICO.

a) Inspección visual de torre y cimentación.



Base de Torre. Se encuentra en buen estado, solo se recomienda pintar los dados de la torre.

Área de cimentación. Se encuentra en buen estado, no presenta hundimientos ni malformaciones.





Drenes de Piernas. Se encuentran en buen estado, solo recomienda limpieza de las piernas.

b) Estructura de Torre.



Anclaje de base de torre. El anclaje de la base y los tornillos se encuentran en buen estado, la pintura esta en mal estado en esta parte de la torre.





Piernas de torre. Los tubos (OC) están en buen estado, como se puede observar en la fotografía, la pintura esta en regular estado.



Diagonales Principales. Las diagonales principales de la celosía se encuentran en buen estado, de igual manera la pintura esta en regular estado.



Placas de Conexión y tornillería. Las placas de conexión de diagonales se encuentran en buen estado, la pintura esta en regular estado.



Bridas y tornillería en bridas. Bridas de torre en buen estado, la pintura esta en regular estado.



c) Cama Guía de onda.

Cama Guía de onda. La cama guía de onda no presenta daños, todas sus uniones y tornillos se encuentran en buen estado.



d) Escalera y Sistema de seguridad



Escalera y separadores de escalera. Se encuentra en buen estado al igual que la tonillería.





Cable de vida. Se encuentra en buen estado.



e) Plataforma y Antenas.

Plataforma. Se encuentra en buen estado tanto en los pasillos como en la estructura, falta pintura en los pasillos.



Tornillería de Plataforma. Se encuentra en buen estado, su pintura se encuentra en regular estado.



Soportes de Antenas Celulares. Se encuentran en buen estado, la pintura esta en regular estado.



Soportes de Microondas. Se encuentran en buen estado.

f) Remate de torre



Pararrayos y mástil. Ambos se encuentran en buen estado.



Remate de Torre. Se encuentra en buen estado.



Fijación de Sistema de Iluminación. El soporte de las luces se encuentra en buen estado de la misma manera que la luces de obstrucción.

4.3.2 .REPORTE DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE MANTENIMIENTO.

NOMBRE DEL SITIO :	MAZATEPEC
REGION :	09
FECHA :	01/02/2008

SIMBOLOGÍA:

B	BUENO
R	REGULAR
M	MALO
MM	MUY MALO

1.- TORRE

	CONCEPTO	TRAMO 1	RECOMENDACIONES
1.1	PIERNAS DE TORRE	R	PINTAR
1.2	DIAGONALES Y HORIZONTALES	R	PINTAR
1.3	PLACAS DE CONEXIÓN	R	PINTAR
1.4	TORNILLERIA EN PLACAS DE CONEXIÓN	B	
1.5	BRIDAS	B	
1.6	TORNILLERIA EN BRIDAS	B	

2.- CAMA GUIA SOBRE TORRE

	CONCEPTO	TRAMO 1	RECOMENDACIONES
2.1	PERFILES DE CAMA GUIA	B	
2.2	TORNILLERIA DE CAMA GUIA	B	
2.3	SEPARADORES DE CAMA GUIA	B	



3.- ESCALERA

	CONCEPTO	TRAMO 1	RECOMENDACIONES
3.1	ESCALERA	B	
3.2	SEPARADORES DE ESCALERA	B	
3.3	TORNILLERIA DE ESCALERA	B	

Se deberá verificar el apriete de toda la tornillería principal y secundaria mediante el uso de un torquimetro.

Nota importante: se deberán sustituir los elementos si durante el proceso de limpieza se encuentra que el elemento tiene alto grado de corrosión y disminuye su espesor en más del 25%.

Antes de pintar se deberán galvanizar en frio los elementos que así lo requieran

4.4. ESTUDIO DE CORROSIÓN.

Debido a la necesidad que se tienen de conocer el estado de conservación de sus estructuras (torres), se llevo acabo una medición minuciosa de los espesores de las columnas por medio de equipo medidor de espesores ultrasónico portátil DMS - 2 Marca Krautkramer, para determinar la el grado de la disminución del espesor de elementos de pared cerrada por efectos tales como la corrosión.

El equipo esta diseñado especialmente para aplicaciones de metales corroídos, con una pantalla Scan integral que permite verificaciones simultaneas de forma de ondas con una lectura amplia y es capaz de usar transductores de elementos simples y dobles para medir el grosor de la corrosión, cavidades, recubrimientos y aspereza por medio de ondas ultrasónicas.

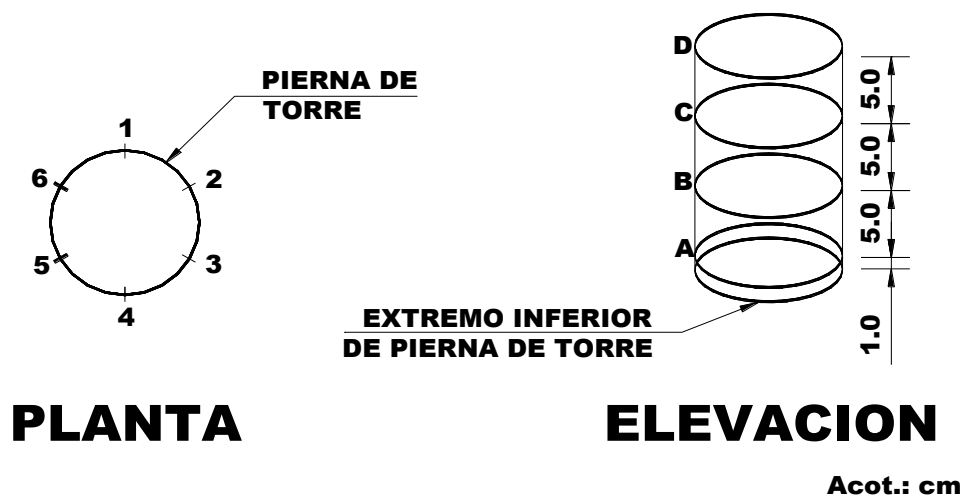


El UTG registra 250 lecturas para presentarlas en pantalla, en modo Scan el medidor mide a un ritmo de 20 lecturas por segundo mostrando valores mínimos y máximos, la media del total de las lecturas así como la desviación estándar.

El equipo usa un microprocesador que constantemente ajusta la configuración recibida, por lo que cada medida es optimizada para incrementar la seguridad, rango, sensibilidad y exactitud.

Los datos son transferidos a una PC por medio de un puerto infrarrojo para mostrarlos en histogramas y finalmente son promediados por métodos estadísticos para obtener un valor representativo del valor del espesor.

Se tomaron 24 lecturas de espesor y recubrimiento en cada pierna de tubo hueco por cada tramo empezando por la que se encuentra al norte y recorriendo perimetralmente en sentido de las manecillas del reloj en cuatro anillos próximos al extremo inferior de cada pierna, la posición de la toma de lecturas se ilustra a continuación:





En la fotografía se muestra como se tomo el espesor del tubo que corresponde de la pierna B.



Se tomaron mediciones de cada una de las piernas a lo largo de todas las secciones de la torre.



A continuación se presentan las tablas con las lecturas obtenidas en campo, los valores representan el espesor de la pared del tubo en milímetros y milésimas de pulgada.

PIERNA: A, TRAMO: 1

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	8.59	0.338	8.53	0.336	8.59	0.338	8.53	0.336
2	8.53	0.336	8.59	0.338	8.53	0.336	8.59	0.338
3	8.56	0.337	8.59	0.338	8.56	0.337	8.59	0.338
4	8.61	0.339	8.56	0.337	8.61	0.339	8.56	0.337
5	8.56	0.337	8.56	0.337	8.56	0.337	8.56	0.337
6	8.53	0.336	8.64	0.340	8.53	0.336	8.64	0.340

PIERNA: B, TRAMO: 1

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	8.66	0.341	8.64	0.340	8.66	0.341	8.64	0.340
2	8.64	0.340	8.69	0.342	8.64	0.340	8.69	0.342
3	8.53	0.336	8.51	0.335	8.53	0.336	8.51	0.335
4	8.59	0.338	8.51	0.335	8.59	0.338	8.51	0.335
5	8.59	0.338	8.51	0.335	8.59	0.338	8.51	0.335
6	8.64	0.340	8.64	0.340	8.64	0.340	8.64	0.340



PIERNA: C, TRAMO: 1

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	8.69	0.342	8.51	0.335	8.69	0.342	8.51	0.335
2	8.59	0.338	8.53	0.336	8.59	0.338	8.53	0.336
3	8.61	0.339	8.46	0.333	8.61	0.339	8.46	0.333
4	8.61	0.339	8.41	0.331	8.61	0.339	8.41	0.331
5	8.56	0.337	8.43	0.332	8.56	0.337	8.43	0.332
6	8.53	0.336	8.41	0.331	8.53	0.336	8.41	0.331

PIERNA: A, TRAMO: 2

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	8.51	0.335	8.69	0.342	8.51	0.335	8.69	0.342
2	8.51	0.335	8.66	0.341	8.51	0.335	8.66	0.341
3	8.53	0.336	8.46	0.333	8.53	0.336	8.46	0.333
4	8.64	0.340	8.53	0.336	8.64	0.340	8.53	0.336
5	8.64	0.340	8.53	0.336	8.64	0.340	8.53	0.336
6	8.64	0.340	8.53	0.336	8.64	0.340	8.53	0.336

PIERNA: B, TRAMO: 2

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	8.51	0.335	8.46	0.333	8.51	0.335	8.46	0.333
2	7.75	0.305	8.61	0.339	7.75	0.305	8.61	0.339
3	8.48	0.334	8.71	0.343	8.48	0.334	8.71	0.343
4	8.51	0.335	8.51	0.335	8.51	0.335	8.51	0.335
5	8.51	0.335	8.41	0.331	8.51	0.335	8.41	0.331
6	7.70	0.303	8.41	0.331	7.70	0.303	8.41	0.331



PIERNA: C, TRAMO: 2

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	8.53	0.336	8.43	0.332	8.53	0.336	8.43	0.332
2	8.53	0.336	8.46	0.333	8.53	0.336	8.46	0.333
3	8.51	0.335	8.43	0.332	8.51	0.335	8.43	0.332
4	8.41	0.331	8.51	0.335	8.41	0.331	8.51	0.335
5	8.56	0.337	8.51	0.335	8.56	0.337	8.51	0.335
6	8.53	0.336	8.59	0.338	8.53	0.336	8.59	0.338

PIERNA: A, TRAMO: 3

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	8.43	0.332	8.66	0.341	8.43	0.332	8.66	0.341
2	8.38	0.330	8.53	0.336	8.38	0.330	8.53	0.336
3	8.53	0.336	8.76	0.345	8.53	0.336	8.76	0.345
4	8.53	0.336	8.51	0.335	8.53	0.336	8.51	0.335
5	8.51	0.335	8.56	0.337	8.51	0.335	8.56	0.337
6	8.61	0.339	8.46	0.333	8.61	0.339	8.46	0.333

PIERNA: B, TRAMO: 3

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	8.51	0.335	8.51	0.335	8.51	0.335	8.51	0.335
2	8.43	0.332	8.48	0.334	8.43	0.332	8.48	0.334
3	8.43	0.332	8.51	0.335	8.43	0.332	8.51	0.335
4	8.43	0.332	8.51	0.335	8.43	0.332	8.51	0.335
5	8.43	0.332	8.59	0.338	8.43	0.332	8.59	0.338
6	8.43	0.332	8.59	0.338	8.43	0.332	8.59	0.338



PIERNA C, TRAMO: 3

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	8.56	0.337	8.46	0.333	8.56	0.337	8.46	0.333
2	8.59	0.338	8.46	0.333	8.59	0.338	8.46	0.333
3	8.53	0.336	8.46	0.333	8.53	0.336	8.46	0.333
4	8.51	0.335	8.53	0.336	8.51	0.335	8.53	0.336
5	8.59	0.338	8.51	0.335	8.59	0.338	8.51	0.335
6	8.56	0.337	8.51	0.335	8.56	0.337	8.51	0.335

PIERNA: A, TRAMO: 4

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	7.98	0.314	7.98	0.314	7.98	0.314	7.98	0.314
2	8.05	0.317	7.90	0.311	8.05	0.317	7.90	0.311
3	8.08	0.318	7.92	0.312	8.08	0.318	7.92	0.312
4	7.92	0.312	8.00	0.315	7.92	0.312	8.00	0.315
5	7.95	0.313	7.37	0.290	7.95	0.313	7.37	0.290
6	8.03	0.316	7.98	0.314	8.03	0.316	7.98	0.314

PIERNA: B, TRAMO: 4

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	7.90	0.311	8.00	0.315	7.90	0.311	8.00	0.315
2	7.85	0.309	8.03	0.316	7.85	0.309	8.03	0.316
3	7.90	0.311	8.05	0.317	7.90	0.311	8.05	0.317
4	7.95	0.313	8.05	0.317	7.95	0.313	8.05	0.317
5	7.95	0.313	7.87	0.310	7.95	0.313	7.87	0.310
6	8.03	0.316	7.92	0.312	8.03	0.316	7.92	0.312



PIERNA: C, TRAMO: 4

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	7.98	0.314	7.98	0.314	7.98	0.314	7.98	0.314
2	7.90	0.311	7.85	0.309	7.90	0.311	7.85	0.309
3	7.92	0.312	7.98	0.314	7.92	0.312	7.98	0.314
4	8.08	0.318	7.90	0.311	8.08	0.318	7.90	0.311
5	7.92	0.312	7.90	0.311	7.92	0.312	7.90	0.311
6	7.92	0.312	7.90	0.311	7.92	0.312	7.90	0.311

PIERNA: A, TRAMO: 5

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	7.59	0.299	7.65	0.301	7.59	0.299	7.65	0.301
2	7.70	0.303	7.75	0.305	7.70	0.303	7.75	0.305
3	7.80	0.307	7.70	0.303	7.80	0.307	7.70	0.303
4	7.67	0.302	7.72	0.304	7.67	0.302	7.72	0.304
5	7.65	0.301	7.65	0.301	7.65	0.301	7.65	0.301
6	7.67	0.302	7.67	0.302	7.67	0.302	7.67	0.302

PIERNA: B, TRAMO: 5

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	7.72	0.304	7.59	0.299	7.72	0.304	7.59	0.299
2	7.70	0.303	7.72	0.304	7.70	0.303	7.72	0.304
3	7.65	0.301	7.65	0.301	7.65	0.301	7.65	0.301
4	7.80	0.307	7.72	0.304	7.80	0.307	7.72	0.304
5	7.62	0.300	7.70	0.303	7.62	0.300	7.70	0.303
6	7.65	0.301	7.67	0.302	7.65	0.301	7.67	0.302



PIERNA: C, TRAMO: 5

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	7.80	0.307	7.80	0.307	7.80	0.307	7.80	0.307
2	7.80	0.307	7.85	0.309	7.80	0.307	7.85	0.309
3	7.90	0.311	7.82	0.308	7.90	0.311	7.82	0.308
4	7.57	0.298	7.82	0.308	7.57	0.298	7.82	0.308
5	7.80	0.307	7.82	0.308	7.80	0.307	7.82	0.308
6	7.85	0.309	7.80	0.307	7.85	0.309	7.80	0.307

PIERNA: A, TRAMO: 6

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	7.47	0.294	7.59	0.299	7.47	0.294	7.59	0.299
2	7.44	0.293	7.57	0.298	7.44	0.293	7.57	0.298
3	7.21	0.284	7.57	0.298	7.21	0.284	7.57	0.298
4	7.21	0.284	7.42	0.292	7.21	0.284	7.42	0.292
5	7.21	0.284	7.52	0.296	7.21	0.284	7.52	0.296
6	7.21	0.284	7.52	0.296	7.21	0.284	7.52	0.296

PIERNA: B, TRAMO: 6

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	7.54	0.297	7.42	0.292	7.54	0.297	7.42	0.292
2	7.54	0.297	7.19	0.283	7.54	0.297	7.19	0.283
3	7.57	0.298	7.24	0.285	7.57	0.298	7.24	0.285
4	7.57	0.298	7.34	0.289	7.57	0.298	7.34	0.289
5	7.52	0.296	7.34	0.289	7.52	0.296	7.34	0.289
6	7.44	0.293	7.37	0.290	7.44	0.293	7.37	0.290



PIERNA: C, TRAMO: 6

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	7.57	0.298	7.26	0.286	7.57	0.298	7.26	0.286
2	7.57	0.298	7.26	0.286	7.57	0.298	7.26	0.286
3	7.52	0.296	7.24	0.285	7.52	0.296	7.24	0.285
4	7.52	0.296	7.26	0.286	7.52	0.296	7.26	0.286
5	7.52	0.296	7.47	0.294	7.52	0.296	7.47	0.294
6	7.24	0.285	7.52	0.296	7.24	0.285	7.52	0.296

PIERNA: A, TRAMO: 7

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	5.03	0.198	5.36	0.211	5.03	0.198	5.36	0.211
2	5.31	0.209	5.38	0.212	5.31	0.209	5.38	0.212
3	5.33	0.210	5.38	0.212	5.33	0.210	5.38	0.212
4	5.36	0.211	5.38	0.212	5.36	0.211	5.38	0.212
5	5.36	0.211	5.38	0.212	5.36	0.211	5.38	0.212
6	5.36	0.211	5.36	0.211	5.36	0.211	5.36	0.211

PIERNA: B, TRAMO: 7

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	5.36	0.211	5.41	0.213	5.36	0.211	5.41	0.213
2	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213
3	5.38	0.212	5.33	0.210	5.38	0.212	5.33	0.210
4	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213
5	4.95	0.195	5.41	0.213	4.95	0.195	5.41	0.213
6	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212



PIERNA: C, TRAMO: 7

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213
2	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213
3	5.36	0.211	5.41	0.213	5.36	0.211	5.41	0.213
4	5.36	0.211	5.41	0.213	5.36	0.211	5.41	0.213
5	5.36	0.211	5.28	0.208	5.36	0.211	5.28	0.208
6	5.38	0.212	5.36	0.211	5.38	0.212	5.36	0.211

PIERNA: A, TRAMO: 8

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213
2	5.38	0.212	5.38	0.212	5.38	0.212	5.38	0.212
3	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213
4	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213
5	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212
6	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213

PIERNA: B, TRAMO: 8

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213
2	5.44	0.214	5.41	0.213	5.44	0.214	5.41	0.213
3	5.46	0.215	5.41	0.213	5.46	0.215	5.41	0.213
4	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212
5	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212
6	5.44	0.214	5.38	0.212	5.44	0.214	5.38	0.212



PIERNA: C, TRAMO: 8

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	5.41	0.213	5.38	0.212	5.41	0.213	5.38	0.212
2	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213	5.41	0.213
3	5.38	0.212	5.38	0.212	5.38	0.212	5.38	0.212
4	5.44	0.214	5.41	0.213	5.44	0.214	5.41	0.213
5	5.36	0.211	5.41	0.213	5.36	0.211	5.41	0.213
6	5.36	0.211	5.38	0.212	5.36	0.211	5.38	0.212

PIERNA: A, TRAMO: 9

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	5.11	0.201	5.36	0.211	5.11	0.201	5.36	0.211
2	5.13	0.202	5.36	0.211	5.13	0.202	5.36	0.211
3	5.26	0.207	5.23	0.206	5.26	0.207	5.23	0.206
4	5.23	0.206	5.31	0.209	5.23	0.206	5.31	0.209
5	5.41	0.213	5.44	0.214	5.41	0.213	5.44	0.214
6	5.36	0.211	5.08	0.200	5.36	0.211	5.08	0.200

PIERNA: B, TRAMO: 9

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	5.36	0.211	5.41	0.213	5.36	0.211	5.41	0.213
2	5.36	0.211	5.31	0.209	5.36	0.211	5.31	0.209
3	5.36	0.211	5.38	0.212	5.36	0.211	5.38	0.212
4	5.36	0.211	5.33	0.210	5.36	0.211	5.33	0.210
5	5.31	0.209	5.38	0.212	5.31	0.209	5.38	0.212
6	5.26	0.207	5.44	0.214	5.26	0.207	5.44	0.214



PIERNA: C, TRAMO: 9

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	5.46	0.215	5.36	0.211	5.46	0.215	5.36	0.211
2	5.36	0.211	5.36	0.211	5.36	0.211	5.36	0.211
3	5.36	0.211	5.38	0.212	5.36	0.211	5.38	0.212
4	5.38	0.212	5.36	0.211	5.38	0.212	5.36	0.211
5	5.36	0.211	5.31	0.209	5.36	0.211	5.31	0.209
6	5.36	0.211	5.36	0.211	5.36	0.211	5.36	0.211

PIERNA: A, TRAMO: 10

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	4.95	0.195	4.95	0.195	4.95	0.195	4.95	0.195
2	4.93	0.194	4.98	0.196	4.93	0.194	4.98	0.196
3	4.93	0.194	4.98	0.196	4.93	0.194	4.98	0.196
4	4.83	0.190	4.95	0.195	4.83	0.190	4.95	0.195
5	4.80	0.189	4.95	0.195	4.80	0.189	4.95	0.195
6	4.95	0.195	4.98	0.196	4.95	0.195	4.98	0.196

PIERNA: B, TRAMO: 10

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	In	mm	in	mm	in
1	4.90	0.193	5.00	0.197	4.90	0.193	5.00	0.197
2	4.93	0.194	4.95	0.195	4.93	0.194	4.95	0.195
3	4.95	0.195	4.90	0.193	4.95	0.195	4.90	0.193
4	4.98	0.196	5.00	0.197	4.98	0.196	5.00	0.197
5	4.93	0.194	5.00	0.197	4.93	0.194	5.00	0.197
6	4.98	0.196	4.95	0.195	4.98	0.196	4.95	0.195



PIERNA: C, TRAMO: 10

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	4.95	0.195	4.83	0.190	4.95	0.195	4.83	0.190
2	4.93	0.194	4.93	0.194	4.93	0.194	4.93	0.194
3	4.95	0.195	4.93	0.194	4.95	0.195	4.93	0.194
4	4.93	0.194	4.95	0.195	4.93	0.194	4.95	0.195
5	4.90	0.193	4.93	0.194	4.90	0.193	4.93	0.194
6	4.90	0.193	4.93	0.194	4.90	0.193	4.93	0.194

PIERNA: A, TRAMO: 11

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	5.03	0.198	4.70	0.185	5.03	0.198	4.70	0.185
2	4.72	0.186	4.70	0.185	4.72	0.186	4.70	0.185
3	4.67	0.184	4.60	0.181	4.67	0.184	4.60	0.181
4	4.75	0.187	4.67	0.184	4.75	0.187	4.67	0.184
5	4.75	0.187	4.65	0.183	4.75	0.187	4.65	0.183
6	4.75	0.187	4.60	0.181	4.75	0.187	4.60	0.181

PIERNA: B, TRAMO: 11

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	4.65	0.183	4.67	0.184	4.65	0.183	4.67	0.184
2	4.67	0.184	4.70	0.185	4.67	0.184	4.70	0.185
3	4.62	0.182	4.75	0.187	4.62	0.182	4.75	0.187
4	4.75	0.187	4.67	0.184	4.75	0.187	4.67	0.184
5	4.75	0.187	4.70	0.185	4.75	0.187	4.70	0.185
6	4.75	0.187	4.67	0.184	4.75	0.187	4.67	0.184



PIERNA: C, TRAMO: 11

ANILLO	A		B		C		D	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	4.62	0.182	4.65	0.183	4.62	0.182	4.65	0.183
2	4.67	0.184	4.65	0.183	4.67	0.184	4.65	0.183
3	4.70	0.185	4.70	0.185	4.70	0.185	4.70	0.185
4	4.62	0.182	4.65	0.183	4.62	0.182	4.65	0.183
5	4.67	0.184	4.70	0.185	4.67	0.184	4.70	0.185
6	4.70	0.185	4.65	0.183	4.70	0.185	4.65	0.183

Las lecturas anteriores serán comparadas con los estándares del manual de construcción en acero del Instituto Mexicano de Construcción en Acero (IMCA) para determinar si los espesores obtenidos tienen alguna variación con los estándares de fabricación, esta variación será tomada en cuenta en el análisis de la estructura que será realizado con el programa STAAD PRO 2006.

A continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

RESUMEN DEL DISEÑO DE ANÁLISIS DE ESPESORES

TRAMO	DIAMETRO EXTERIOR ESTANDAR (mm)	ESPESOR OBTENIDO EN CAMPO (pulgadas)	DENOMINACION DE TUBO	ESPESOR ESTANDAR	ESPESOR ESTANDAR	DIAMETRO INTERIOR ESTANDAR	ESPESOR OBTENIDO EN CAMPO	DIFERENCIA DE ESPESORES	VARIACION DEL ESPESOR ESTANDAR		DIAMETRO INTERIOR AJUSTADO	DIAMETRO INTERIOR TOMADO EN EL ANALISIS
				(pulgadas)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	
1	168,00	0,335	OC 168 x 10.97 TUBO DE 6" CED 80XE	0,432	10,97	146,05	8,51	2,46	DISMINUCION DEL	22,45%	150,98	151,00
2	168,00	0,332	OC 168 x 10.97 TUBO DE 6" CED 80XE	0,432	10,97	146,05	8,43	2,54	DISMINUCION DEL	23,15%	151,13	152,00
3	168,00	0,333	OC 168 x 10.97 TUBO DE 6" CED 80XE	0,432	10,97	146,05	8,46	2,51	DISMINUCION DEL	22,92%	151,08	152,00
4	141,00	0,311	OC 141 x 9.53 TUBO DE 5" CED 80XE	0,375	9,53	121,95	7,90	1,63	DISMINUCION DEL	17,07%	125,20	126,00
5	141,00	0,302	OC 141 x 9.53 TUBO DE 5" CED 80XE	0,375	9,53	121,95	7,67	1,85	DISMINUCION DEL	19,47%	125,66	126,00
6	141,00	0,290	OC 141 x 9.53 TUBO DE 5" CED 80XE	0,375	9,53	121,95	7,37	2,16	DISMINUCION DEL	22,67%	126,27	127,00
7	114,00	0,209	OC 114 x 6.02 TUBO DE 4" CED 40E	0,237	6,02	101,96	5,31	0,71	DISMINUCION DEL	11,81%	103,38	104,00
8	114,00	0,211	OC 114 x 6.02 TUBO DE 4" CED 40E	0,237	6,02	101,96	5,36	0,66	DISMINUCION DEL	10,97%	103,28	104,00
9	114,00	0,208	OC 114 x 6.02 TUBO DE 4" CED 40E	0,237	6,02	101,96	5,28	0,74	DISMINUCION DEL	12,24%	103,43	104,00
10	73,00	0,192	OC 73 x 5.16 TUBO DE 2 1/2" CED 40E	0,203	5,16	62,69	4,88	0,28	DISMINUCION DEL	5,42%	63,25	64,00
11	73,00	0,183	OC 73 x 5.16 TUBO DE 2 1/2" CED 40E	0,203	5,16	62,69	4,65	0,51	DISMINUCION DEL	9,85%	63,70	64,00



Las secciones tienen una disminución de espesores considerable, esto debido a la corrosión para fines del análisis se tomaron en cuenta estos decrementos, sin embargo, es necesario llevar a cabo una medición periódica cada seis meses a fin de registrar que dichos decrementos no puedan influir negativamente en la estabilidad estructural de la torre.

4.5. ESTUDIO DE VERTICALIDAD.

Debido a la importancia que tiene la estabilidad de la estructura y de acuerdo con lo solicitado. Se realizó una medición detallada de la verticalidad en cada pierna por tramo para conocer el grado de inclinación y desplome de la estructura.

Para esta actividad se utilizó un inclinómetro digital M-D Building Products.

Se colocó el inclinómetro en cada pierna y cada tramo, registrándose las siguientes lecturas en grados:

PIERNA	A	B	C
TRAMO			
1	87.6	86.9	87.7

Para calcular el desplome de la estructura se han utilizado métodos de geometría analítica en el espacio de la siguiente forma:

1.- Colocando el origen de coordenadas en 3 dimensiones y conocidas las coordenadas de los puntos iniciales de las piernas de la torre, las longitudes de las piernas y los ángulos de inclinación es posible calcular las coordenadas de todos los extremos de los tramos de pierna.



2.- Conocidas las coordenadas de los extremos en cada plano referencial se puede calcular el centro de la torre a una altura determinada.

3.- Se obtiene el desplazamiento del centro o eje de centro de la torre y se calcula el desplome con respecto al centro de la base.

Cabe aclarar que las lecturas obtenidas en campo solo representan una medida aproximada de la inclinación real de la estructura ya que en los tramos superiores se presenta un movimiento oscilatorio constante que hace variar las lecturas del Inclinómetro, esto implica que el desplazamiento y el desplome calculado solo sea aproximados.

Después de realizar el análisis numérico de los datos obtenidos en campo se ha determinado que la torre se encuentra con un desplome de 0.156° aproximadamente, lo que representa que el centro de la cúspide se encuentra desplazado aproximadamente 18.0 cm. con respecto al centro de la base.

La tolerancia máxima para desplome que exigen las normas de TELCEL es 0.25% de la altura, por lo tanto el desplome de la torre se considera fuera de la norma.





4.6. BASE DE LA REVISIÓN ESTRUCTURAL.

Se le encomendó a la empresa Emerson Electronic Connector and Component S. A. de C. V. la elaboración del dictamen de seguridad estructural, de la radio base denominada “MAZATEPEC” la cual esta compuesta de una torre de 66.00 mts de altura. Localizada en el Estado de Morelos.

El objetivo de este informe es analizar la estructura bajo las cargas a las cuales esta sometida actualmente, utilizando para ello los criterios de los manuales de diseño por viento y sismo de la Comisión Federal de Electricidad, y el reglamento de construcción del Distrito Federal.

4.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA TORRE.

Esta constituida en forma triangular, con 66.00 m de altura de sección transversal constante, estructurada a base de perfiles de acero ASTM- A36 dispuestos en forma de celosía, conectados por medio de tornillos de alta resistencia y placas soldadas; la base de la torre tiene una separación 6.00 m y se fija con tres apoyos, se colocan en ella una serie de aditamentos como son plataformas de operación, barandales, escaleras, antenas y la cama guía de cables.

4.6.2. CARGAS MUERTAS.

Las cargas muertas o cargas permanentes como lo define el reglamento del Distrito Federal, se consideran como el peso propio de la estructura, instalaciones y todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo.



Para la evaluación de las cargas se emplearon las dimensiones especificadas de los elementos constructivos y los pesos unitarios de los materiales utilizando los valores máximos probables.

Para este caso las cargas muertas se consideran las siguientes.

- 1).- Peso propio de la torre.
- 2).- Peso de la plataforma de operación.
- 3).- Peso de la cama guía de onda.
- 4).- Peso de la escalera de acceso
- 5).- Peso de las antenas de microondas.
- 6).- Peso de las antenas celulares.
- 7).- Peso de los feeders

4.6.3. CARGAS VIVAS.

Las cargas vivas (o cargas variables) como lo define el Reglamento de construcción

El Distrito Federal se considera como el peso que se produce por el uso y ocupación de las construcciones y que no tienen carácter de permanente.

Estas cargas no incluyen el peso de los equipos u objetos de gran peso no que hayan sido tomados en cuenta en esta revisión.

Para este caso en particular y por el tipo de estructura que se trata solo se considera el peso de tres personas de 100 kgs. Cada una de ellas sobre la plataforma de operación, esto previendo el proceso de instalación, mantenimiento y durante el proceso de instalación de nuevos equipos.



4.6.4. CARGAS DE SISMO.

Los parámetros usados para la revisión de sismo en lo que respecta a esta estructura fueron determinados usando el Manual de Diseño por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad, y corresponde a la zona “B” de intensidad sísmica media-baja sobre terreno tipo 1 y son los siguientes.

Coeficiente sísmico. (Tabla.13.)	$c= 0.14$
Factor de comportamiento sísmico. (Pg.36.)	$Q= 2$
Grupo de la estructura según su importancia. (Pg.18.)	“A”
Factor de amplificación de fuerza sísmica. (Pg. 37)	1.5

4.6.5. CARGAS DE VIENTO.

Para el análisis y determinación de las fuerzas de viento y sus efectos se utilizó el método de Análisis dinámico de viento, descrito en el Manual de Diseño por Viento de la Comisión Federal de Electricidad el cual clasifica a la estructura de la siguiente forma.

Por su importancia en el grupo “A”

Por su tamaño en la clase “C” con un factor de tamaño de 0.90

Para el análisis se tomó la velocidad regional de 120 Km/hr, para un periodo de retorno de 200 años y una temperatura media anual de 20.9. (Anexos).



De acuerdo a las condiciones de exposición la estructura se encuentra localizada en un terreno categoría 2, debido a la localización de la torre se uso un factor de topografía igual a 1.00.

4.6.6. COMBINACIONES DE CARGAS.

Se verifico la seguridad de la estructura para el efecto combinado de las acciones que tienen la probabilidad de ocurrir simultáneamente, de las cuales se observan dos categorías importantes.

1. Acciones permanentes y variables.

Se consideran la suma de los efectos debido a cargas muertas mas cargas vivas máximas uniformemente distribuidas sobre las áreas de plataforma.

2. Acciones permanentes, variables y accidentales.

Se incluyen lo efectos debidos a carga muerta mas carga viva mas las cargas laterales que resulten mas desfavorables entre las provocadas por sismo y las provocadas por viento, esta condición es la llamada condición de carga accidental.

4.7. REVISIÓN ESTRUCTURAL.

El análisis estructural se realizó con el programa de computadora Staad pro. Vers. 2006

El diseño se realizó con el mismo procedimiento y tomando como base el American Institute of Steel Construcción, basándonos en el criterio de Esfuerzos Permisibles.



4.7.1. REVISIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE DE FALLA Y SERVICIO.

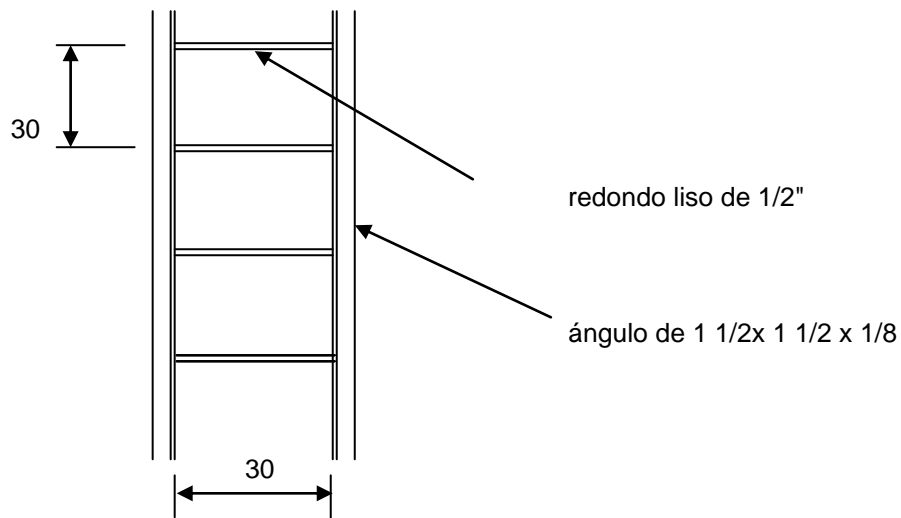
Se revisaron que todos y cada uno de los elementos estructurales estuvieran cumpliendo con los requerimientos de falla que marca el reglamento.

Para cumplir con lo estipulado en las normas TELCEL como estado límite de servicio, se revisan los desplazamientos de la estructura los cuales no deben de ser mayores de 0.75° o $\max = h * \tan 0.75^\circ$.

4.7.2. ANALISIS DE CARGAS VERTICALES.

CARGAS MUERTAS SOBRE ANTENA.

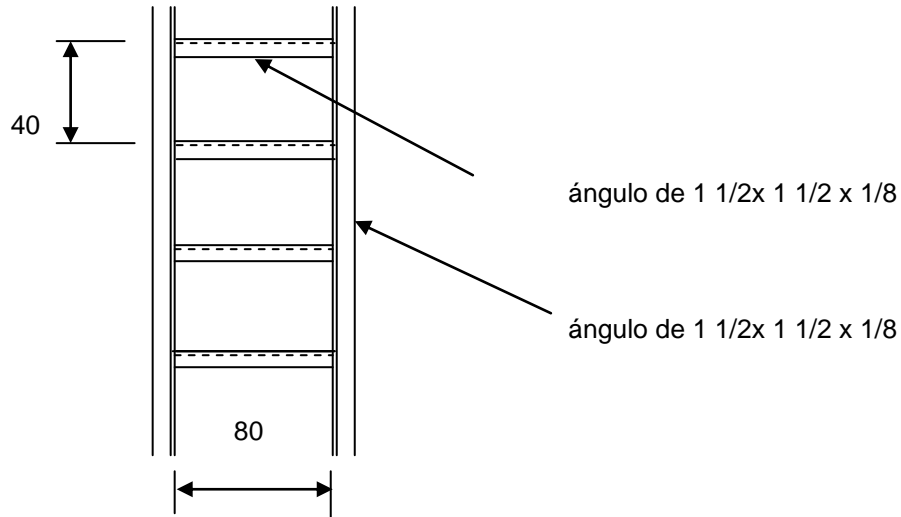
PESO DE LA ESCALERA DE ACCESO:



peso de los ángulos de 1 1/2x 1/8=	3.66	kgs.
peso de tres tramos de redondo liso=	0.9	kgs.
Wtotal=	4.56	kgs/mt.



PESO DE LA CAMA GUIA DE ONDA:



peso de dos ángulos de 1 1/2x1 1/2 x 1/8 = 3.66 kgs.
 peso de tres ángulos de 1 1/2x1 1/2 x 1/8= 4.392 kgs.
 Wtotal= 8.052 kgs/mt.

Se anexa el peso de 3 fedder de 7/8 y 12 feedders de 1 1/4 de pulgada.
 Wfeedder= 10.5 kg/mts

Por lo que el peso total de la C.G.O.= 18.552 kg/mt.

PESO DE LA PLATAFORMA:

La plataforma esta ubicada a los 60,00 mts de altura a partir de la base de la torre

Se consideran 500 kg de peso de plataforma como carga muerta. Y se adiciona el peso de 6 antenas celulares de 20 kg. Cada una.

Wt= 620 kg

Nota: la torre cuenta con una barandal intermedia a 36 mts de altura con un peso de.

peso de cuatro Li de 2x2x3/16 de 3,30 mts de largo: 47.916 kg

peso de once Li de 2x2x3/16 de 1,00 mts de largo: 39.93 kg

Wt= 87.846 kg



PESO DE ANTENAS DE MICROONDAS:

Altura	Diámetro	Peso	Elemento	Área Exp.
54	1.20	6.4	PIERNA B	1.1310
64.33	1.20	77	PIERNA A	1.1310

4.7.3. CÁLCULO DE LA FRECUENCIA NATURAL DE VIBRACION Y PESO PROPIO DE LA TORRE.

```
*****
*
*          STAAD.Pro
*          Version 2006   Bld 1001.US
*          Proprietary Program of
*          Research Engineers, Intl.
*          Date=   FEB 1, 2008
*          Time=   12:31:30
*
*
*****
```

```
214. DEFINE MATERIAL START
215. ISOTROPIC STEEL
216. E 2.09042E+006
217. POISSON 0.3
218. DENSITY 0.00783341
219. ALPHA 1.2E-005
220. DAMP 0.03
221. ISOTROPIC MATERIAL1
222. POISSON 0.45
223. END DEFINE MATERIAL
224. MEMBER PROPERTY AMERICAN
225. 1 TO 3 37 TO 39 43 TO 48 TABLE ST PIPE OD 16.8 ID 15.1
226. 7 8 17 18 27 28 79 TO 81 97 TO 99 115 TO 117 133 TO 140 -
227. 141 TABLE ST PIPE OD 16.8 ID 15.2
228. 9 10 19 20 29 30 187 TO 195 241 TO 249 TABLE ST PIPE OD 14.1 ID 12.6
229. 11 21 31 295 TO 303 TABLE ST PIPE OD 14.1 ID 12.7
230. 12 TO 14 22 TO 24 32 TO 34 349 TO 357 403 TO 411 457 TO 464 -
231. 465 TABLE ST PIPE OD 11.4 ID 10.4
232. 15 25 35 511 TO 519 TABLE ST PIPE OD 7.3 ID 6.325
233. 40 TO 42 49 TO 78 82 TO 96 100 TO 114 118 TO 132 142 TO 186 TABLE ST L30304
234. 196 TO 240 250 TO 294 304 TO 348 TABLE ST L25253
235. 4 TO 6 358 TO 402 412 TO 456 466 TO 510 520 TO 564 574 TO 630 TABLE ST L20203
236. 16 26 36 565 TO 573 TABLE ST PIPE OD 7.3 ID 6.37
237. CONSTANTS
238. BETA 45 MEMB 4 TO 6 40 TO 42 49 TO 78 82 TO 96 100 TO 114 118 TO 132 -
239. 142 TO 186 196 TO 240 250 TO 294 304 TO 348 358 TO 402 412 TO 456 -
240. 466 TO 510 520 TO 564 574 TO 630
241. MATERIAL STEEL MEMB 1 TO 630
242. SUPPORTS
243. 1 TO 3 PINNED
244. LOAD 1 LOADTYPE DEAD TITLE CARGAS MUERTAS
245. SELFWEIGHT Z 1
246. JOINT LOAD
247. *PESO DE ANTENAS DE MICROONDAS.
248. 15 FZ 6.4
```



249. 222 FZ 77
 250. *PESO DE BARANDAL INTERMEDIO.
 251. 12 22 152 FZ 29.283
 252. *PESO DE PLATAFORMA.
 253. 16 26 36 FZ 206.67
 254. MEMBER LOAD
 255. *PESO DE CAMA GUIA CON FEEDERS
 256. 49 52 84 100 118 142 145 148 196 199 202 250 253 256 304 307 310 358 361 364 -
 257. 412 415 418 466 469 472 520 523 526 CON GZ 37.104
 258. *PESO DE ESCALERA.
 259. 41 51 54 83 102 120 144 147 150 198 201 204 252 255 258 306 309 312 360 363 -
 260. 366 414 417 420 468 471 474 522 525 528 576 579 582 CON GZ 9.12
 261. CALCULATE RAYLEIGH FREQUENCY
 262. PERFORM ANALYSIS

P R O B L E M S T A T I S T I C S

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 234/ 630/ 3
 ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH= 230/ 8/ 54 DOF
 TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 1, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 1395
 SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 76 DOUBLE KILO-WORDS
 REQD/AVAIL. DISK SPACE = 13.7/ 9683.5 MB, EXMEM = 354.1 MB

 *
 * RAYLEIGH FREQUENCY FOR LOADING 1 = 1.02751 CPS *
 * MAX DEFLECTION = 42.94569 CM GLO Z, AT JOINT 4 *
 *

263. PARAMETER
 264. CODE AISC
 265. STEEL TAKE OFF ALL

STEEL TAKE-OFF

PROFILE	LENGTH (CM)	WEIGHT (KG)
ST PIP E	1801.69	601.118
ST L20 203	38405.10	1391.639
ST PIP E	3603.37	1135.062
ST PIP E	3603.37	887.877
ST PIP E	1801.69	415.894
ST PIP E	5405.06	724.932
ST PIP E	1801.69	147.252
ST PIP E	1801.69	140.920
ST L30 304	41688.60	3029.664
ST L25 253	35144.20	1607.387
PRISMATIC STEEL	0.00	0.000
TOTAL =		10081.746

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

266. FINISH

***** END OF THE STAAD.Pro RUN *****

**** DATE= FEB 1,2008 TIME= 12:31:31 ***



4.7.4. ANÁLISIS DINÁMICO DE VIENTO.

Para calcular las fuerzas provocadas por la acción del viento se utilizó el método del Análisis Dinámico, en donde se afirma que la estructura es sensible a los efectos dinámicos del viento cuando se presentan fuerzas importantes provenientes de la interacción dinámica entre el viento y la estructura.

El procedimiento descrito a continuación permite evaluar los empujes ocasionados por las presiones actuantes sobre estructuras prismáticas sensibles a efectos dinámicos producidos por la turbulencia del viento.

Como primer paso para encontrar las fuerzas de viento se debe de calcular la velocidad de diseño tomando en cuenta los factores de exposición y topografía así como la velocidad regional del viento, implícitamente se asocian a estos factores el tamaño, rugosidad y altura lo que hace que la velocidad de diseño sea una función dependiente de la elevación a la que se calcule.

A continuación se calcula la presión dinámica de base que depende de la velocidad de diseño y a su vez también es una función dependiente de la elevación, en la determinación de la presión dinámica de base se toma en cuenta la variación de la densidad del aire mediante la introducción de las variables de presión barométrica y temperatura media del sitio.

Posteriormente se calcula la presión en la dirección del viento dependiendo de los factores de respuesta a ráfagas y de arrastre.

El factor de respuesta a ráfagas se determina mediante un procedimiento probabilística en el que se idealiza la estructura como un sistema de masas y resortes con amortiguamiento que deberá ser resuelto en el dominio del tiempo, aunque para su



solución se plantea en el dominio de las frecuencias con objeto de establecer las relaciones existentes entre los espectros de velocidad, de presión, de fuerza y de desplazamiento que permitan estimar la respuesta máxima del sistema, esta se define mediante el producto de la respuesta media y el factor de respuesta dinámica; este factor se define como la relación entre el efecto máximo y la respuesta de una variable aleatoria asociada con el valor pico de una ráfaga y el efecto medio de la misma.

Para conocer completamente las características dinámicas del sistema de masas y resortes se calcularon los periodos de vibración naturales aunque para el cálculo de las fuerzas de viento solo se toma en cuenta el primer modo de vibración.

El valor pico de ráfaga se obtiene de la distribución de probabilidad de la velocidad, esto permite establecer el número de desviaciones estándar por las que el valor pico excede el valor medio.

Los parámetros en cuestión se relacionan con un tiempo de promediación preestablecido y son una medida de la amplitud de las fluctuaciones de la variable considerada en un sitio dado, cabe señalar que el factor de ráfaga varía con la altura de manera análoga con la velocidad.

El factor de arrastre para este tipo de estructuras varía según el régimen de flujo en el que se encuentre, este puede ser crítico o subcrítico, lo cual representa indirectamente la dependencia del número de Reynolds en los valores de dicho coeficiente, esta dependencia se debe al cambio en la forma de la estela del flujo que se presenta detrás del cuerpo y mientras es mayor el número de Reynolds menor es el coeficiente de arrastre.

La solidez de la cara frontal se define como el cociente entre la proyección sobre el plano normal al flujo del viento, de la suma de las áreas expuestas de todos los



Miembros estructurales que sean visibles perpendicularmente al plano de la cara de barlovento, y el área de la envolvente de dicha proyección. El área proyectada se refiere únicamente al área de la cara o caras de barlovento.

En el análisis dinámico de viento se consideraron los efectos dinámicos causados por la turbulencia del viento mediante el empleo del factor de respuesta dinámica debido a ráfagas.

Las presiones y fuerzas de diseño que aparecen cuando el viento actúa en una dirección dada se determinan separadamente para dos direcciones ortogonales, una de ellas será aquella en la que el viento actúa y la otra transversal a la anterior.

A fin de calcular las fuerzas de diseño en la dirección del viento, se consideran dos componentes: uno definido por el valor medio, debido a la acción media del viento asociado a un colapso de promediación de tres segundos y otro dinámico caracterizado por el valor pico de la acción del viento. Estos dos componentes se toman en cuenta implícitamente en el factor de respuesta dinámica debida a ráfagas.

Finalmente se calcula la fuerza de viento sobre la estructura multiplicando la presión por el área expuesta, es importante señalar que la presión de viento es una función directa de la altura y que las fuerzas de viento para elementos cuya proyección de área o áreas expuestas sea igual pero se localice a diferente elevación no es similar ya que su condición de exposición no es la misma. La fuerza total sobre la estructura debida al flujo de viento resultara de sumar la contribución de cada una de las fuerzas que actúan sobre el área expuesta o parte de ella.

A continuación se presenta el análisis de cargas producidas por el viento sobre las caras de la estructura de la torre, así como el cálculo de fuerzas de viento actuantes en las microondas.



A. ANÁLISIS DE CARGAS POR VIENTO: MODELO 1

Dirección: Z

Tipo de marco:	1	(Acero = 1, Concreto = 0)
Tipo de columna:	T. AUTOSO.	
Largo:	5.20 m	
Ancho:	6.00 m	
Altura:	66.00 m	

Altitud =	1560.000 m.s.n.m.
Grupo:	A Importancia (pág. 18)
Tipo:	2 Respuesta (pág. 19)
Clase:	C Tamaño (Tabla. 6)
Categoría:	2 Rugosidad (Tabla. 5)
T =	20.9 °C Temperatura (Anexos)

(MORELOS)

Velocidad Diseño: $V_D = F_T F_a V_R$

Fáctor de Topografía:	$F_T = 1.00$	(Tabla. 7)
Fáctor Exposición: $F_a = F_C F_z$	(Pág. 22)	
$F_z = 1.56(Z/\delta)^\alpha$		
F_{z1}	0.969	
F_{z2}	0.994	
F_{z3}	1.051	
F_{z4}	1.094	
F_{z5}	1.128	
F_{z6}	1.156	
F_{z7}	1.181	
F_{z8}	1.203	
F_{z9}	1.223	
F_{z10}	1.241	
F_{z11}	1.257	

$V_R =$	120.000 km/h	(anexos)
$F_C =$	0.90	(Tabla. 3)
$\alpha =$	0.138	(Tabla. 4)
$\delta =$	315.000	

$Z_1 =$	6.000 m
$Z_2 =$	12.000 m
$Z_3 =$	18.000 m
$Z_4 =$	24.000 m
$Z_5 =$	30.000 m
$Z_6 =$	36.000 m
$Z_7 =$	42.000 m
$Z_8 =$	48.000 m
$Z_9 =$	54.000 m
$Z_{10} =$	60.000 m
$Z_{11} =$	66.000 m

Fáctor de Rugosidad y Altura

F_{a1}	0.872
F_{a2}	0.894
F_{a3}	0.946
F_{a4}	0.984
F_{a5}	1.015
F_{a6}	1.041
F_{a7}	1.063
F_{a8}	1.083
F_{a9}	1.101
F_{a10}	1.117
F_{a11}	1.132

$V_{D1} =$	104.660 km/h
$V_{D2} =$	107.327 km/h
$V_{D3} =$	113.503 km/h
$V_{D4} =$	118.100 km/h
$V_{D5} =$	121.794 km/h
$V_{D6} =$	124.897 km/h
$V_{D7} =$	127.582 km/h
$V_{D8} =$	129.955 km/h
$V_{D9} =$	132.084 km/h
$V_{D10} =$	134.019 km/h
$V_{D11} =$	135.793 km/h

Velocidad de Diseño

Presión Dinámica: $q_z = 0.0048G_z V_D^2$

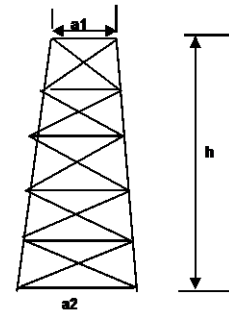
$G = 0.392 \Omega / 273 + T =$ 0.811
(Fáctor de corrección)

Altitud =	1560.000 m.s.n.m.
$\Omega =$	607.700 mmHg
T =	20.900 °C

Presión Barométrica (Tabla. 8)
Temperatura (Anexos)

Presión Dinámica

q_{z1}	42.617 kg/m ²
q_{z2}	44.816 kg/m ²
q_{z3}	50.123 kg/m ²
q_{z4}	54.265 kg/m ²
q_{z5}	57.712 kg/m ²
q_{z6}	60.690 kg/m ²
q_{z7}	63.328 kg/m ²
q_{z8}	65.706 kg/m ²
q_{z9}	67.877 kg/m ²
q_{z10}	69.879 kg/m ²
q_{z11}	71.742 kg/m ²





**CALCULO DE LAS RELACIONES DE SOLIDEZ
POR CADA TRAMO DE TORRE,**

- 1,- Piernas
- 2,- Montantes
- 3,- Diagonales
- 4,- C.G.O.
- 5,- Cables
- 6,- Escalera

Tramo	Area Tipo	Perfil	Ancho	Longitud	N° Pzas	Area	Area Solida	a1	a2	h	Area Total	φ
			m	m		m ²		m	m	m		
I	PLA	Montante	0.0760	5.78	3.00	1.318	4.137	5.55	6.00	6.00	34.650	0.216
		Diagonales	0.0760	6.10	5.00	2.318						
		C.G.O. Vert	0.0380	3.00	2.00	0.228						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	9.00	0.274						
	CIR	Piernas	0.1680	6.00	2.00	2.016	3.359					
		Cables 1 1/4	0.0318	3.00	12.00	1.145						
II	PLA	Montante	0.0760	5.32	3.00	1.213	4.390	5.10	5.55	6.00	31.950	0.285
		Diagonales	0.0760	5.72	5.00	2.174						
		C.G.O. Vert	0.0380	6.00	2.00	0.456						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	18.00	0.547						
	CIR	Piernas	0.1680	6.00	2.00	2.016	4.702					
		Cables 1 1/4	0.0318	6.00	12.00	2.290						
III	PLA	Montante	0.0760	4.88	3.00	1.113	4.122	4.650	5.100	6	29.250	0.302
		Diagonales	0.0760	5.28	5.00	2.006						
		C.G.O. Vert	0.0380	6.00	2.00	0.456						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	18.00	0.547						
	CIR	Piernas	0.1680	6.00	2.00	2.016	4.702					
		Cables 1 1/4	0.0318	6.00	12.00	2.290						
IV	PLA	Montante	0.0640	4.43	3.00	0.851	3.393	4.200	4.650	6	26.550	0.293
		Diagonales	0.0640	4.81	5.00	1.539						
		C.G.O. Vert	0.0380	6.00	2.00	0.456						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	18.00	0.547						
	CIR	Piernas	0.1410	6.00	2.00	1.692	4.378					
		Cables 1 1/4	0.0318	6.00	12.00	2.290						
V	PLA	Montante	0.0640	3.98	3.00	0.764	3.191	3.750	4.200	6	23.850	0.317
		Diagonales	0.0640	4.45	5.00	1.424						
		C.C.O. Vert	0.0380	6.00	2.00	0.456						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	18.00	0.547						
	CIR	Piernas	0.1410	6.00	2.00	1.692	4.378					
		Cables 1 1/4	0.0318	6.00	12.00	2.290						
VI	PLA	Montante	0.0640	3.52	3.00	0.676	2.975	3.300	3.750	6	21.150	0.348
		Diagonales	0.0640	4.05	5.00	1.296						
		C.C.O. Vert	0.0380	6.00	2.00	0.456						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	18.00	0.547						
	CIR	Piernas	0.1410	6.00	2.00	1.692	4.378					
		Cables 1 1/4	0.0318	6.00	12.00	2.290						
		Cables 7/8	0.0220	6.00	3.00	0.396						



Módulos: (Continuación)

Sección	Area Tipo	Perfil	Ancho	Longitud	N° Pzas	Area	Area Solida	a1	a2	h	Area Total	φ
			m	m		m ²						
VII	PLA	Montante	0.0510	3.08	3.00	0.471	2.408	2.850	3.30	6	18.450	0.350
		Diagonales	0.0510	3.66	5.00	0.933						
		C.G.O. Vert	0.0380	6.00	2.00	0.456						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	18.00	0.547						
	CIR	PIERNAS	0.1140	6.00	2.00	1.368	4.054					
		Cables 1 1/4	0.0318	6.00	12.00	2.290						
		Cables 7/8	0.0220	6.00	3.00	0.396						
VIII	PLA	Montante	0.0510	2.63	3.00	0.402	2.250	2.400	2.850	6	15.750	0.400
		Diagonales	0.0510	3.31	5.00	0.844						
		C.G.O. Vert	0.0380	6.00	2.00	0.456						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	18.00	0.547						
	CIR	Piernas	0.1140	6.00	2.00	1.368	4.054					
		Cables 1 1/4	0.0318	6.00	12.00	2.290						
		Cables 7/8	0.0220	6.00	3.00	0.396						
IX	PLA	Montante	0.0510	2.18	3.00	0.334	2.089	1.950	2.4	6	13.050	0.471
		Diagonales	0.0510	2.95	5.00	0.752						
		C.G.O. Vert.	0.0380	6.00	2.00	0.456						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	18.00	0.547						
	CIR	Piernas	0.1140	6.00	2.00	1.368	4.054					
		Cables 1 1/4	0.0318	6.00	12.00	2.290						
		Cables 7/8	0.0220	6.00	3.00	0.396						
X	PLA	Montante	0.0510	1.73	3.00	0.265	1.944	1.500	1.95	6	10.350	0.532
		Diagonales	0.0510	2.65	5.00	0.676						
		C.G.O. Vert.	0.0380	6.00	2.00	0.456						
		C.G.O. Hor.	0.0380	0.80	18.00	0.547						
	CIR	Piernas	0.0730	6.00	2.00	0.876	3.562					
		Cables 1 1/4	0.0318	6.00	12.00	2.290						
		Cables 7/8	0.0220	6.00	3.00	0.396						
XI	PLA	Montante	0.0510	1.23	4.00	0.251	0.915	1.050	1.5	6	7.650	0.234
		Diagonales	0.0510	1.86	7.00	0.664						
		C.G.O. Vert.	0.0380	6.00	0.00	0.000						
		C.G.O. Hor.	0.0380	6.00	0.00	0.000						
	CIR	Piernas	0.0730	6.00	2.00	0.876	0.876					
		Cables 1 1/4	0.0318	0.00	0.00	0.000						
		Cables 7/8	0.0220	0.00	0.00	0.000						



Coefficiente Arrastre: C_a (PARA PERFILES DE CARA PLANA)

$\phi_1 = 0.216$	$C_{a1} = 2.635$	$\phi = 0.1$	$C_a = 3.1$	
$\phi_2 = 0.285$	$C_{a2} = 2.362$			
$\phi_3 = 0.302$	$C_{a3} = 2.297$	$\phi = 0.2$	$C_a = 2.7$	
$\phi_4 = 0.293$	$C_{a4} = 2.329$			
$\phi_5 = 0.317$	$C_{a5} = 2.265$	$\phi = 0.3$	$C_a = 2.3$	(Tabla. 10)
$\phi_6 = 0.348$	$C_{a6} = 2.205$			
$\phi_7 = 0.350$	$C_{a7} = 2.200$	$\phi = 0.4$	$C_a = 2.1$	
$\phi_8 = 0.400$	$C_{a8} = 2.100$			
$\phi_9 = 0.471$	$C_{a9} = 1.959$	$\phi = 0.5$	$C_a = 1.9$	
$\phi_{10} = 0.532$	$C_{a10} = 1.900$			
$\phi_{11} = 0.234$	$C_{a11} = 2.564$			

Coefficiente Arrastre: C_a (PARA PERFILES DE CARA REDONDA)

$\phi_1 = 0.216$	$C_{a1} = 1.600$	$b_1 = 0.074$	$bV_{01} = 2.15$	m/seg
$\phi_2 = 0.285$	$C_{a2} = 1.600$	$b_2 = 0.074$	$bV_{02} = 2.20$	m/seg
$\phi_3 = 0.302$	$C_{a3} = 1.500$	$b_3 = 0.074$	$bV_{03} = 2.33$	m/seg
$\phi_4 = 0.293$	$C_{a4} = 1.600$	$b_4 = 0.065$	$bV_{04} = 2.13$	m/seg
$\phi_5 = 0.317$	$C_{a5} = 1.500$	$b_5 = 0.065$	$bV_{05} = 2.20$	m/seg
$\phi_6 = 0.348$	$C_{a6} = 1.500$	$b_6 = 0.065$	$bV_{06} = 2.25$	m/seg
$\phi_7 = 0.350$	$C_{a7} = 1.500$	$b_7 = 0.056$	$bV_{07} = 1.98$	m/seg
$\phi_8 = 0.400$	$C_{a8} = 1.500$	$b_8 = 0.056$	$bV_{08} = 2.02$	m/seg
$\phi_9 = 0.471$	$C_{a9} = 1.500$	$b_9 = 0.056$	$bV_{09} = 2.05$	m/seg
$\phi_{10} = 0.532$	$C_{a10} = 1.400$	$b_{10} = 0.042$	$bV_{10} = 1.57$	m/seg
$\phi_{11} = 0.234$	$C_{a11} = 1.600$	$b_{11} = 0.042$	$bV_{11} = 1.59$	m/seg

Fuerza Arrastre: F_a

$F_{ap} = C_a A_z Q_z$	$A_z = A_{sp}$	$F_{ac} = C_a A_z Q_z$	$A_z = Asc$	Fat
$F_{a1} =$	112.279 kg	$F_{a1} =$	229.026 kg	341.305
$F_{a2} =$	464.642 kg	$F_{a2} =$	337.132 kg	801.773
$F_{a3} =$	474.532 kg	$F_{a3} =$	353.486 kg	828.018
$F_{a4} =$	428.866 kg	$F_{a4} =$	380.079 kg	808.945
$F_{a5} =$	417.219 kg	$F_{a5} =$	378.959 kg	796.179
$F_{a6} =$	398.075 kg	$F_{a6} =$	398.517 kg	796.592
$F_{a7} =$	335.387 kg	$F_{a7} =$	385.060 kg	720.448
$F_{a8} =$	310.349 kg	$F_{a8} =$	399.516 kg	709.865
$F_{a9} =$	277.718 kg	$F_{a9} =$	412.717 kg	690.436
$F_{a10} =$	258.059 kg	$F_{a10} =$	348.436 kg	606.495
$F_{a11} =$	168.271 kg	$F_{a11} =$	100.554 kg	268.825



Análisis Dinámico: $H/D = 12.702 > 5$ VERDADERO Verdadero: Requiere análisis dinámico.

Fáct. Respuesta Dinámica: F_g

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

$$g = K' (Z / \delta)^{\eta}$$

$$K' = 1.288$$

$$\delta = 315.000 \quad (\text{Tabla 9})$$

$$\eta = -0.054$$

Fáct. de Ráfaga

$$g_1 = 1.552$$

$$g_2 = 1.537$$

$$g_3 = 1.503$$

$$g_4 = 1.480$$

$$g_5 = 1.462$$

$$g_6 = 1.448$$

$$g_7 = 1.436$$

$$g_8 = 1.426$$

$$g_9 = 1.417$$

$$g_{10} = 1.409$$

$$g_{11} = 1.401$$

$$\sigma / \mu = (K_r / C\alpha' (B + SE / \zeta))^{1/2}$$

$$K_r = 0.100 \quad \text{Fáct. de rugosidad (Pág. 29)}$$

$$\zeta = 0.010 \quad \text{Coeficiente de amortiguamiento crítico (Pág. 29)}$$

$$\alpha' = 0.180 \quad (\text{Pág. 30})$$

$$C\alpha' = 3.46 F_r^2 (H / \delta)^{2\alpha'}$$

$$C\alpha' = 1.971$$

Ancho de barlovento b: 6.00 m

$$\text{Relación: } b / H = 0.091$$

$$B = 1.080 \quad \text{Fáct. de excitación de fondo (Anexos)}$$

Frecuencia Reducida:

$$3.6 \eta_0 (H / V'_H)'_H = (1 / g_H) V_H = 96.897$$

Frecuencia natural de vibración:

$$\eta_0 = 1.027 \text{ Hz} \quad T_0 = 0.974 \text{ seg.}$$

$$\text{Por lo tanto: } 3.6 \eta_0 (H / V'_H) = 2.518$$

$$S = 0.045 \quad \text{Fáct. de reducción por tamaño (Anexos)}$$

$$\text{Con: } 3.6 \eta_0 / V'_H = 0.038$$

$$E = 0.077 \quad \text{Fáct. de relación de la energía de ráfaga con la frecuencia natural (Anexos)}$$

$$\text{Sustituyendo en: } \sigma / \mu = 0.269$$



*Coeficiente de rapidez de fluctuación Promedio:

$$V = \eta_0 (SE / SE + \zeta\beta)^{1/2}$$

V = 0.507 g_p = 4.024 Factor de efecto máximo (Anexos)

donde: $1 + g_p (\sigma / \mu) = 2.083$

Sustituyendo en:

F _{g1} =	0.865	F _{g6} =	0.993	F _{g11} =	1.061
F _{g2} =	0.882	F _{g7} =	1.010		
F _{g3} =	0.922	F _{g8} =	1.025		
F _{g4} =	0.951	F _{g9} =	1.038		
F _{g5} =	0.974	F _{g10} =	1.050		

*Frecuencia Natural obtenida mediante el programa STAAD-PRO 2006.

Presión Total: (P_Z): P_Z = F_g C_a q_Z

Fuerza Total: (F_Z): F_Z = P_Z A_Z A_Z = A_S

H m	Sec.	q _Z kg/m ²	Asp m ²	Asc m ²	φ	C _{sp}	C _{ac}	g	F _g	P _{Zp} kg/m ²	P _{Zc} kg/m ²	Fz(total) kg
6.00	I	42.617	4.137	3.359	0.216	2.635	1.600	1.552	0.865	97.125	58.983	599.962
12.00	II	44.816	4.390	4.702	0.285	2.362	1.600	1.537	0.882	93.381	63.261	707.349
18.00	III	50.123	4.122	4.702	0.302	2.297	1.500	1.503	0.922	106.104	69.299	763.202
24.00	IV	54.265	3.393	4.378	0.293	2.329	1.600	1.480	0.951	120.181	82.553	769.152
30.00	V	57.712	3.191	4.378	0.317	2.265	1.500	1.462	0.974	127.335	84.317	775.479
36.00	VI	60.690	2.975	4.378	0.348	2.205	1.500	1.448	0.993	132.92	90.432	791.310
42.00	VII	63.328	2.408	4.054	0.350	2.200	1.500	1.436	1.010	140.69	95.947	727.686
48.00	VIII	65.706	2.250	4.054	0.400	2.100	1.500	1.426	1.025	141.36	100.995	727.412
54.00	IX	67.877	2.089	4.054	0.471	1.959	1.500	1.417	1.038	137.97	105.667	716.559
60.00	X	69.879	1.944	3.562	0.532	1.900	1.400	1.409	1.050	139.372	102.695	636.646
66.00	XI	71.742	0.915	0.876	0.234	2.564	1.600	1.401	1.061	195.056	121.741	285.109

Tramo	Fz	Nodos	Fz/Nodos
1	599.96	11	54.54
2	707.35	11	64.30
3	763.20	11	69.38
4	769.15	11	69.92
5	775.48	11	70.50
6	791.31	11	71.94
7	727.69	11	66.15
8	727.41	11	66.13
9	716.56	11	65.14
10	636.65	11	57.88
11	285.11	13	21.93



B. CALCULO DE LAS FUERZAS DE VIENTO SOBRE LAS MICROONDAS:

De acuerdo con el structural standards for steel antenna towers and antenna Supporting structures.

Fuerzas actuantes en las antenas

$$F_a = C_a A K_z G_H V^2$$

Donde:

$$G_H = 0,65 + 0,60 / (h/10)^{1/7} \qquad 1,00 < G_H < 1,25$$

$$A = (3.1416 \cdot D^2) / 4$$

$$K_z = (z/10)^{2/7} \qquad 1,0 < K_z < 2,58$$

C_a = coeficiente que depende de la forma como el viento golpea la antena y de la forma de la antena. Según normas TIA/EIA 222-G. (Anexos).

V = Velocidad de viento que depende del lugar donde este instalada la antena.

$V = 120$ Km/hr ó 74.571 mph

Antena	D	Área	Altura	Kz	GH	Ca	Fa	Fa
	mts.	ft ²	mts.				Lbs.	kgs.
1	1.20	12.17	54	1.62	1.12	0.00351	431.62	195.95
2	1.20	12.17	64.33	1.70	1.11	0.00351	449.04	203.86

4.7.5. ANÁLISIS ESTÁTICO DE SISMO.

En lo referente a análisis sísmico, se utilizo el método descrito a continuación.

MÉTODO ESTÁTICO DIRECTO. Este consiste en calcular las fuerzas cortantes a



diferentes niveles de una estructura aplicando un conjunto de fuerzas horizontales actuando sobre cada uno de los puntos donde se consideren concentradas las masas, cada una de estas fuerzas se tomo igual al peso de la masa que corresponde, multiplicado por el coeficiente proporcional a H siendo H la altura de la masa en cuestión sobre el desplante. El coeficiente se tomo de manera que la relación entre el cortante basal y el peso de la construcción se igual a la relación entre el coeficiente sísmico y el factor de comportamiento sísmico.

Para el caso de esta estructura se hace la división a cada tramo de torre.

PESO DE LA ESTRUCTURA.

	PIERNAS	DIAGONALES	MONTANTES	ACCE	ANT. MICRO.	ANT. CEL.	PLATAF.	W tramo.
TRAMO 1	TUBO OC 168	LI 30X30X4	LI 30X30X4	C.G.O. ESCL	0	0	0	1651.9725
	508.68	665.285	379.0071	99.0000				
TRAMO 2	TUBO OC 168	LI 30X30X4	LI 30X30X4	C.G.O. ESCL	0	0	0	1742.5675
	508.68	749.7036	349.2639	134.9200				
TRAMO 3	TUBO OC 168	LI 30X30X4	LI 30X30X4	C.G.O. ESCL	0	0	0	1613.8198
	508.68	650.4804	319.7394	134.9200				
TRAMO 4	TUBO OC 141	LI 25X25X3	LI 25X25X3	C.G.O. ESCL	0	0	0	1113.3103
	391.86	403.0062	183.5241	134.9200				
TRAMO 5	TUBO OC 141	LI 25X25X3	LI 25X25X3	C.G.O. ESCL	0	0	0	1061.0329
	391.86	369.261	164.9919	134.9200				
TRAMO 6	TUBO OC 141	LI 25X25X3	LI 25X25X3	C.G.O. ESCL	0	0	87.85	1085.9312
	391.86	324.9798	146.3214	134.9200				
TRAMO 7	TUBO OC 114	LI 20X20X3	LI 20X20X3	C.G.O. ESCL	0	0	0	764.4547
	289.44	239.58	100.5147	134.9200				
TRAMO 8	TUBO OC 114	LI 20X20X3	LI 20X20X3	C.G.O. ESCL	0	0	0	726.0130
	289.44	215.8398	85.8132	134.9200				
TRAMO 9	TUBO OC 114	LI 20X20X3	LI 20X20X3	C.G.O. ESCL	6.4	0	0	694.9514
	289.44	193.1886	71.0028	134.9200				
TRAMO 10	TUBO OC 73	LI 20X20X3	LI 20X20X3	C.G.O. ESCL	0	120	500	1139.7123
	155.34	173.151	56.3013	134.9200				
TRAMO 11	TUBO OC 73	LI 20X20X3	LI 20X20X3	C.G.O. ESCL	77	0	0	503.4331
	155.34	161.6076	53.9055	55.5800				
							Wtotal torre=	12097.1987

MÉTODO SIMPLIFICADO

$c=0.14$ Por tratarse de un sitio ubicado en la zona sísmica "B" (Tabla.13.)

$Q=2$ Por tratarse de un marco armado con estructura de Acero contra venteadas. (Pg. 36.)

$c=0,14*1,5=0.21$ Por ser una estructura del grupo A. (Pg.37.)



Nivel o Entrepiso	wi	hi	wi hi	pi	Vi
11	503.43	66	33226.58	116.07	116.07
10	1139.71	60	68382.74	238.88	354.96
9	694.95	54	37527.38	131.10	486.05
8	726.01	48	34848.62	121.74	607.79
7	764.45	42	32107.10	112.16	719.95
6	1085.93	36	39093.52	136.57	856.52
5	1061.03	30	31830.99	111.20	967.71
4	1113.31	24	26719.45	93.34	1061.05
3	1613.82	18	29048.76	101.48	1162.53
2	1742.57	12	20910.81	73.05	1235.58
1	1651.97	6	9911.84	34.63	1270.21
Suma wi=	12097.20	Suma wi hi=	363607.78		

Coefficiente sísmico=0.21/2=0.105

$P.D = ((w_i h_i) * (\text{suma } w_i)) / (\text{suma } w_i h_i) * \text{coeficiente sísmico}$.

Estas cargas se dividen entre el número de nodos de cada tramo y se aplica la fuerza equivalente.

TRAMO	No. NODOS	CARGA/ NODO
11	11	10.55
10	11	32.27
9	11	44.19
8	11	55.25
7	11	65.45
6	11	77.87
5	11	87.97
4	11	96.46
3	11	105.68
2	11	112.33
1	13	97.71

SUMA= 785.73



4.7.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN EL PROGRAMA ATAAD PRO 2006.

```
*****
*
*          STAAD.Pro
*          Version 2006   Bld 1001.US
*          Proprietary Program of
*          Research Engineers, Intl.
*          Date=   FEB 1, 2008
*          Time=   19:25: 6
*
*
*****
```

```
1. STAAD SPACE
2. START JOB INFORMATION
3. ENGINEER DATE 1-FEB-08
4. END JOB INFORMATION
5. INPUT WIDTH 79
6. UNIT CM KG
7. JOINT COORDINATES
215. DEFINE MATERIAL START
216. ISOTROPIC STEEL
217. E 2.09042E+006
218. POISSON 0.3
219. DENSITY 0.00783341
220. ALPHA 1.2E-005
221. DAMP 0.03
222. END DEFINE MATERIAL
223. MEMBER PROPERTY AMERICAN
224. 1 TO 3 37 TO 39 43 TO 48 TABLE ST PIPE OD 16.8 ID 15
225. 7 8 17 18 27 28 79 TO 81 97 TO 99 115 TO 117 133 TO 140 -
226. 141 TABLE ST PIPE OD 16.8 ID 15.2
227. 9 10 19 20 29 30 187 TO 195 241 TO 249 TABLE ST PIPE OD 14.1 ID 12.6
228. 11 21 31 295 TO 303 TABLE ST PIPE OD 14.1 ID 12.7
229. 12 TO 14 22 TO 24 32 TO 34 349 TO 357 403 TO 411 457 TO 464 -
230. 465 TABLE ST PIPE OD 11.4 ID 10.4
231. 15 25 35 511 TO 519 TABLE ST PIPE OD 7.3 ID 6.325
232. 40 TO 42 49 TO 78 82 TO 96 100 TO 114 118 TO 132 142 TO 186 631 -
233. 632 TABLE ST L30305
234. 196 TO 240 250 TO 294 304 TO 348 TABLE ST L25253
235. 4 TO 6 358 TO 402 412 TO 456 466 TO 510 520 TO 564 574 TO 630 TABLE ST L20203
236. 16 26 36 565 TO 573 TABLE ST PIPE OD 7.3 ID 6.37
237. CONSTANTS
238. BETA 45 MEMB 4 TO 6 40 TO 42 49 TO 78 82 TO 96 100 TO 114 118 TO 132 -
239. 142 TO 186 196 TO 240 250 TO 294 304 TO 348 358 TO 402 412 TO 456 -
240. 466 TO 510 520 TO 564 574 TO 632
241. MATERIAL STEEL MEMB 1 TO 632
242. SUPPORTS
243. 1 TO 3 PINNED
244. LOAD 1 CARGAS MUERTAS
245. SELFWEIGHT Y -1
246. JOINT LOAD
247. *PESO DE ANTENAS DE MICROONDAS.
248. 15 FY -6.4
249. 222 FY -77
250. *PESO DE BARANDAL INTERMEDIO.
251. 12 22 152 FY -29.283
252. *PESO DE PLATAFORMA.
253. 16 26 36 FY -206.67
254. MEMBER LOAD
255. *PESO DE CAMA GUIA CON FEEDERS
256. 49 52 84 100 118 142 145 148 196 199 202 250 253 256 304 307 310 358 361 364 -
257. 412 415 418 466 469 472 520 523 526 CON GY -37.104
```



258. *PESO DE ESCALERA.
259. 51 54 83 102 120 144 147 150 198 201 204 252 255 258 306 309 312 360 363 366 -
260. 414 417 420 468 471 474 522 525 528 576 579 582 CON GY -9.12
261. 41 CON GY -9.12 295.254
262. LOAD 2 CARGAS VIVAL
263. JOINT LOAD
264. 16 26 36 FY -100
265. LOAD 3 CARGAS DE VIENTO EN Z
266. JOINT LOAD
267. 15 FZ 195.95
268. 222 FZ 203.86
269. 1 2 7 27 37 39 40 42 43 45 47 50 56 FZ 54.54
270. 8 52 54 58 60 63 64 66 68 79 80 FZ 64.30
271. 9 29 70 72 73 75 76 78 83 87 98 FZ 69.38
272. 10 30 88 90 91 93 94 96 101 105 117 FZ 69.92
273. 11 31 106 108 109 111 112 114 120 122 137 FZ 70.50
274. 12 32 124 126 127 129 130 132 136 140 152 FZ 71.94
275. 13 142 144 145 147 148 150 155 157 169 170 14 15-
276- 34 35 160 162 163 165 166 168 174 FZ 66.15
277- 176 178 180 181 183 184 186 188 191 194 207 FZ 65.14
278. 16 36 196 198 199 201 202 204 210 213 225 FZ 57.88
279. 4 5 214 216 TO 218 221 222 228 231 234 FZ 21.93
280. LOAD 4 CARGAS DE VIENTO EN -Z
281. JOINT LOAD
282. 15 FZ -195.95
283. 222 FZ -203.86
284. 1 2 7 27 37 39 40 42 43 45 47 50 56 FZ -54.54
285. 8 52 54 58 60 63 64 66 68 79 80 FZ -64.30
286. 9 29 70 72 73 75 76 78 83 87 98 FZ -69.38
287. 10 30 88 90 91 93 94 96 101 105 117 FZ -69.92
288. 11 31 106 108 109 111 112 114 120 122 137 FZ -70.50
289. 12 32 124 126 127 129 130 132 136 140 152 FZ -71.94
290. 13 142 144 145 147 148 150 155 157 169 170 14 15-
291- 34 35 160 162 163 165 166 168 174 FZ -66.15
292- 176 178 180 181 183 184 186 188 191 194 207 FZ -65.14
293. 16 36 196 198 199 201 202 204 210 213 225 FZ -57.88
294. 4 5 214 216 TO 218 221 222 228 231 234 FZ -21.93
295. LOAD 5 SISMO EN Z
296. JOINT LOAD
297. 1 2 7 27 37 39 40 42 43 45 48 51 57 FZ 97.71
298. 8 28 52 54 58 60 63 64 66 69 81 FZ 112.33
299. 9 29 70 72 73 75 76 78 84 87 99 FZ 105.68
300. 10 30 88 90 91 93 94 96 102 105 117 FZ 96.46
301. 11 31 106 108 109 111 112 114 120 123 137 FZ 87.97
302. 12 32 124 126 127 129 130 132 138 141 153 FZ 77.87
303. 13 33 142 144 145 147 148 150 158 159 171 FZ 65.45
304. 14 34 160 162 163 165 166 168 174 177 195 FZ 55.25
305. 15 35 178 180 181 183 184 186 189 192 207 FZ 44.19
306. 16 36 196 198 199 201 202 204 210 213 225 FZ 32.27
307. 4 5 214 216 TO 218 221 222 228 231 234 FZ 10.55
308. LOAD 6 SISMO EN -Z
309. JOINT LOAD
310. 1 2 7 27 37 39 40 42 43 45 48 51 57 FZ -97.71
311. 8 28 52 54 58 60 63 64 66 69 81 FZ -112.33
312. 9 29 70 72 73 75 76 78 84 87 99 FZ -105.68
313. 10 30 88 90 91 93 94 96 102 105 117 FZ -96.46
314. 11 31 106 108 109 111 112 114 120 123 137 FZ -87.97
315. 12 32 124 126 127 129 130 132 138 141 153 FZ -77.87
316. 13 33 142 144 145 147 148 150 158 159 171 FZ -65.45
317. 14 34 160 162 163 165 166 168 174 177 195 FZ -55.25
318. 15 35 178 180 181 183 184 186 189 192 207 FZ -44.19
319. 16 36 196 198 199 201 202 204 210 213 225 FZ -32.27
320. 4 5 214 216 TO 218 221 222 228 231 234 FZ -10.55
321. LOAD COMB 7 (C.M + CV)
322. 1 1.0 2 1.0
323. LOAD COMB 8 0.75 (C.M + CV + VZ)
324. 1 0.75 2 0.75 3 0.75
325. LOAD COMB 9 0.75 (C.M + CV - VZ)
326. 1 0.75 2 0.75 4 -0.75



327. LOAD COMB 10 0.75 (C.M + CV + SISZ)
 328. 1 0.75 2 0.75 5 0.75
 329. LOAD COMB 11 0.75 (C.M + CV - SISZ)
 330. 1 0.75 2 0.75 6 -0.75
 331. PERFORM ANALYSIS

P R O B L E M S T A T I S T I C S

 NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 236/ 632/ 3
 ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH= 230/ 8/ 54 DOF
 TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 6, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 1407
 SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 76 DOUBLE KILO-WORDS
 REQRD/AVAIL. DISK SPACE = 13.9/ 9361.8 MB, EXMEM = 284.7 MB

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = SPACE

 ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
1	7	1	4583.87	-28.08	0.38	0.00	0.00	0.00
		37	-4548.69	29.60	-0.38	0.00	-38.37	-2884.12
	8	1	19179.51	-499.01	776.50	0.00	0.00	0.00
		37	-19153.13	500.15	-776.50	0.00	-77649.81	-49957.70
	9	1	19179.51	-499.01	776.50	0.00	0.00	0.00
		37	-19153.13	500.15	-776.50	0.00	-77649.81	-49957.70
10	1	19601.32	-809.74	1161.88	0.00	0.00	0.00	
	37	-19574.94	810.88	-1161.88	0.00	-116188.39	-81030.88	
11	1	19601.32	-809.74	1161.88	0.00	0.00	0.00	
	37	-19574.94	810.88	-1161.88	0.00	-116188.39	-81030.88	
2	7	3	4252.40	-38.16	-2.85	0.00	0.00	0.00
		38	-4217.21	39.69	2.85	0.00	284.70	-3892.59
	8	3	-28293.92	927.13	75.30	0.00	0.00	0.00
		38	28320.31	-925.98	-75.30	0.00	-7530.18	92655.54
	9	3	-28293.92	927.13	75.30	0.00	0.00	0.00
		38	28320.31	-925.98	-75.30	0.00	-7530.18	92655.54
10	3	-29137.89	1556.48	-1.52	0.00	0.00	0.00	
	38	29164.28	-1555.34	1.52	0.00	151.70	155590.75	
11	3	-29137.89	1556.48	-1.52	0.00	0.00	0.00	
	38	29164.28	-1555.34	1.52	0.00	151.70	155590.75	
3	7	2	4484.14	-27.46	2.46	0.00	0.00	0.00
		39	-4448.96	28.98	-2.46	0.00	-246.31	-2822.33
	8	2	19104.70	-498.18	-618.88	0.00	0.00	0.00
		39	-19078.31	499.33	618.88	0.00	61887.95	-49875.48
	9	2	19104.70	-498.18	-618.88	0.00	0.00	0.00
		39	-19078.31	499.33	618.88	0.00	61887.95	-49875.48
10	2	19526.57	-810.34	-1160.37	0.00	0.00	0.00	
	39	-19500.19	811.49	1160.37	0.00	116036.70	-81091.52	
11	2	19526.57	-810.34	-1160.37	0.00	0.00	0.00	
	39	-19500.19	811.49	1160.37	0.00	116036.70	-81091.52	
4	7	5	0.50	1.34	-1.36	0.01	19.99	21.78
		6	-0.50	1.35	-1.33	-0.01	-18.03	-22.18
	8	5	-1.79	1.21	0.44	-0.02	-91.84	28.66
		6	1.79	0.81	-2.46	0.02	-60.36	-8.03
	9	5	-1.79	1.21	0.44	-0.02	-91.84	28.66
		6	1.79	0.81	-2.46	0.02	-60.36	-8.03
10	5	-3.57	1.14	-0.26	0.01	-41.34	24.92	
	6	3.57	0.88	-1.76	-0.01	-37.09	-11.21	
11	5	-3.57	1.14	-0.26	0.01	-41.34	24.92	
	6	3.57	0.88	-1.76	-0.01	-37.09	-11.21	
53	7	42	-74.66	17.87	-17.93	0.03	1677.24	1665.02
		41	74.66	17.91	-17.85	-0.03	-1654.20	-1676.35



8	42	129.52	13.78	-13.79	-0.22	1331.90	1360.18	
	41	-129.52	13.06	-13.05	0.22	-1124.56	-1155.92	
9	42	129.52	13.78	-13.79	-0.22	1331.90	1360.18	
	41	-129.52	13.06	-13.05	0.22	-1124.56	-1155.92	
10	42	129.74	14.66	-11.73	-0.17	339.26	1710.25	
	41	-129.74	12.18	-15.11	0.17	-1290.41	-1011.34	
11	42	129.74	14.66	-11.73	-0.17	339.26	1710.25	
	41	-129.74	12.18	-15.11	0.17	-1290.41	-1011.34	
54	7	41	-74.81	21.14	-21.06	-0.05	2100.33	2131.62
		40	74.81	21.09	-21.17	0.05	-2132.33	-2116.64
	8	41	128.51	15.39	-15.52	-0.11	1374.80	1497.53
		40	-128.51	16.28	-16.15	0.11	-1551.88	-1747.47
	9	41	128.51	15.39	-15.52	-0.11	1374.80	1497.53
		40	-128.51	16.28	-16.15	0.11	-1551.88	-1747.47
	10	41	130.86	14.28	-18.81	0.20	2087.86	1238.33
		40	-130.86	17.39	-12.86	-0.20	-415.65	-2112.17
	11	41	130.86	14.28	-18.81	0.20	2087.86	1238.33
		40	-130.86	17.39	-12.86	-0.20	-415.65	-2112.17
55	7	39	86.04	9.41	-9.74	0.17	541.28	481.90
		46	-76.94	9.44	-9.11	-0.17	-442.88	-486.05
	8	39	1185.43	11.18	-13.53	4.99	2071.93	1268.94
		46	-1178.61	2.96	-0.60	-4.99	-47.48	17.58
	9	39	1185.43	11.18	-13.53	4.99	2071.93	1268.94
		46	-1178.61	2.96	-0.60	-4.99	-47.48	17.58
	10	39	2160.27	14.59	-16.22	6.99	2391.43	2165.41
		46	-2153.45	-0.46	2.09	-6.99	475.61	191.24
	11	39	2160.27	14.59	-16.22	6.99	2391.43	2165.41
		46	-2153.45	-0.46	2.09	-6.99	475.61	191.24
56	7	38	95.79	9.57	-9.17	-0.10	455.53	509.86
		46	-86.69	9.27	-9.67	0.10	-533.16	-463.53
	8	38	-1135.11	1.86	-1.11	-6.33	-1129.29	-752.14
		46	1141.93	12.28	-13.02	6.33	-735.36	-879.51
	9	38	-1135.11	1.86	-1.11	-6.33	-1129.29	-752.14
		46	1141.93	12.28	-13.02	6.33	-735.36	-879.51
	10	38	-2065.45	-1.10	4.85	-8.61	-2510.38	-1444.11
		46	2072.28	15.23	-18.98	8.61	-1220.10	-1112.17
	11	38	-2065.45	-1.10	4.85	-8.61	-2510.38	-1444.11
		46	2072.28	15.23	-18.98	8.61	-1220.10	-1112.17

ALL UNITS ARE - KG CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
45	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.266	8
		16968.07 C	0.00	2300.95	0.00
46	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.380	10
		17456.04 C	0.00	31074.10	0.00
47	ST PIP E	PASS	AISC- H2-1	0.495	10
		25786.42 T	0.00	33376.40	0.00
48	ST PIP E	PASS	AISC- H1-1	0.381	10
		17383.31 C	0.00	31705.30	0.00
49	ST L30 305	PASS	AISC- H1-1	0.423	10
		139.39 C	-2802.83	-1915.76	288.76
50	ST L30 305	PASS	AISC- H2-1	0.177	10
		166.77 T	2247.83	1409.68	577.52
51	ST L30 305	PASS	AISC- H2-1	0.236	10
		173.31 T	3395.70	1555.25	0.00
52	ST L30 305	PASS	AISC- H2-1	0.343	7
		74.62 T	3486.86	3519.54	562.54
53	ST L30 305	PASS	AISC- H1-3	0.280	8
		129.52 C	1331.90	1360.18	0.00
54	ST L30 305	PASS	AISC- H1-3	0.309	8
		128.51 C	1551.88	1747.47	562.54



* 55	ST	L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.272	10
		2160.27	C	2391.43	2165.41	0.00
56	ST	L30 305	PASS	AISC- H2-1	0.195	10
		2065.45	T	-2510.38	-1444.11	0.00
57	ST	L30 305	PASS	AISC- H2-1	0.205	10
		2058.50	T	-3307.60	-1208.42	0.00
58	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	0.866	10
		2076.07	C	2827.91	425.52	0.00
59	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-3	0.223	10
		43.98	C	-3877.28	1304.22	313.07
60	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-3	0.229	10
		66.09	C	-3643.78	1460.33	305.15
61	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	0.869	10
		2081.46	C	834.74	917.92	305.15
62	ST	L30 305	PASS	AISC- H2-1	0.158	10
		2131.36	T	834.60	-666.61	279.72
63	ST	L30 305	PASS	AISC- H2-1	0.122	10
		2122.90	T	-2465.55	259.15	305.15
* 64	ST	L30 305	FAIL	AISC- H1-1	1.265	10
		2158.18	C	2872.93	2048.33	313.06
65	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-3	0.229	10
		50.88	C	-3751.60	1489.47	0.00
66	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-3	0.223	10
		58.81	C	-3769.11	1274.71	0.00
67	ST	L30 305	PASS	AISC- H1-1	0.418	10
		1027.08	C	-1317.36	386.41	0.00

STEEL TAKE-OFF

PROFILE	LENGTH (CM)	WEIGHT (KG)
ST PIP E	1801.69	601.118
ST L20 203	38405.10	1391.639
ST PIP E	3603.37	1135.062
ST PIP E	3603.37	887.877
ST PIP E	1801.69	415.894
ST PIP E	5405.06	724.932
ST PIP E	1801.69	147.252
ST PIP E	1801.69	140.920
ST L30 305	41688.59	3750.209
ST L25 253	35144.20	1607.387
PRISMATIC STEEL	0.00	0.000

TOTAL =		1081.746

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

342. FINISH

***** END OF THE STAAD.Pro RUN *****

**** DATE= FEB 1,2008 TIME= 19:25:11 ****



4.7.7. REVISIÓN DE LAS CONEXIONES CRÍTICAS.

A. REVISIÓN DE LA BRIDA.

Para la pieza numero 2 en el nodo 38 y el caso de carga 11 pagina 109 tenemos :

$$\begin{aligned} F_x &= 29164,3 \text{ kgs} \\ F_y &= -1555,3 \text{ kgs} & F_{vr} &= 1555,3 \text{ kgs.} \\ F_z &= 1,52 \text{ kgs} \end{aligned}$$

Tabla de tornillos

		Diam.(cm)	Area(cm ²)	
Cada brida esta compuesta de cinco tornillos de	Esfuerzos actuantes en la conexión.	3/4	3/8	0,71
			1/2	1,27
			5/8	1,99
			3/4	2,87
			7/8	3,87
		1	5,07	
A _{tom.} = 2,87 cm ²				
No. De tornillos.= 5 Pzas.				

Fuerzas actuantes en la conexión por tornillo.

$$\begin{aligned} F_{axial} &= 5832,86 \text{ kgs} \\ F_{cort.} &= 311,068 \text{ kgs} \end{aligned}$$

Esfuerzo en los tornillos:

$$\begin{aligned} F_t &= 2032,35 \text{ Kgs/cm}^2 \\ F_v &= 108,386 \text{ Kgs/cm}^2 \end{aligned}$$

Capacidad de carga de los tornillos. Para tornillos A-325.

$$\text{Capacidad de carga al corte} = 1230 \text{ Kgs/cm}^2$$

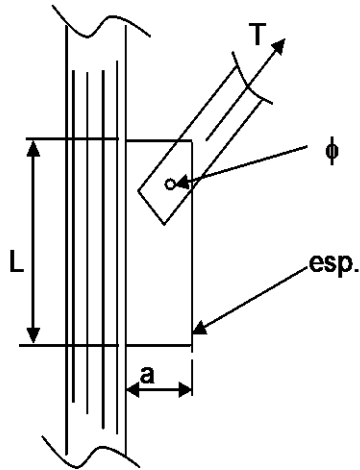
$$\text{Capacidad de carga a la tension} = 5980 - 1,8 f_v < 4780$$

$$f_v = 1230 \text{ Kgs/cm}^2 > 30.908 \text{ kgs/cm}^2 \text{ Pasa por Cortante.}$$

$$f_t = 4780 \text{ Kgs/cm}^2 > 1074.6 \text{ kgs/cm}^2 \text{ Pasa por tension.}$$



B. REVISIÓN DE TORNILLOS.



$$T = 2160,27 \text{ kgs.}$$

$$\phi = 5/8 \text{ cms.}$$

$$\text{esp.} = 0,6 \text{ cms.}$$

$$L = 23 \text{ cms.}$$

$$a = 10 \text{ cms.}$$

$$F_y = 2530 \text{ kgs/cm}^2$$

Se revisa el tornillo mas critico.

De la corrida de Stadd pro, en el miembro numero 55 y el nodo 39 del caso de carga 11 Pag. 20 se encuentra la fuerza mayor a cortante en los tornillos de los contraventeos..

$$f_v = 2160 \text{ Kg.}$$

En cada union se encuentran 1 tornillos de $d = 5/8$

Se marca en las normas de telcel que los tornillos deben de ser de alta resistencia A-325.

Del manual IMCA, se tiene que los tornillos de acero A-325, tienen una resistencia a la cortante de:

$$F_v = 1290 \text{ Kg/cm}^2$$

Cada tornillo cuando las roscas estan fuera de su plano de corte tiene un area de:

$$A = 1,99 \text{ cm}^2$$

Tabla de tornillos

Diam.(cm) Area(cm²)

Por lo que cada una de las conexiones sopo	3/8	0,71
	1/2	1,27
F _v = 2567,1 Kg.	5/8	1,99
	3/4	2,87
F _v > f _v por lo que el tornillo es adecuad	7/8	3,87
	1	5,07



C. REVISIÓN DE LA PLACA POR APLASTAMIENTO.

$$F_p = 1.35 * F_y \quad F_p = 3415,5 \text{ fgs/cm}^2$$

$$P_{ap} = F_p * \phi * a \quad P_{ap} = 54221,06 \text{ kgs}$$

$$F_{v \text{ tor}} = 2567,10 \text{ kgs.}$$

Como $P_{ap} > F_{v \text{ tor}}$. La placa es aceptable por aplastamiento

D. REVISIÓN DE LA SOLDADURA

$$L_w = 46 \text{ cms.}$$

Si revisamos con soldadura E-7010v sabemos que se tiene un esfuerzo al cortante de:

$$F_{vt} = 894 \text{ kgs/cm}^2$$

por lo que la resistencia de la soldadura sera de:

$$F_{vr} = F_{vt} * e * L_w$$

$$e = 0,5 \text{ cms}$$

$$F_{vr} = 20562 \text{ kgs} > \text{ que } 2160,27 \text{ kgs.}$$

La capacidad de carga de la soldadura es mayor que la fuerza actuante.

4.8. REVISIÓN DE TORQUES Y RESISTIBILIDAD.

4.8.1 TORQUES

Para tener un mejor conocimiento del estado estructural actual de la torre se le realiza una prueba de torque en la tornillería principal y secundaria al 15 % de la torre, qué es lo requerido por las normas telcel. Consta en verificar la fuerza de apriete de cada tornillo. La fuerza ala cual deberán estar es de 70 libras/pie de torque.



Esta prueba se realiza con un torquimetro de aguja marca CRAFTSMAN Mod. 4448 de 90 libras/pie de torque.

Las lecturas obtenidas son las siguientes:

TABLA DE TORQUES

ALTURA DE TORRE : 66,00 m

TRAMO	PIERNA	BRIDAS	PLACAS PRINCIPALES	PLACAS SECUNDARIAS	TORQUE REQUERIDO
		Lb/Ft	Lb/Ft	Lb/Ft	Lb/Ft
1	A	70,0	75,0	70,0	70,0
1	A		65,0	75,0	70,0
1	A		70,0	70,0	70,0
1	A		65,0	70,0	70,0
1	A		75,0	70,0	70,0
1	A		70,0	80,0	70,0
1	B	70,0	80,0	80,0	70,0
1	B		70,0	75,0	70,0
1	B		75,0	75,0	70,0
1	B		70,0	70,0	70,0
1	B		70,0	70,0	70,0
1	B		75,0	80,0	70,0
1	C	70,0	85,0	75,0	70,0
1	C		80,0	75,0	70,0
1	C		85,0	80,0	70,0
1	C		70,0	70,0	70,0
1	C		70,0	70,0	70,0
1	C		65,0	75,0	70,0



Prueba de torques: se obtiene la lectura de torques al menos de el 15% de la tornillería total Según normas telcel.



4.8.2 RESISTIBILIDAD.

Del recorrido efectuado en el sitio se encontraron las siguientes anomalías:

- No se encuentra el cable del pararrayos.
- Las piernas de torre no se encuentran aterrizadas.
- Los postes de cama guía se encuentran sin aterrizar al anillo de tierras.
- Los electrodos se encuentran muy hundidos por lo que se dificulta las mediciones.
- Las carcasas de los aires acondicionados se encuentran sin ser aterrizadas.
- El contenedor no se encuentra aterrizado.
- Las jaulas de los reflectores no se encuentran aterrizadas.
- La puerta de entrada al sitio se encuentra sin aterrizar.
- No se encuentra la barra de feeders.

TABLA DE MEDICIONES

<i>Numero de Electrodo</i>	<i>Medidor 4 puntas (Megger)</i>	<i>Medidor Gancho</i>
1	0.15	0.10
2	Sin acceso	Sin acceso
3	0.24	0.21
4	Sin acceso	Sin acceso
5	0.34	0.25
6	0.26	0.24
7	Sin acceso	Sin acceso

<i>Pierna de torre aterrizada</i>	<i>Medidor 4 puntas (Megger)</i>	<i>Medidor Gancho</i>
1	SIN ATERRIZAR	SIN ATERRIZAR
2	SIN ATERRIZAR	SIN ATERRIZAR
3	SIN ATERRIZAR	SIN ATERRIZAR



<i>Numero de Electrodo</i>	Medidor 4 puntas (Megger)	<i>Medidor Gancho</i>
Pararrayos	No se encuentra	No se encuentra
<i>Barra de Tierras</i>	Medidor 4 puntas (Megger)	<i>Medidor Gancho</i>
C. A.	5.91	5.84
FEEDERS	NO SE ENCUESTRAN	NO SE ENCUESTRAN
C. D.	0.31	0.34
GSM	0.1	0.06



BARRA DE FEEDERS

No se encuentra la barra de tierras de los feeders
Por lo que se recomienda se coloque un anillo de tierras



PIERNAS DE TORRE

Las piernas de torre no se encuentran aterrizadas
Por lo que se recomienda se aterricen



CONCLUSIONES.

El crecimiento acelerado de las telecomunicaciones, especialmente, la telefonía celular, ha creado un creciente mercado, donde compañías tanto nacionales como extranjeras quieren ocupar un lugar relevante, si embargo, esta competencia no siempre resulta ser leal y pretenden apoderarse del mercado dejando fuera de reglamento la construcción de este tipo de instalaciones, por crearlas de poco riesgo, sin embargo, los daños ocasionados tanto por sismo, viento, y cualquier otro imprevisto, no solo repercuten en el daño y pérdida temporal de cobertura celular en alguna zona; como ya se vio, en el sismo de 1985, al desplomarse la antena autosoportada de retransmisión de las instalaciones de Televisa Chapultepec. Es ahí donde el ingeniero civil, deberá emplear los conocimientos obtenidos para asegurar un perfecto funcionamiento de este tipo de estructuras, por lo cual, al efectuar una revisión estructural los puntos en los que deberemos tener mas cuidado son:

- Revisión periódica de las cargas verticales por accesorios sobre las estructuras para evitar que debido a la necesidad de ampliar coberturas en el rubro de la telefonía celular se cargue indebidamente la estructura tanto de antenas tipo panel, tambor o cualquier otro tipo; y el peso de Feeders que estas conllevan, pues si bien, su peso no es determinante para la falla de una torre, las fuerzas de viento que se provocan en estas si puede llevar a un estado limite de falla.
- Revisar cuidadosamente y con equipo adecuado los grosores reales en los elementos metálicos (piernas), para evitar que el desgaste por corrosión no supere los porcentajes límites, debido a que estos elementos resultan prácticamente imposible de sustituirse o realizar en ellos trabajos correctivos encaminados a restituir su resistencia original.

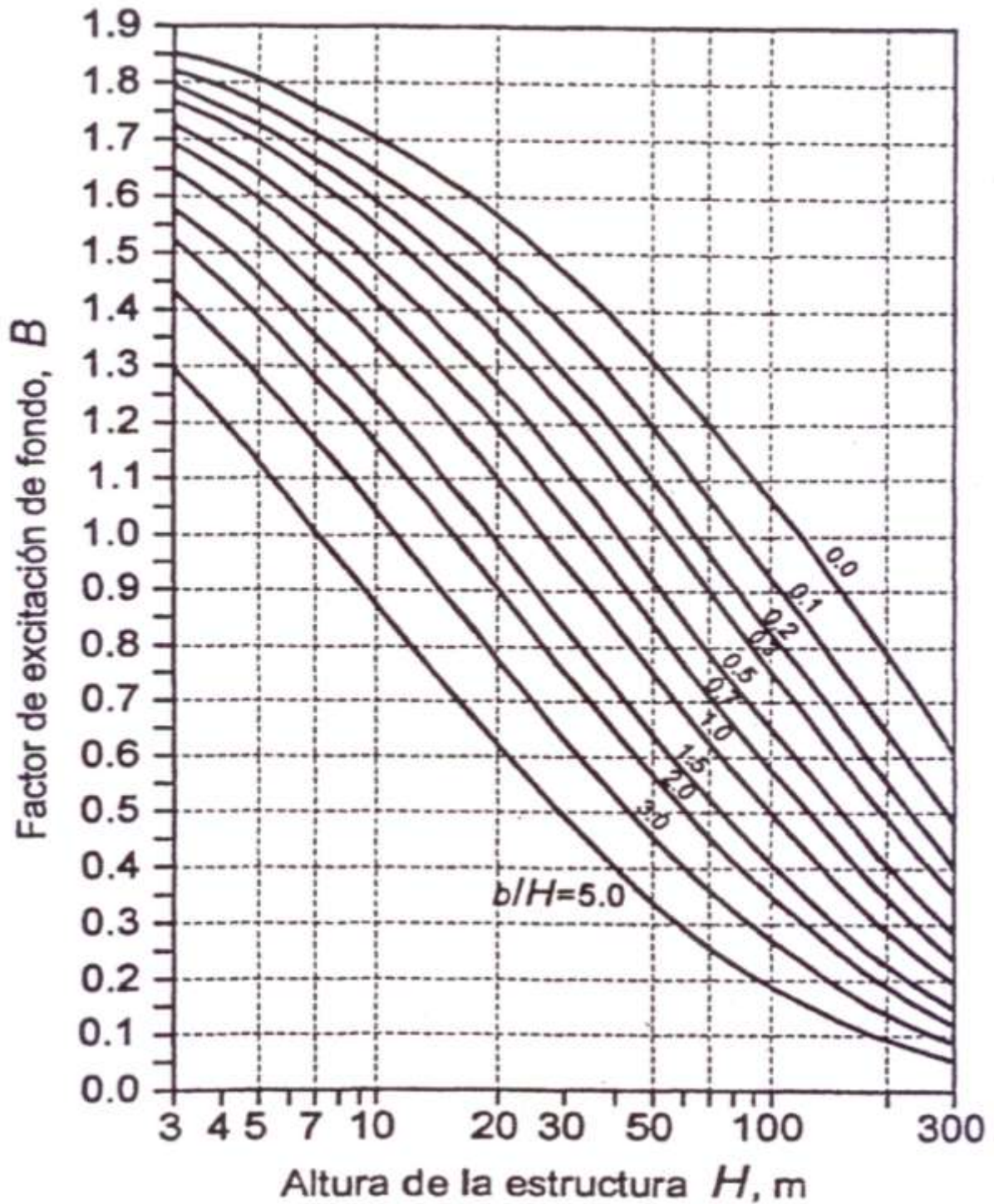


-
-
- Exigir a las compañías para las cuales prestemos servicio de mantenimiento nos proporcionen datos fidedignos sobre la construcción de la cimentación y elementos de anclaje, esto debido a que muchas veces al efectuar la revisión estructural suponemos ciertas condiciones y estas en realidad no se cumplen.
 - Realizar los trabajos de mantenimiento, tales como pintura estructural, aterrizajes en elementos principales y secundarios de la torre, luz de obstrucción, y sistema de tierras, con una frecuencia mayor, sobre todo, en zonas urbanas, donde por motivos de vandalismo son constantemente dañados.

Tomando en cuenta estas recomendaciones, el riesgo de falla en una antena de tipo autosoportada puede minimizarse, con lo cual nos evitaremos pérdidas económicas y lo que es más importante, no poner en riesgo la vida de ningún ser humano.

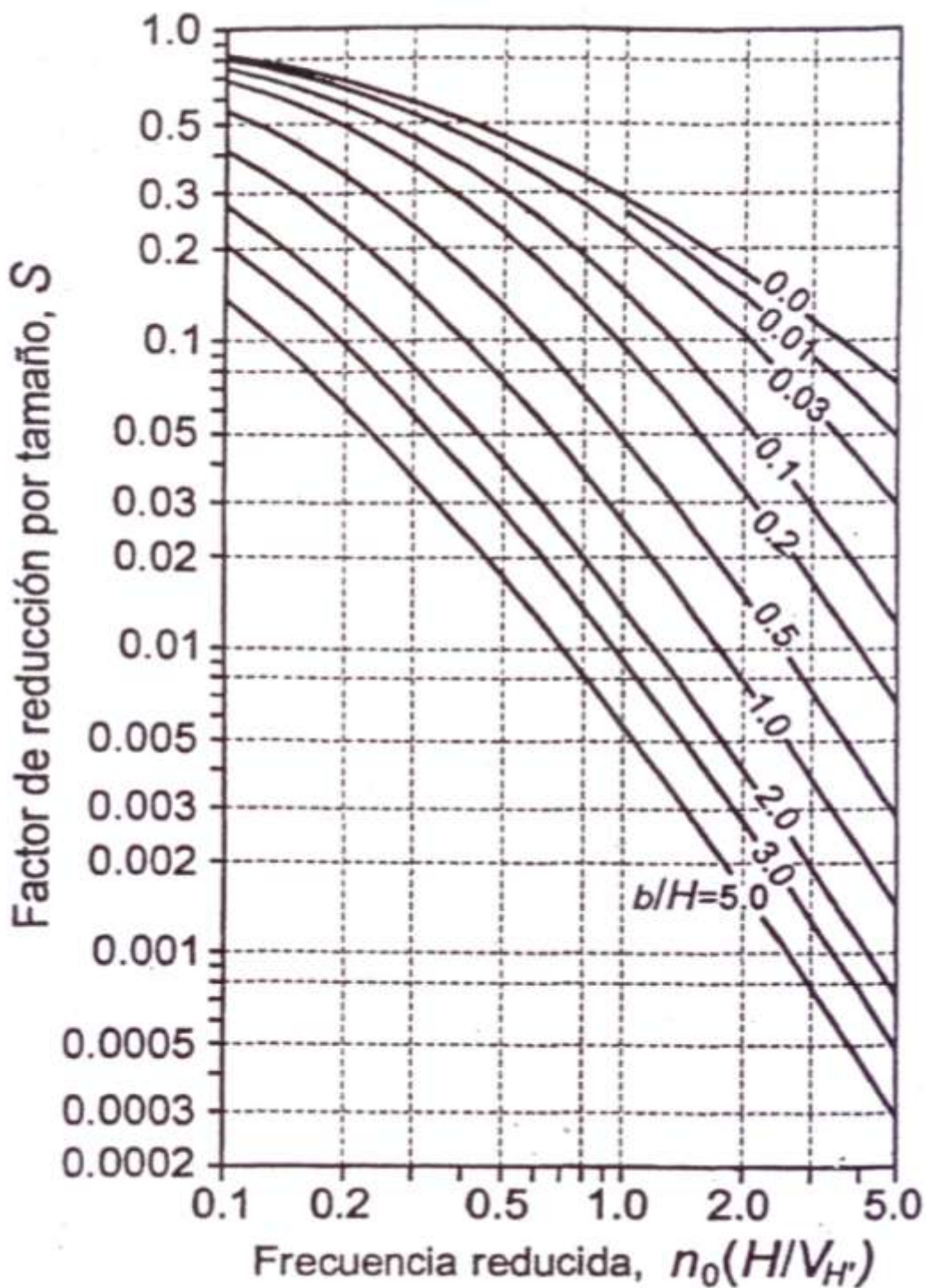
ANEXOS

Parámetro B para calcular el factor de respuesta dinámico.



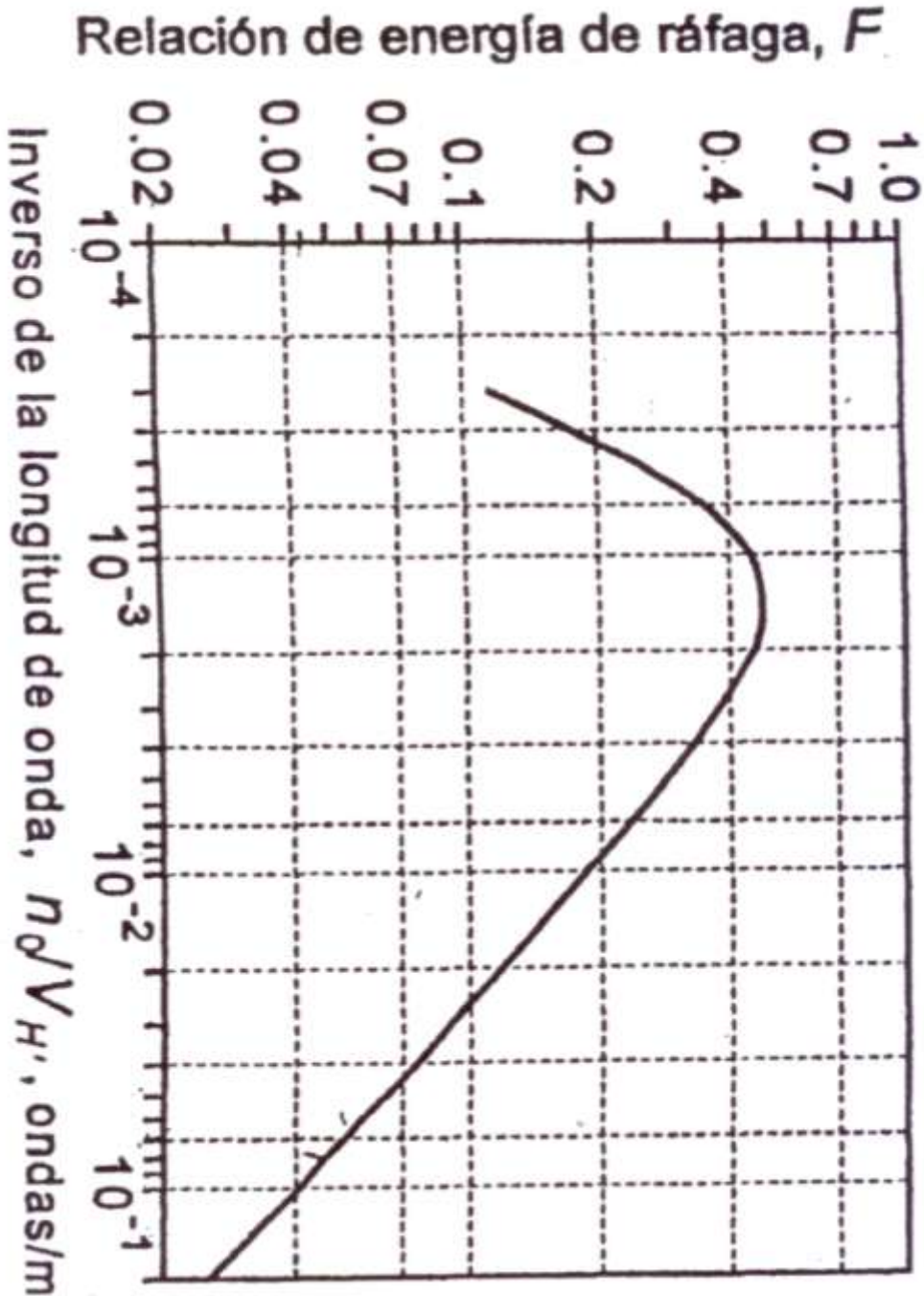
FUENTE: Manual de Diseño de Obras Civiles (diseño por viento) de la Comisión Federal de Electricidad, 1993.

Parámetro S para calcular el factor de respuesta dinámico.



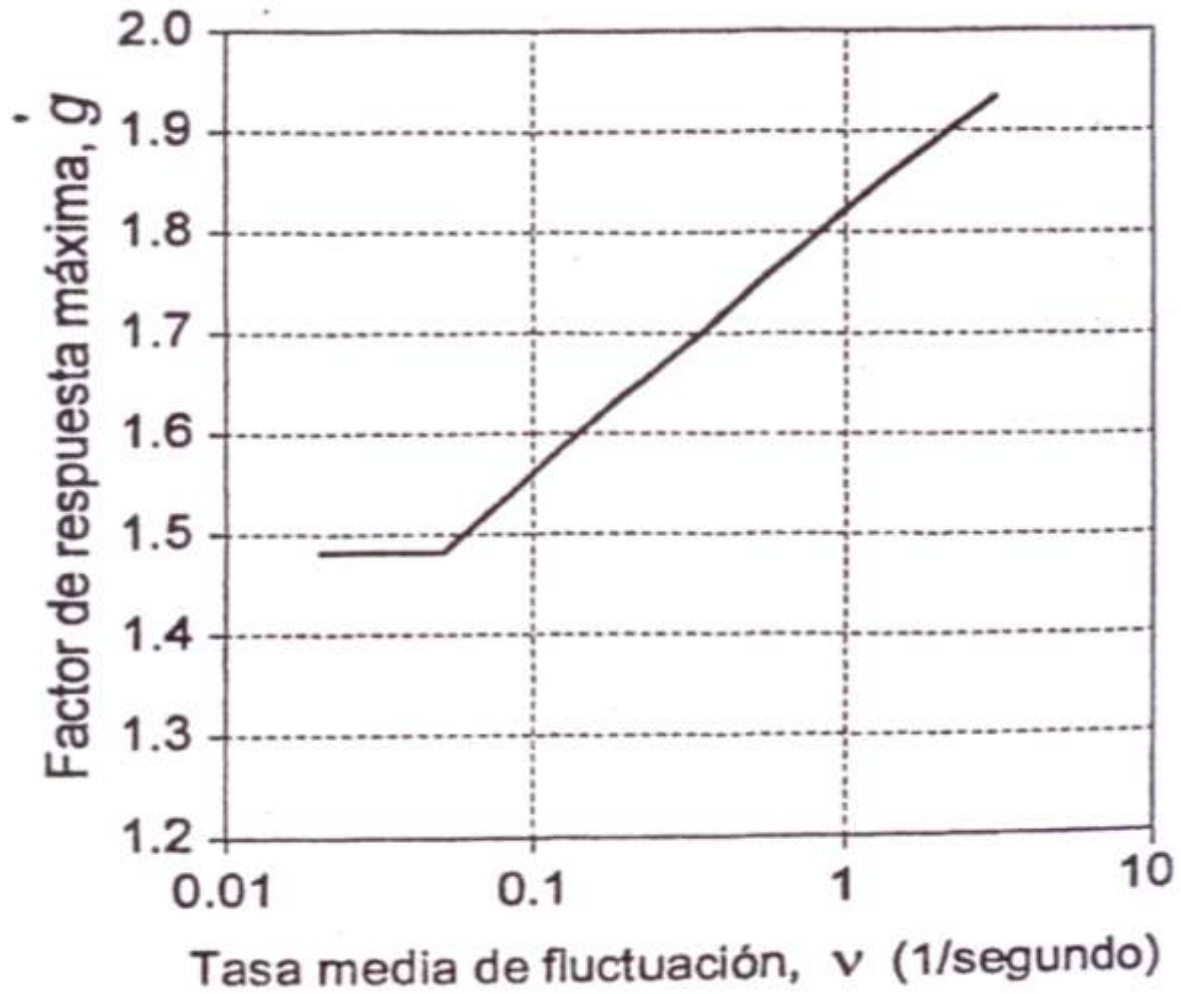
FUENTE: Manual de Diseño de Obras Civiles (diseño por viento) de la Comisión Federal de Electricidad, 1993.

Parámetro F para calcular el factor de respuesta dinámico.



FUENTE: Manual de Diseño de Obras Civiles (diseño por viento) de la Comisión Federal de Electricidad, 1993.

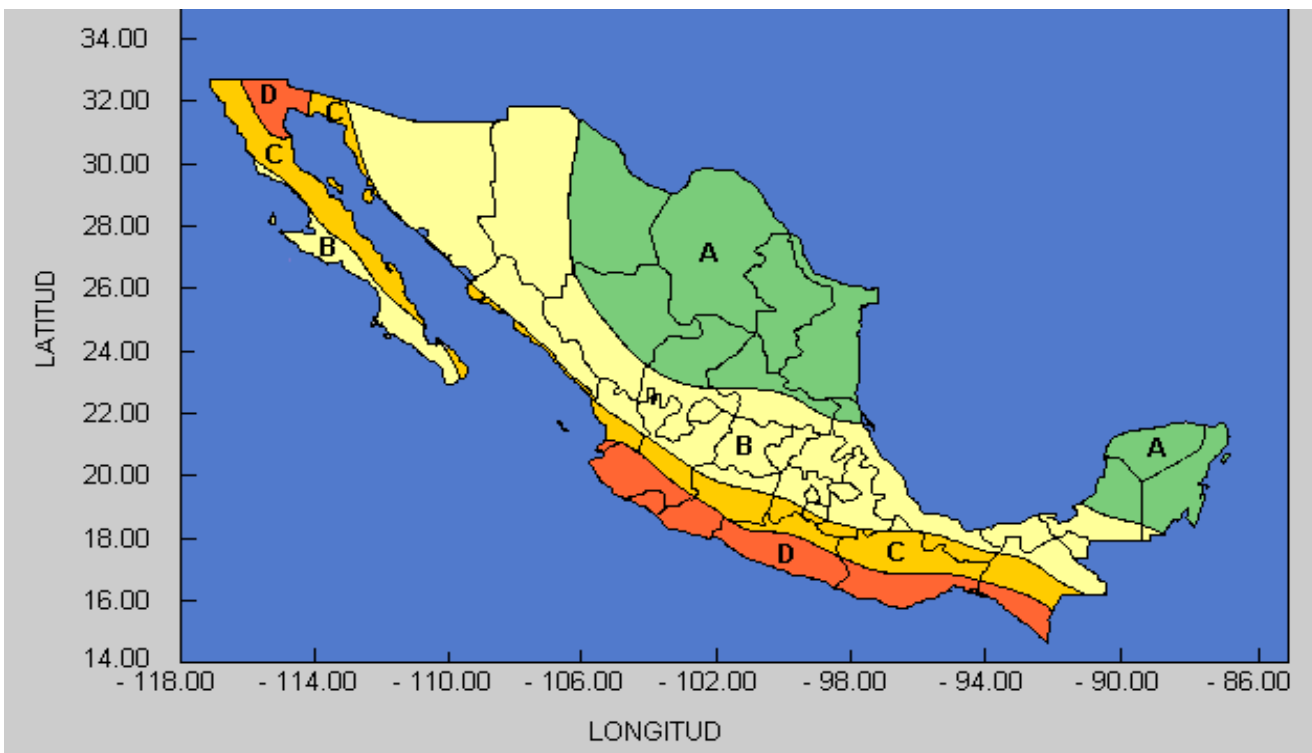
Parámetro g para calcular el factor de respuesta dinámico.



FUENTE: Manual de Diseño de Obras Civiles (diseño por viento) de la Comisión Federal de Electricidad, 1993.

MAPAS DE REGIONES SISMICAS

REGIONALIZACION SISMICA DE LA REPUBLICA MEXICANA.



FUENTE: Manual de Diseño de Obras Civiles (diseño por sismo) de la Comisión Federal de Electricidad, 1993

Nota:

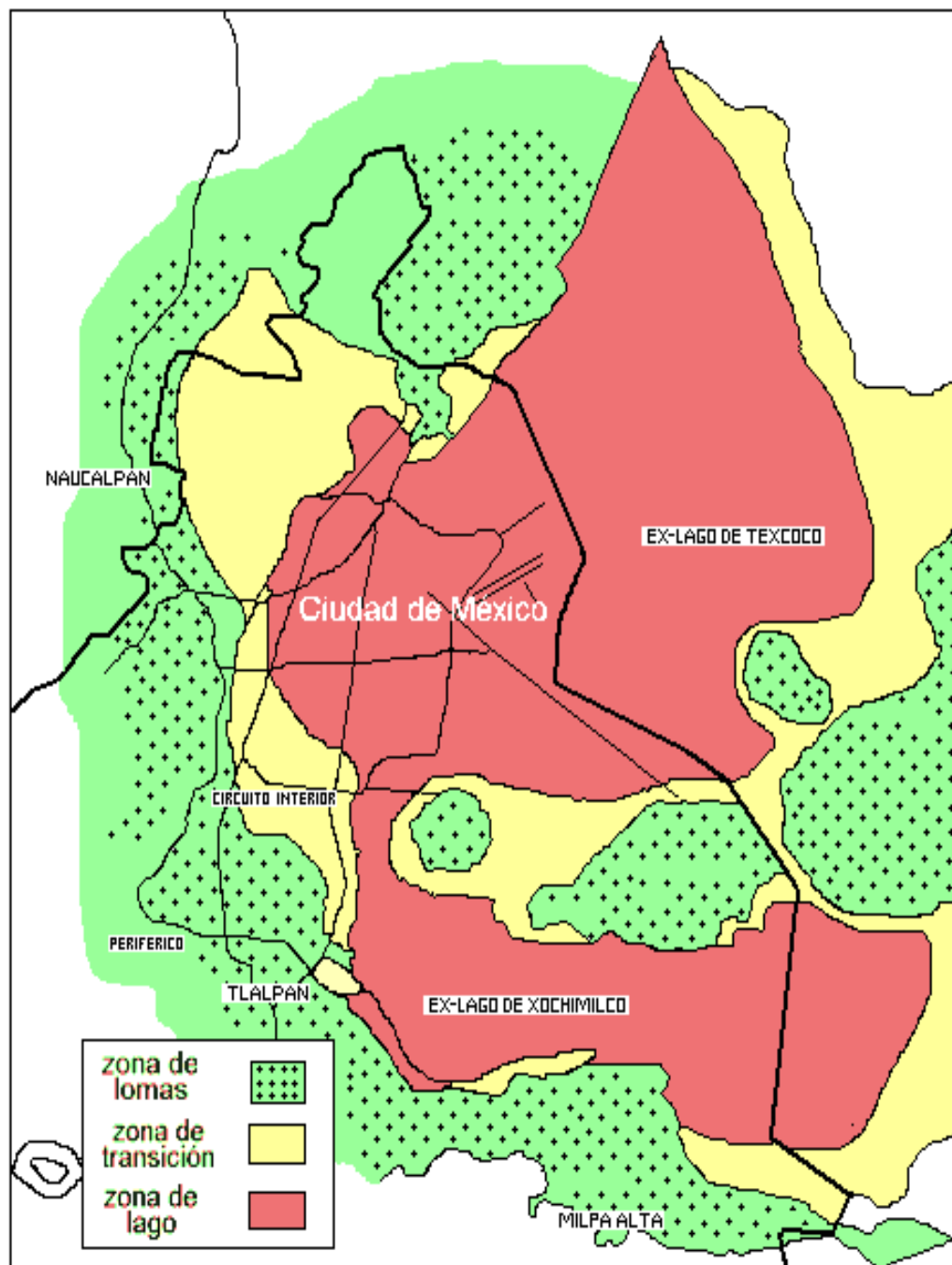
La Republica Mexicana se divide en tres tipos de suelo.

- I. Firme
- II. Intermedio
- III. Blando

Para la ciudad de México las zonas son:

- I. Lomas (Firme)
- II. Transición (Intermedio)
- III. Lago (blando)

REGIONALIZACION DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



FUENTE: Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, México, 200

VELOCIDADES REGIONALES DE LAS CIUDADES MÁS IMPORTANTES.

CIUDAD	NUM.	VELOCIDADES (Km/H)				
	OBS.	V ₁₀	V ₅₀	V ₁₀₀	V ₂₀₀	V ₂₀₀₀
Acapulco	12002	129	162	172	181	209
Aguascalientes	1001	118	141	151	160	189
Campeche	4003	98	132	146	159	195
Cd. Guzmán, Jal.	14030	101	120	126	132	155
*Cd. Juárez		116	144	152	158	171
Cd. Obregón, Son.	26020	147	169	177	186	211
Cd. Victoria	28165	135	170	184	197	235
Coatzacoalcos, Ver.	30027	117	130	137	145	180
Colima	6006	105	128	138	147	174
Colotlan, Jal.	14032	131	148	155	161	178
Comitan Chis.	7025	72	99	112	124	160
Cozumel	23005	14	158	173	185	213
*Cuernavaca	17726	93	108	114	120	139
Culiacan	25014	94	118	128	140	165
Chapingo	15021	91	110	118	126	150
Chetumal	23006	119	150	161	180	220
Chihuahua	8040	122	136	142	147	165
Chilpancingo	12033	109	120	127	131	144
Durango	10017	106	117	122	126	140
Ensenada	2025	100	148	170	190	247
Guadalajara	14065	146	164	170	176	192
Guanajuato	11024	127	140	144	148	158

CIUDAD	NUM. OBS.	VELOCIDADES (Km/H)				
		V ₁₀	V ₅₀	V ₁₀₀	V ₂₀₀	V ₂₀₀₀
*Guaymas	26039	130	160	174	190	237
Hermosillo	26040	122	151	164	179	228
Jalapa	30075	118	137	145	152	180
La Paz	3026	135	171	182	200	227
Lago de Moreno, Jal.	14083	118	130	135	141	157
*León	11025	127	140	144	148	157
Manzanillo	6018	110	158	177	195	240
Mazatlán	25062	145	213	225	240	277
Mérida	31019	122	156	174	186	214
*Mexicali		100	149	170	190	240
México D.F	9048	98	115	120	129	150
*Monclova	5019	123	145	151	159	184
Monterey	19052	123	143	151	158	182
Morelia	16080	79	92	97	102	114
Nvo Casas Grandes	8107	117	134	141	148	169
Oaxaca	20078	104	114	120	122	140
Orizaba	30120	126	153	163	172	198
Pachuca	13022	117	128	133	137	148
*Parral de Hidalgo		121	141	149	157	181
Piedras negras	5025	137	155	161	168	188
Progreso	31023	103	163	181	198	240
Puebla	21120	93	106	112	117	132
Puerto Cortes	3046	129	155	164	172	196

CIUDAD	NUM. OBS.	VELOCIDADES (Km/H)				
		V ₁₀	V ₅₀	V ₁₀₀	V ₂₀₀	V ₂₀₀₀
*Puerto Vallarta	14116	108	146	159	171	203
Querétaro	22013	103	118	124	131	147
Rio Verde. S.L.P.	24062	84	111	122	130	156
Salina Cruz	20100	109	126	135	146	182
Saltillo	5034	111	124	133	142	165
S.C. de las casas	7144	75	92	100	105	126
San Luis Potosí	24070	126	141	147	153	169
S. La marina, Tamps.	28092	130	167	185	204	252
Tampico	28110	129	160	177	193	238
Tamuín, SLP	24140	121	138	145	155	172
Tapachula	7164	90	111	121	132	167
Tepic	18039	84	102	108	115	134
Tlaxcala	29031	87	102	108	113	131
Toluca	15126	81	93	97	102	115
Torreón	5040	136	168	180	193	229
Tulancingo	13041	92	106	110	116	130
Tuxpan	30190	122	151	161	172	204
*Tuxtla Gutiérrez	7165	90	106	110	120	141
Valladolid	31036	100	163	180	198	240
Veracruz	30192	150	175	185	194	222
* Villahermosa	27083	114	127	132	138	151
Zacatecas	32031	110	122	127	131	143

FUENTE: Manual de Diseño de Obras Civiles (Diseño por viento) de la Comisión Federal de Electricidad, 1993

*En estas ciudades no existen o son escasos los registros de velocidades de viento, por lo que estas se obtuvieron de los mapas de isotacas.

UBICACIÓN, ALTITUD Y TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LAS CIUDADES MÁS IMPORTANTES.

CIUDAD	NUM. OBS.	LONG	LAT	ASNM (m)	TEMP. MEDIA ANUAL
Acapulco	12002	99.93	16.83	28	27.5
Aguascalientes	1001	102.30	102.30	1908	18.2
Campeche	4003	90.55	90.55	5	26.1
Cd. Guzmán, Jal.	14030	103.47	103.47	1507	21.5
Cd. Juárez		106.48	106.48	1144	17.1
Cd. Obregón, Son.	26020	109.92	109.92	100	26.
Cd. Victoria	28165	98.77	98.77	380	24.1
Coatzacoalcos, Ver.	30027	94.42	94.42	14	26.0
Colima	6006	103.72	103.72	494	24.8
Colotlan, Jal.	14032	103.27	103.27	1589	21.4
Comitan Chis.	7025	92.13	92.13	1530	18.2
Cozumel	23005	86.95	86.95	10	25.5
Cuernavaca	17726	99.23	99.23	1560	20.9
Culiacan	25014	107.40	107.40	84	24.9
Chapingo	15021	98.85	98.85	2250	15.0
Chetumal	23006	88.30	88.30	3	26.0
Chihuahua	8040	106.08	106.08	1423	18.7
Chilpancingo	12033	99.50	99.50	1369	20.0
Durango	10017	104.67	104.67	1889	17.5
Ensenada	2025	116.53	116.53	13	16.7
Guadalajara	14065	103.38	103.38	1589	19.1
Guanajuato	11024	101.253	101.253	2050	17.9

CIUDAD	NUM. OBS.	LONG	LAT	ASNM (m)	TEMP. MEDIA ANUAL
Guaymas	26039	110.90	110.90	44	24.9
Hermosillo	26040	110.97	29.07	237	25.2
Jalapa	30075	96.92	19.52	1427	17.9
La Paz	3026	110.30	24.17	10	24.0
Lago de Moreno, Jal.	14083	101.92	21.35	1942	18.1
León	11025	101.07	21.12	1885	19.2
Manzanillo	6018	104.28	19.05	8	26.6
Mazatlán	25062	106.42	23.20	8	24.1
Mérida	31019	89.65	20.98	9	25.9
Mexicali		115.48	32.67	1	22.2
México D.F	9048	99.20	19.40	2240	23.4
Monclova	5019	101.42	26.88	591	21.6
Monterrey	19052	100.30	25.67	538	22.1
Morelia	16080	101.18	19.70	1941	17.6
Nvo Casas Grandes	8107	107.95	30.42	1550	17.6
Oaxaca	20078	96.72	17.07	1550	20.6
Orizaba	30120	97.10	18.85	1284	19.0
Pachuca	13022	98.73	20.13	2426	14.2
Parral de Hidalgo		105.67	26.93	1661	17.7
Piedras negras	5025	100.52	28.70	220	21.6
Progreso	31023	89.65	21.30	8	25.4
Puebla	21120	98.20	19.03	2150	17.3
Puerto Cortes	3046	111.87	24.43	5	21.4

CIUDAD	NUM. OBS.	LONG	LAT	ASNM (m)	TEMP. MEDIA ANUAL
Puerto Vallarta	14116	105.25	20.62	2	26.2
Querétaro	22013	100.40	20.58	1842	18.7
Rio Verde. S.L.P.	24062	100.00	21.93	987	20.9
Salina Cruz	20100	95.20	16.17	6	26.0
Saltillo	534	101.02	25.43	1609	17.7
S.C. de las casas	7244	92.63	16.73	2276	14.8
San Luis Potosí	24070	100.98	22.15	1877	17.9
S. La marina, Tamps.	28092	98.20	23.77	25	24.1
Tampico	28110	97.85	22.20	12	24.3
Tamuín, SLP	24140	98.77	22.00	140	24.7
Tapachula	7164	92.27	14.92	182	26.0
Tepic	18039	104.90	21.52	915	26.2
Tlaxcala	29031	98.23	19.30	2252	16.2
Toluca	15126	99.67	19.28	2680	12.7
Torreón	5040	103.45	25.53	1013	20.5
Tulancingo	13041	98.37	20.10	2222	14.9
Tuxpan	30190	97.40	20.95	14	24.2
Tuxtla Gutiérrez	7165	93.12	16.75	528	24.7
Valladolid	31036	89.65	21.30	8	26.0
Veracruz	30192	96.13	19.20	16	25.2
Villahermosa	27083	92.92	17.98	10	26.8
Zacatecas	32031	102.57	22.78	2612	13.5

FUENTE: Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, 1993

COEFICIENTE DE ARRASTRE PARA ANTENAS MICROONDAS SIN REFLECTOR.

ANGULO DE INCIDENCIA DE VIENTO θ (GRADOS)	C_a	C_s	C_m
0	15.508	0.00	0.00
10	15.391	-0.469	-0.0254
20	1.5469	-0.0508	-0.0379
30	1.5547	-0.0313	-0.0422
40	1.5938	0.0078	-0.0535
50	1.6641	0.0898	-0.0691
60	1.6484	0.2422	-0.0871
70	1.3672	0.4570	-0.0078
80	0.7617	0.3789	0.1000
90	-0.0117	0.3438	0.1313
100	-0.4023	0.3828	0.1320
110	-0.4609	0.4141	0.1340
120	-0.4570	0.4570	0.1430
130	-0.4688	0.4688	0.1461
140	-0.5742	0.4453	0.1320
150	-0.7734	0.3906	0.1086
160	-0.8672	0.2930	0.0836
170	-0.9453	0.1445	0.0508
180	-1.0547	0.000	0.0000
190	-0.9453	-0.1445	-0.0508
200	-0.8672	-0.2930	-0.0836
210	-0.7734	-0.3906	0.1086
220	-0.5742	-0.4453	-0.1320
230	-0.4688	-0.4688	-0.1461
240	-0.4570	-0.4570	-0.1430
250	-0.4609	-0.4141	-0.1340
260	-0.4023	-0.3828	-0.1320
270	0.0117	-0.3438	-0.1313
280	0.7617	-0.3789	-0.1000
290	1.3672	0.4570	0.0078
300	1.6484	-0.2422	0.0871
310	1.6641	-0.0898	0.0691
320	1.5938	-0.0078	0.0535
330	1.5547	0.0313	0.0422
340	1.5469	0.0508	0.0379
350	1.5391	0.0469	0.0254

FUENTE: Normas TIA/EIA-222G, USA, 2006

COEFICIENTE DE ARRASTRE PARA ANTENAS MICROONDAS CON REFLECTOR.

ANGULO DE INCIDENCIA DE VIENTO θ (GRADOS)	C_a	C_s	C_m
0	0.8633	0.00	0.00
10	0.8594	0.1484	-0.0797
20	0.8203	0.2969	-0.1113
30	0.7617	0.4102	-0.1082
40	0.6641	0.4883	-0.0801
50	0.5469	0.5313	-0.0445
60	0.4180	0.5000	-0.0008
70	0.3125	0.4609	0.0508
80	0.2266	0.4375	0.1047
90	0.1328	0.4063	0.1523
100	0.0313	0.3906	0.1695
110	-0.0664	0.3711	0.1648
120	-0.1641	0.3477	0.1578
130	-0.2630	0.3203	0.1395
140	-0.4102	0.3047	0.0906
150	-0.5195	0.2734	0.0516
160	-0.6016	0.2266	0.0246
170	-0.6563	0.1484	0.0086
180	-0.6914	0.000	0.0000
190	-0.6563	-0.1484	-0.0086
200	-0.6016	-0.2266	-0.0246
210	-0.5195	-0.2734	-0.0516
220	-0.4102	-0.3047	-0.0906
230	-0.2930	-0.3203	-0.1395
240	-0.1641	-0.3477	-0.1578
250	-0.0664	-0.3711	-0.1648
260	0.0313	-0.3906	-0.1695
270	0.1328	-0.4063	-0.1523
280	0.2266	-0.4375	-0.1047
290	0.3125	-0.4609	-0.0508
300	0.4180	-0.5000	0.0008
310	0.5469	-0.5313	0.0445
320	0.6641	-0.4883	0.0801
330	0.7617	-0.4102	0.1082
340	0.8203	-0.2969	0.1113
350	0.8594	-0.1384	0.0797

FUENTE: Normas TIA/EIA-222G, USA, 2006

COEFICIENTE DE ARRASTRE PARA ANTENAS MICROONDAS TIPO TAMBOR.

ANGULO DE INCIDENCIA DE VIENTO θ (GRADOS)	C_a	C_s	C_m
0	1.2617	0.0000	0.0000
10	1.2617	0.0977	-0.0281
20	1.2500	0.1758	-0.0453
30	1.2109	0.2344	-0.0520
40	1.1563	0.2813	-0.488
50	1.0859	0.3047	-0.0324
60	0.9453	0.3672	-0.0086
70	0.6719	0.4766	0.0227
80	0.2734	0.5820	0.0695
90	-0.1094	0.6250	0.0980
100	-0.3438	0.6016	0.1125
110	-0.5391	0.5313	0.1141
120	-0.7109	0.4375	0.1039
130	-0.8594	0.3125	0.0926
140	-0.9336	0.2305	0.0777
150	-0.9570	0.1758	0.0617
160	-0.9727	0.1484	0.0438
170	-0.9961	0.0977	0.0230
180	-1.0156	0.00	0.000
190	-0.9961	-0.0977	-0.0230
200	0.9727	-0.1484	-0.0438
210	-0.9570	-0.1758	-0.0617
220	-0.9336	-0.2305	-0.0777
230	-0.8594	-0.3125	-0.0926
240	-0.7109	-0.4375	-0.1039
250	-0.5391	-0.5313	-0.1137
260	-0.3438	-0.6016	-0.1125
270	-0.1094	-0.6250	-0.0980
280	0.2734	-0.5820	-0.0695
290	0.6719	-0.4766	-0.0227
300	0.9453	-0.3672	-0.0086
310	1.0859	-0.3047	0.0324
320	1.1563	-0.2813	0.0488
330	1.2109	-0.2344	0.0520
340	1.2500	-0.1758	0.0453
350	1.2617	-0.0977	0.0281

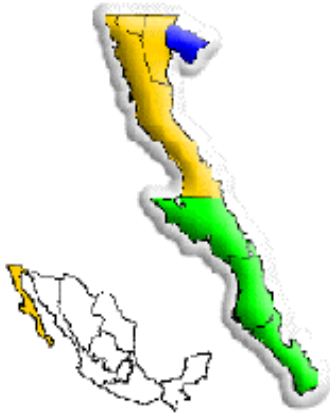
FUENTE: Normas TIA/EIA-222G, USA, 2006

COEFICIENTE DE ARRASTRE PARA ANTENAS MICROONDAS TIPO REGILLA.

ANGULO DE INCIDENCIA DE VIENTO θ (GRADOS)	C_a	C_s	C_m
0	0.5352	0.00	0.00
10	0.5234	0.1016	0.0168
20	0.5078	0.1797	0.0289
30	0.4609	0.2305	0.0383
40	0.4063	0.2617	0.0449
50	0.3438	0.2734	0.0496
60	0.2344	0.2813	0.0527
70	0.1289	0.2734	0.0555
80	0.0391	0.2500	0.0492
90	-0.0508	0.2422	0.0434
100	-0.1172	0.2734	0.0469
110	-0.1875	0.2852	0.0504
120	-0.2656	0.2773	0.0512
130	-0.3359	0.2617	0.0496
140	-0.4063	0.2344	0.0445
150	-0.4766	0.2031	0.0371
160	-0.5469	0.1563	0.0273
170	-0.5859	0.0859	0.0148
180	-0.5938	0.00	0.000
190	-0.5859	-0.0859	-0.0148
200	-0.5469	-0.1563	-0.0273
210	-0.4766	-0.2031	-0.0371
220	-0.4063	-0.2344	-0.0445
230	-0.3359	-0.2617	-0.0496
240	-0.2656	-0.2773	-0.0512
250	-0.1875	-0.2852	-0.0504
260	-0.1172	-0.5734	-0.0469
270	-0.0508	-0.2422	-0.0434
280	0.0391	-0.2500	-0.0492
290	0.1289	-0.2734	-0.0555
300	0.2344	-0.2813	-0.0527
310	0.3438	-0.2734	-0.0496
320	0.4063	-0.2617	-0.0449
330	0.4609	-0.2305	-0.0383
340	0.5078	-0.1797	-0.0289
350	0.5234	-0.1016	-0.0168

FUENTE: Normas TIA/EIA-222G, USA, 2006

REGION 1



• Esta región comprende las entidades federativas de:

 **Baja California**
Todos sus Municipios

 **Baja California Sur**
Todos sus Municipios

 **Sonora**
San Luis Colorado

REGION 2



• Esta región comprende las entidades federativas de:

 **Sinaloa**
Todos sus Municipios

 **Sonora**
Excepto el Municipio:
San Luis Colorado

REGION 3

• Esta región comprende las entidades federativas de:



 **Chihuahua**
Todos sus Municipios

 **Durango**
Todos sus Municipios

 **Coahuila**
Francisco I. Madero
Matamoros
San Pedro
Torreón
Viesca

REGION 4

• Esta región comprende las entidades federativas de:



 **Nuevo León**
Todos sus Municipios

 **Tamaulipas**
Todos sus Municipios

 **Coahuila**
Excepto los Municipios:
Francisco I. Madero
Matamoros
Torreón
San Pedro
Viesca

REGION 5

• Esta región comprende las entidades federativas de:

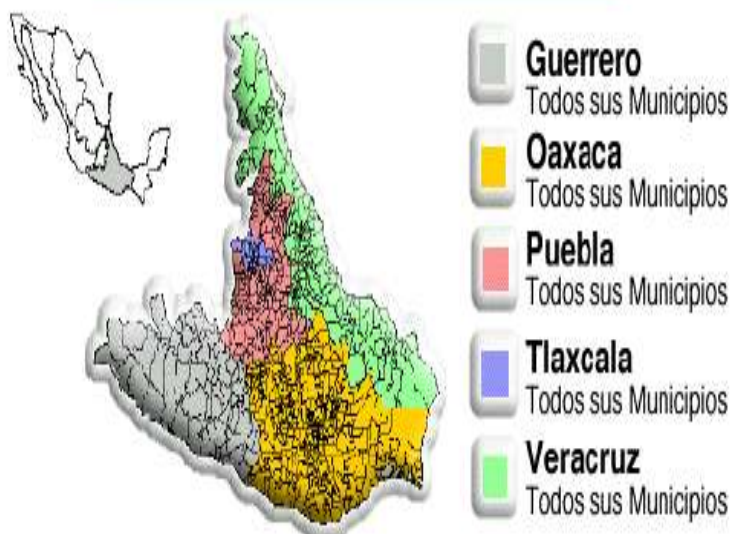


REGION 6

Esta región comprende las entidades federativas de:

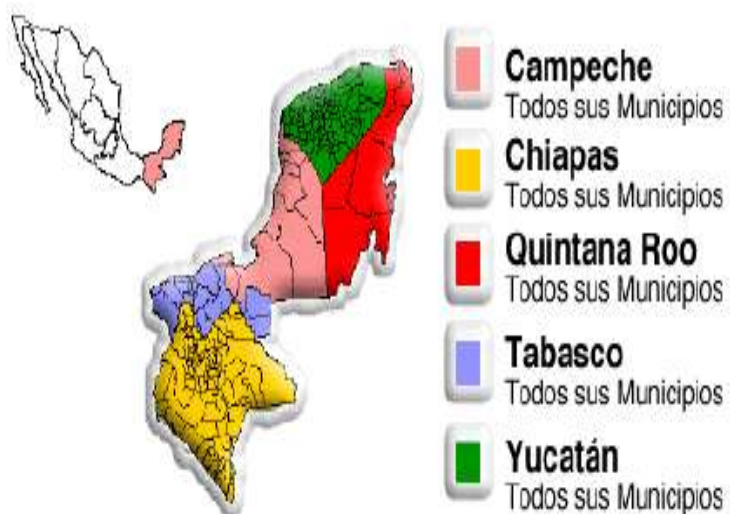


REGION 7



REGION 8

- Esta región comprende las entidades federativas de:



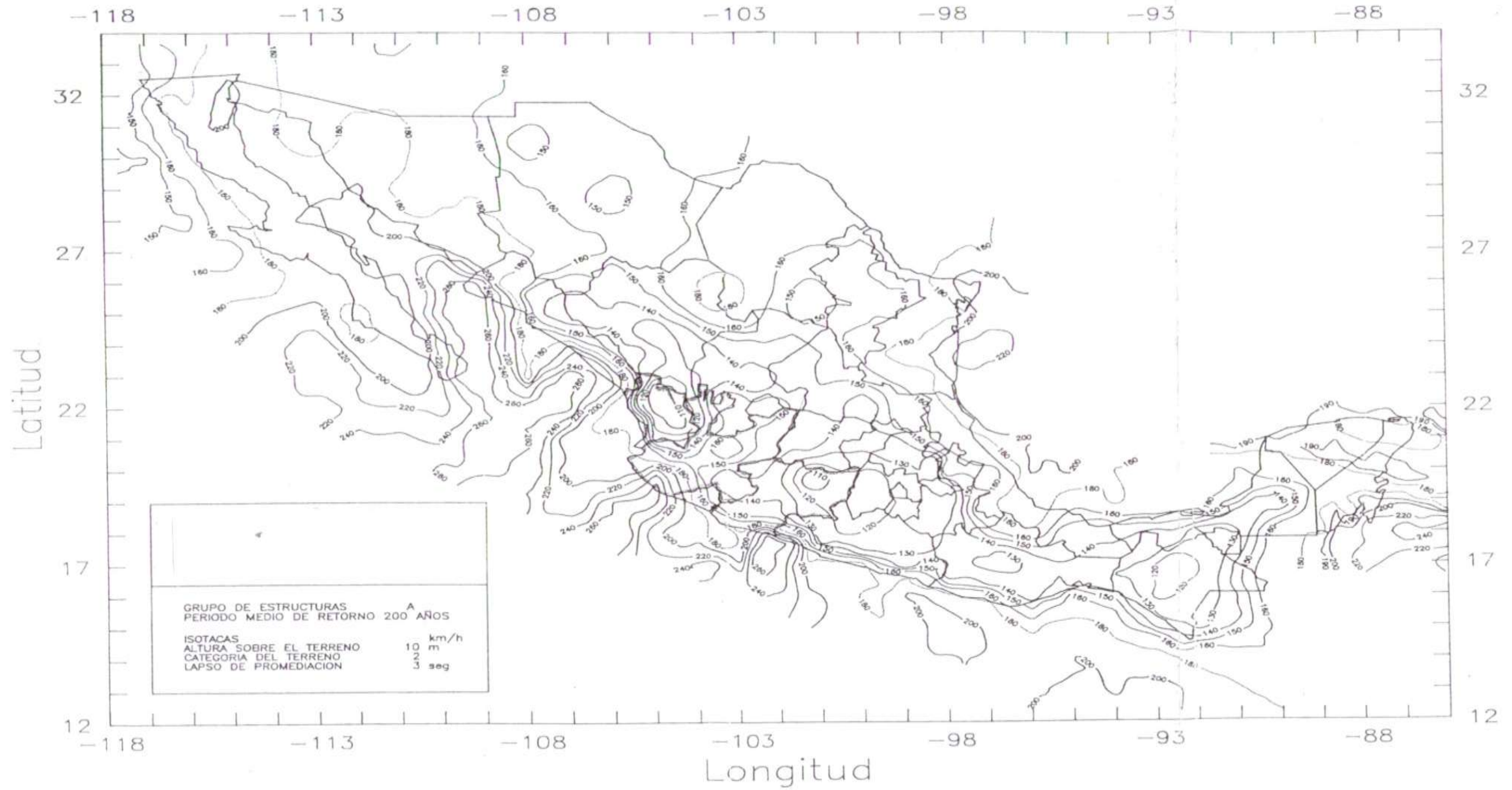
REGION 9



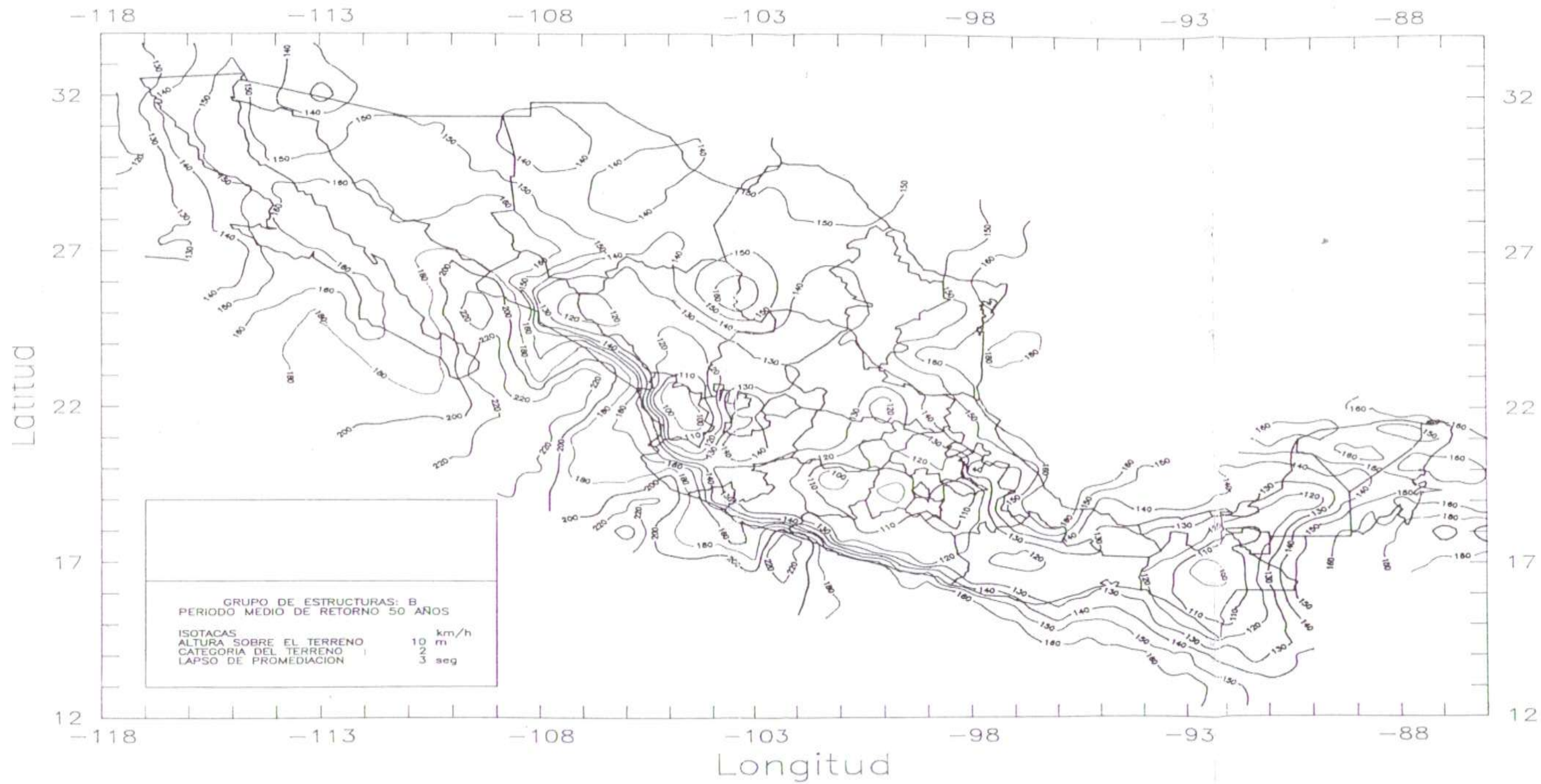
• Esta región comprende las entidades federativas de:

-  **Hidalgo**
Todos sus Municipios
-  **México**
Todos sus Municipios
-  **Morelos**
Todos sus Municipios
-  **Distrito Federal**
Todas sus Delegaciones

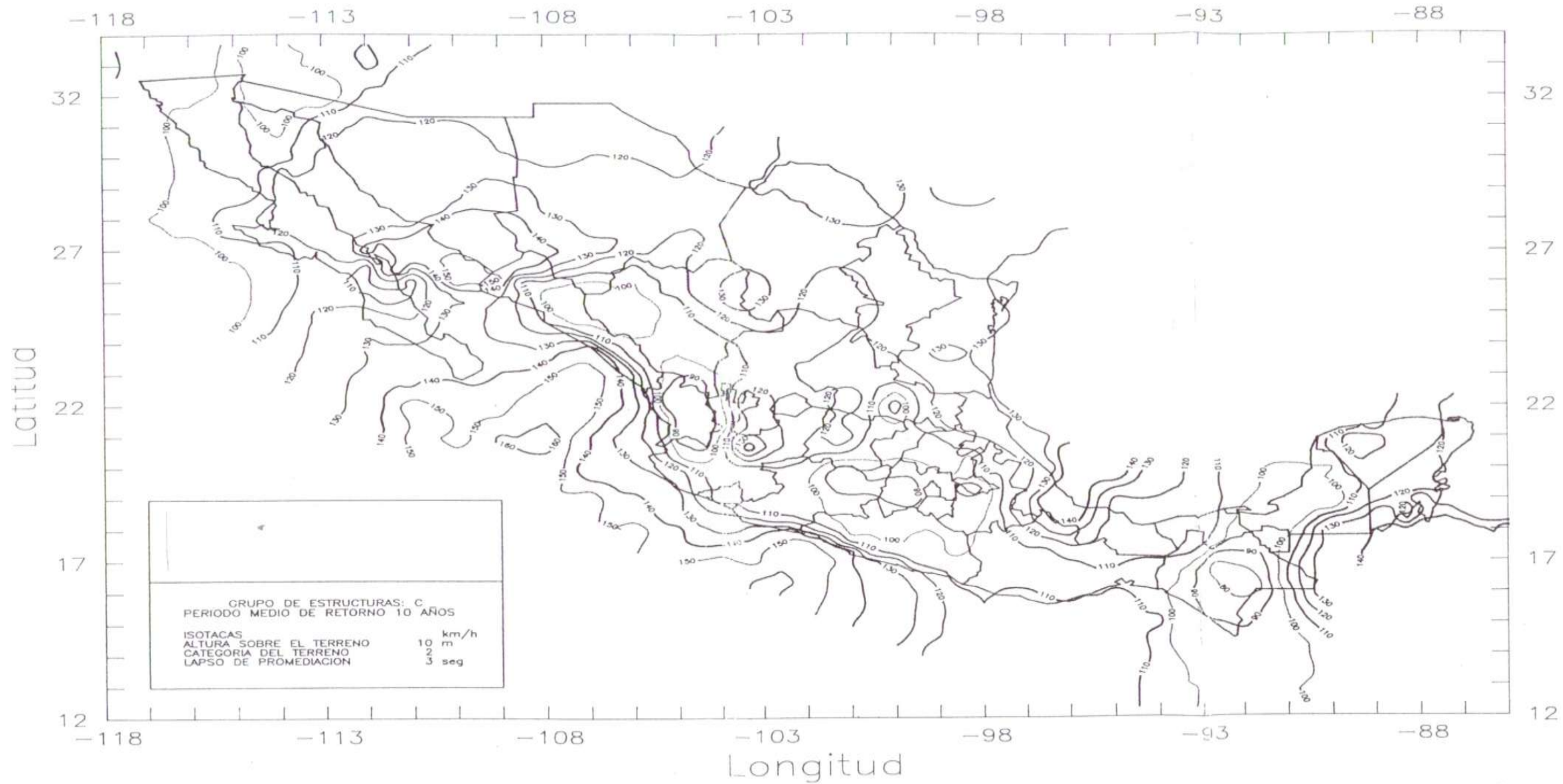
FUENTE:WWW.11_guadalupe_medina_et_al_telefo



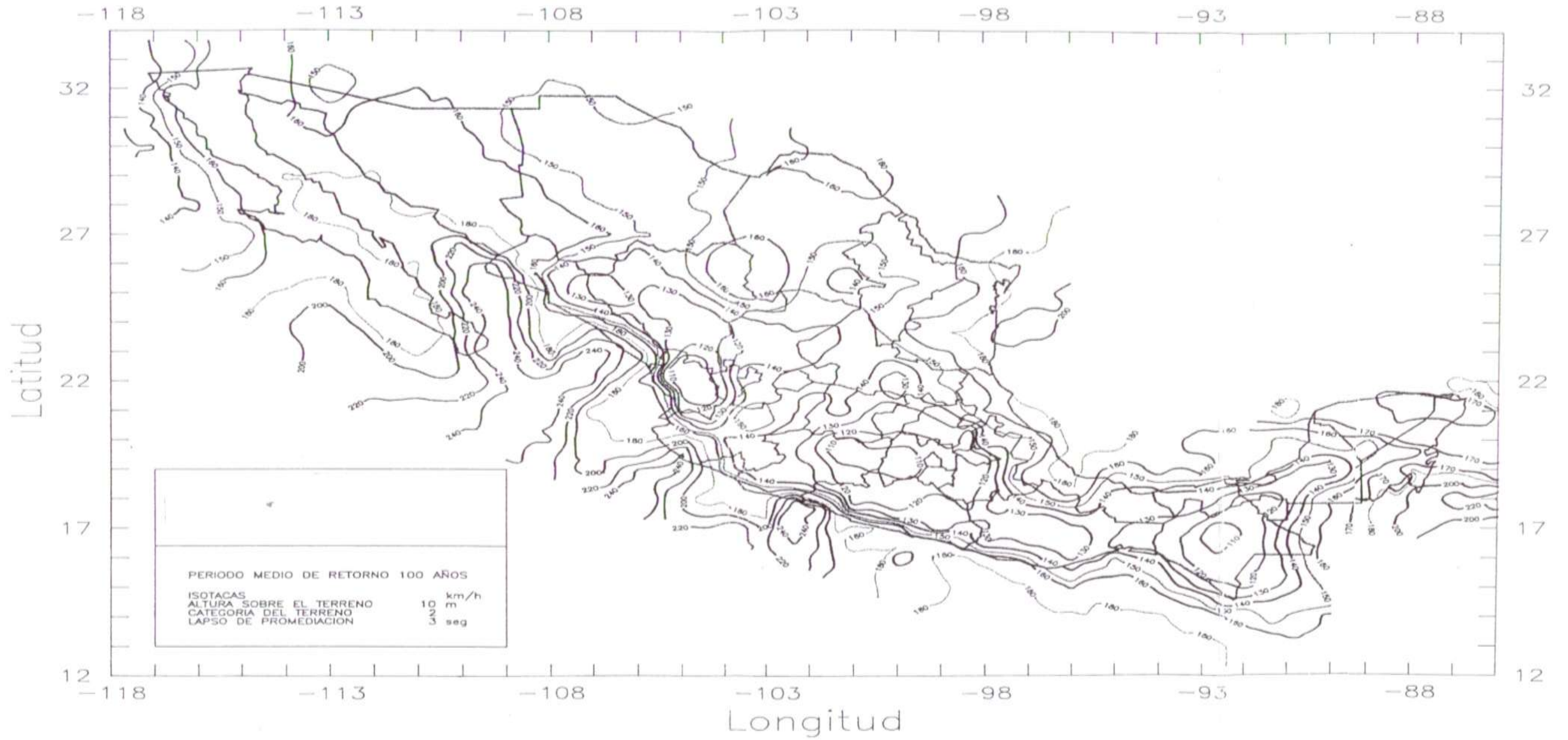
Mapa de isotacas para el grupo A y un periodo de retorno de 200 años (CFE)



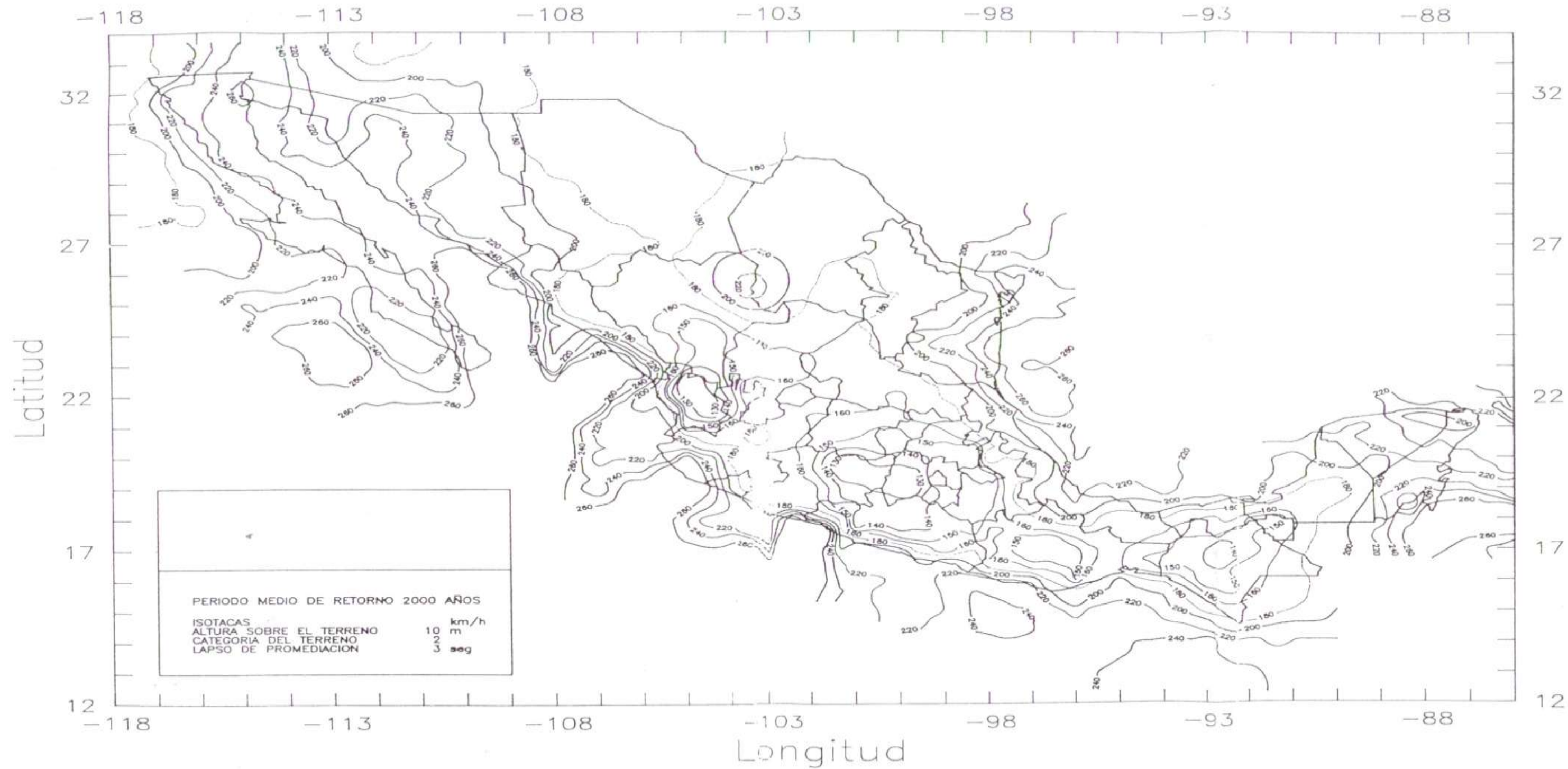
Mapa de isotacas para el grupo B y un periodo de retorno de 50 años (CFE)



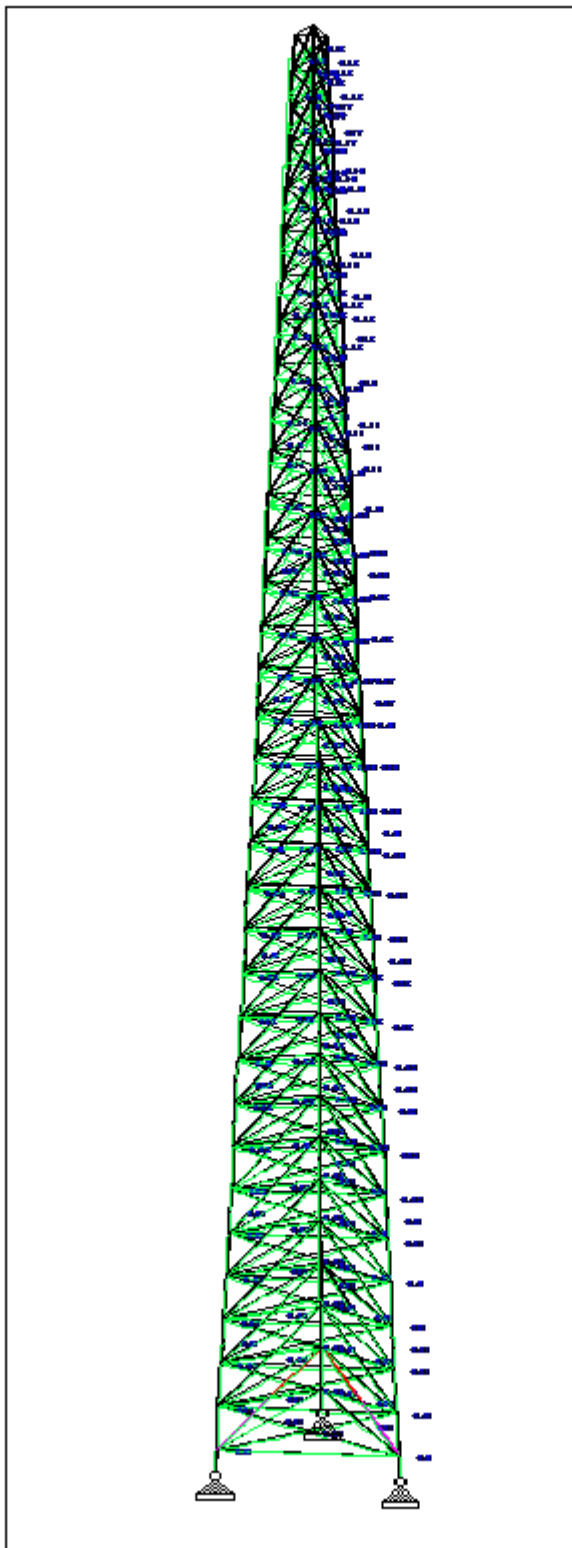
Mapa de isotacas para el grupo C y un periodo de retorno de 10 años



Mapa de isotacas para un periodo de retorno de 100 años



Mapa de isotacas para un periodo de retorno de 2000 años



EL DESPLAZAMIENTO PERMISIBLE SEGUN LAS NORMAS ACTUALES DE TELCEL ESTA DEFINIDO POR $H \times 10^{-4}$, DONDE "H" ES LA ALTURA DE LA TORRE, PARA ESTE CASO EN PARTICULAR EL DESPLAZAMIENTO MAXIMO ADMITIDO ES DE 91.42 CM.

COMO PODEMOS OBSERVAR SE PRESENTA UN DESPLAZAMIENTO MAXIMO EN LA ZONA ALTA DE LA ESTRUCTURA DE 10.80 CM. POR LO QUE ESTABA TRABAJANDO ADECUAMENTE

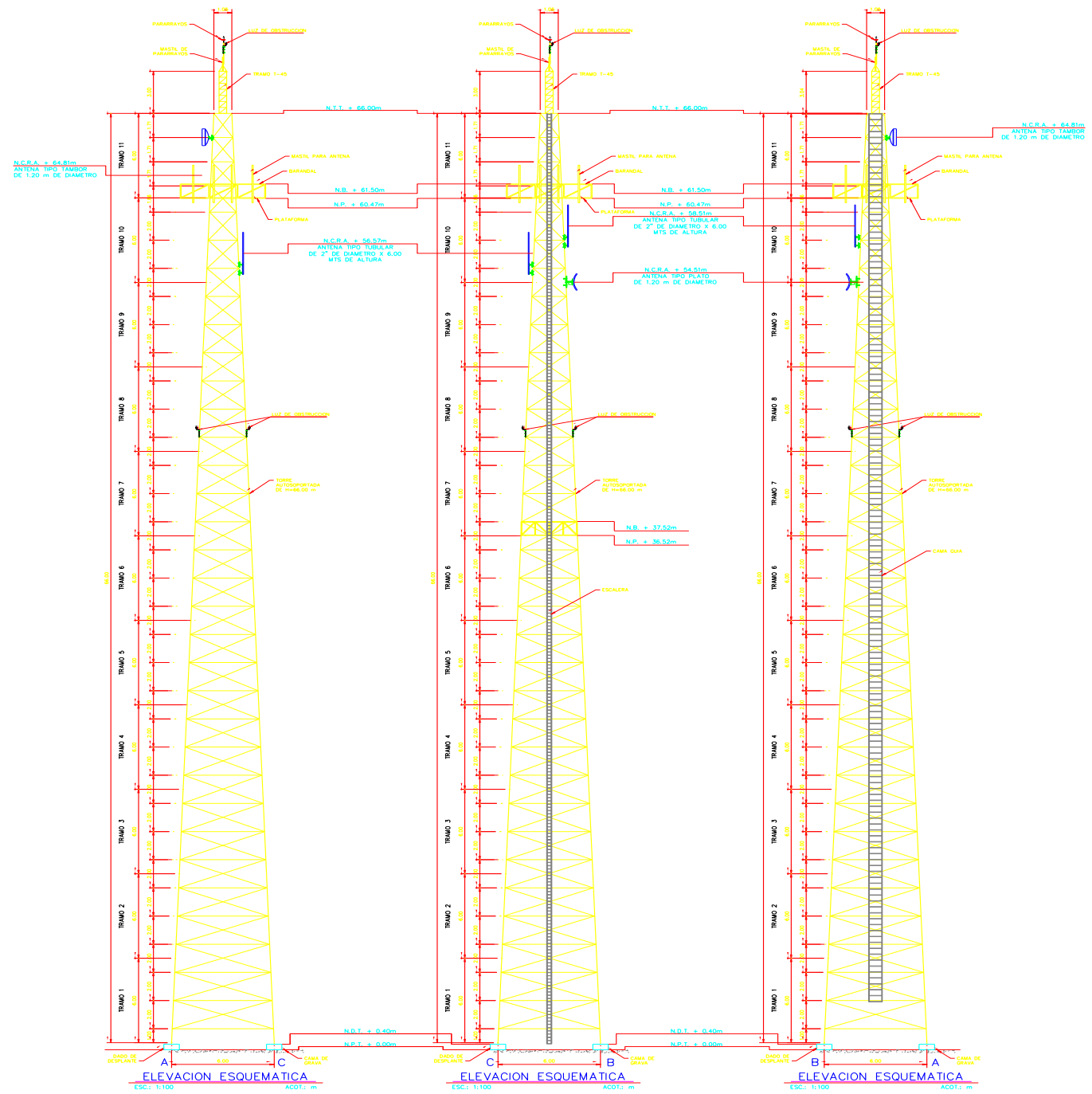
NOTAS GENERALES

- 1 - NIVELES EN METROS
- 2 - MATERIALES
 - ACERO ESTRUCTURAL A-36
 - TORNILLERIA A-325.
- 3 - PARRILLAS MONTADA EN MASTIL DE PARRILLAS Y LEGES DE OBTURACION MONTADA EN CUERPO DE LA TORRE

NOMENCLATURA

- N.B. NIVEL DE BARRANDA
- N.P. NIVEL PLATAFORMA
- N.C.A. NIVEL CENTRO RADIACION DE ANTENAS
- ESC.1 INDICA ESCALA
- ACOT. INDICA ACOTACION
- N.O.T. NIVEL DESPLANTE DE TORRE
- N.T.T. NIVEL TOPE DE TORRE
- N.P.1. NIVEL DE PISO TERMINADO
- N.T.C. NIVEL TOPE DE CONCRETO
- N.T.A. NIVEL TOPE DE ARRIOSTRE

MODIFICACIONES	FECHA	RADIO MOVIL CIPSA, S.A. DE C.V.	PROYECTO DE OPERACION Y SITIO
		PROYECTO: MAZATEPEC	DEPENDENCIA DE DIV. REG. 02
		UBICACION: [illegible]	C.M.C.
		PLANO: DESPLAZAMIENTOS	GR-02
		REALIZADO: [illegible]	REVISADO: [illegible]
		REVISADO: [illegible]	EDIFICADO: [illegible]
		REVISADO: [illegible]	EDIFICADO: [illegible]



NOTAS GENERALES

- 1.- NIVELES EN METROS.
- 2.- MATERIALES:
 - ACERO ESTRUCTURAL A-36.
 - TORNILLERIA A-325.
- 3.- PARARRAYOS Y LUZ DE OBSTRUCCION MONTADA EN MASTIL DE PARRARAYOS.

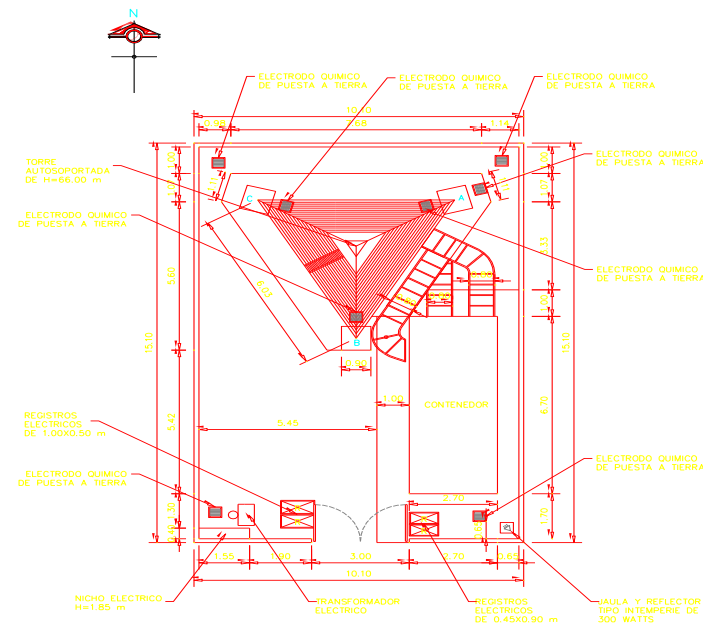
NOMENCLATURA

- N.B. NIVEL DE BARANDAL
- N.P. NIVEL PLATAFORMA
- N.C.R.A. NIVEL CENTRO RADIACION DE ANTENAS
- ESC.: INDICA ESCALA
- ACOT.: INDICA ACOTACION
- N.D.T. NIVEL DESPLANTE DE TORRE
- N.T.T. NIVEL TOPE DE TORRE
- N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO
- N.T.C. NIVEL TOPE DE CONCRETO
- N.T.A. NIVEL TOPE DE ARRIOSTRE

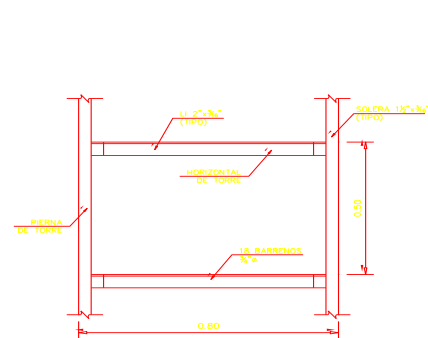
SIMBOLO	NUMERO	ANTENA	ALTURA INSTALADA	ORIENTACION
	1	ANTENA TIPO TAMBOR DE 1.20 m	64.81 m	120°
	1	ANTENA TIPO TUBULAR DE 2" X 3.00 m DE LARGO	58.51 m	210°
	1	ANTENA TIPO TUBULAR DE 2" X 3.00 m DE LARGO	56.57 m	9°
	1	ANTENA TIPO PLATO DE 1.20 m	54.51 m	165°

UBICACION DE ANTENAS EN CUERPO DE TORRE

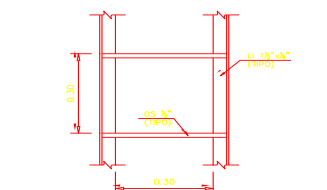
MODIFICACIONES	FECHA:	RADIO MOVIL DIPSA, S.A. DE C.V.	DIRECCION DE OPERACION Y MTO.
	PROYECTO:	MAZATEPEC.	GERENCIA DE OYM REG. 09
	UBICACION:	CRUCERO DENOMINADO MAZATEPEC TETECALA, MAZATEPEC, MORELOS.	CLAVE:
	PLANO:	ELEVACIONES DE TORRE Y TABLAS DE ANTENAS	E-01
	REALIZO:	PIC-FABIAN VAZQUEZ.	FECHA:
	REVISO:	ING-ANDRES CHAVEZ	01/FEB/08
			COTAS:
			IND.
			ESCALA:
			IND.
			DIBUJO:
			AROJ CARLOS.



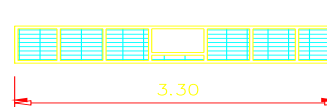
PLANTA DE RADIO BASE
ESC.: 1:100 ACOT.: m



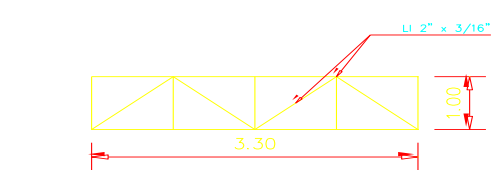
DETALLE DE ESCALERA DE ASCENSO
ESC.: 1:10 ACOT.: m



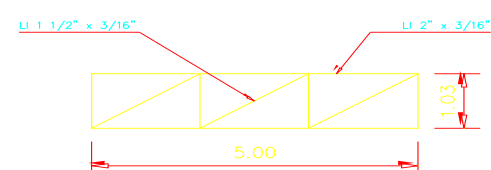
DETALLE DE CAMA GUIA
ESC.: 1:10 ACOT.: m



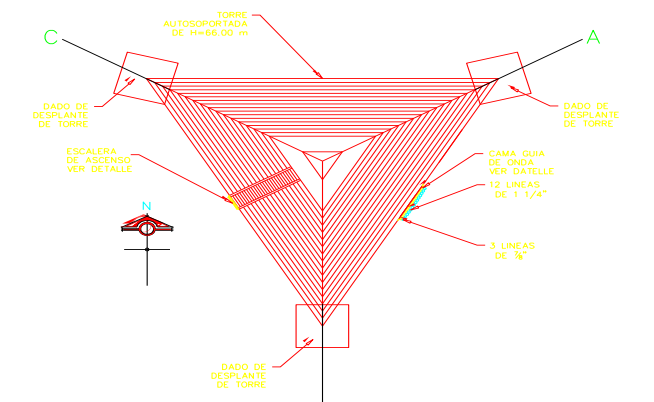
PLANTA PLATAFORMA 1
ESC.: 1:50 ACOT.: m



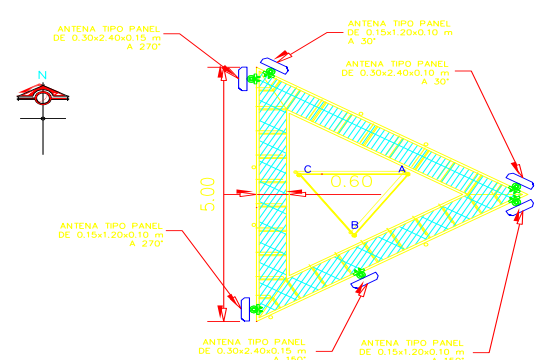
BARANDAL PLATAFORMA 1
ESC.: 1:50 ACOT.: m



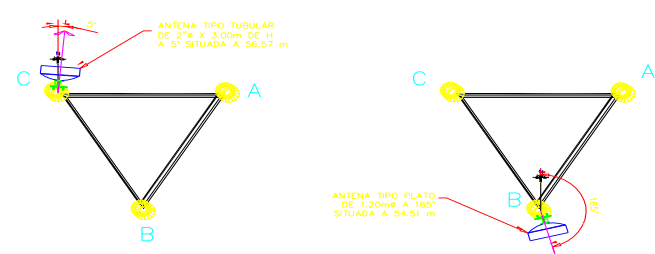
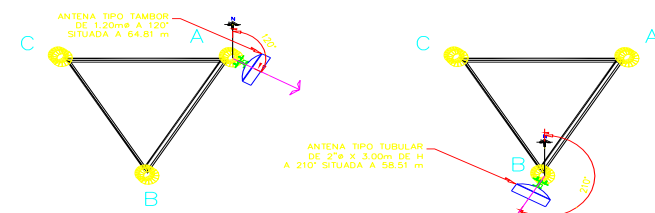
BARANDAL PLATAFORMA 2
ESC.: 1:50 ACOT.: m



UBICACION DE CAMA GUIA DE ONDA Y ESCALERA DE ASCENSO
ESC.: 5/E ACOT.: SIN



PLANTA PLATAFORMA 2
ESC.: 1:50 ACOT.: m



LOCALIZACION DE ANTENAS

TRAMO	PIERNAS	CELOSIA PRINCIPAL		TORNILLERIA PRINCIPAL	PLACA DE CONEXION	PLACAS DE BRIDAS	TORNILLERIA DE BRIDAS
		DIAGONAL	HORIZONTAL				
1	TUBO OC 6 " CED 80XE	LI 3"x 1/4"	LI 3"x 1/4"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
2	TUBO OC 6 " CED 80XE	LI 3"x 1/4"	LI 3"x 1/4"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
3	TUBO OC 6 " CED 80XE	LI 3"x 1/4"	LI 3"x 1/4"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
4	TUBO OC 5 " CED 80XE	LI 2 1/2"x 3/16"	LI 2 1/2"x 3/16"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
5	TUBO OC 5 " CED 80XE	LI 2 1/2"x 3/16"	LI 2 1/2"x 3/16"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
6	TUBO OC 5 " CED 80XE	LI 2 1/2"x 3/16"	LI 2 1/2"x 3/16"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
7	TUBO OC 4 " CED 40E	LI 2"x 3/16"	LI 2"x 3/16"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
8	TUBO OC 4 " CED 40E	LI 2"x 3/16"	LI 2"x 3/16"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
9	TUBO OC 4 " CED 40E	LI 2"x 3/16"	LI 2"x 3/16"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
10	TUBO OC 3 " CED 40E	LI 2"x 3/16"	LI 2"x 3/16"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"
11	TUBO OC 3 " CED 40E	LI 2"x 3/16"	LI 2"x 3/16"	1 TORN 5/8"	PL e=1/4"	PL e=3/4"	5 TORN ø 3/4"

TABLA DE ESPESORES
ESC.: 1:50 ACOT.: m

NOTAS GENERALES

- 1.- NIVELES EN METROS.
- 2.- MATERIALES:
- ACERO ESTRUCTURAL A-36.
- TORNILLERIA A-325.
- 3.- PARRAYOS Y LUZ DE OBSTRUCCION MONTADA EN MASTIL DE PARRAYOS.

NOMENCLATURA

- N.B. NIVEL DE BARANDAL
 N.P. NIVEL PLATAFORMA
 N.C.R.A. NIVEL CENTRO RADIACION DE ANTENAS
 ESC.: INDICA ESCALA
 ACOT.: INDICA ACOTACION
 N.D.T. NIVEL DESPLANTE DE TORRE
 N.T. NIVEL TOPE DE TORRE
 N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO
 N.T.C. NIVEL TOPE DE CONCRETO
 N.T.A. NIVEL TOPE DE ARRIOSTRE

MODIFICACIONES	FECHA:	RADIO MOVIL DIPSa, S.A. DE C.V.	DIRECCION DE OPERACION Y MITO.
		PROYECTO: MAZATEPEC	GERENCIA DE OYM REG. 09
		LUBICACION: CRUCERO DENOMINADO MAZATEPEC TETECALA, MAZATEPEC, MORELOS.	CLAVE:
		PLANO: PLANTA ARQUITECTONICA Y DETALLES DE ACCESORIOS	E-02
		REALIZO: PIC-FABIAN VAZQUEZ.	FECHA: 01/FEB/08
		REVISO: ING. ANDRES CHAVEZ.	COTAS: IND.
			ESCALA: IND.
			DIBUJO: ARQUJ CARLOS.

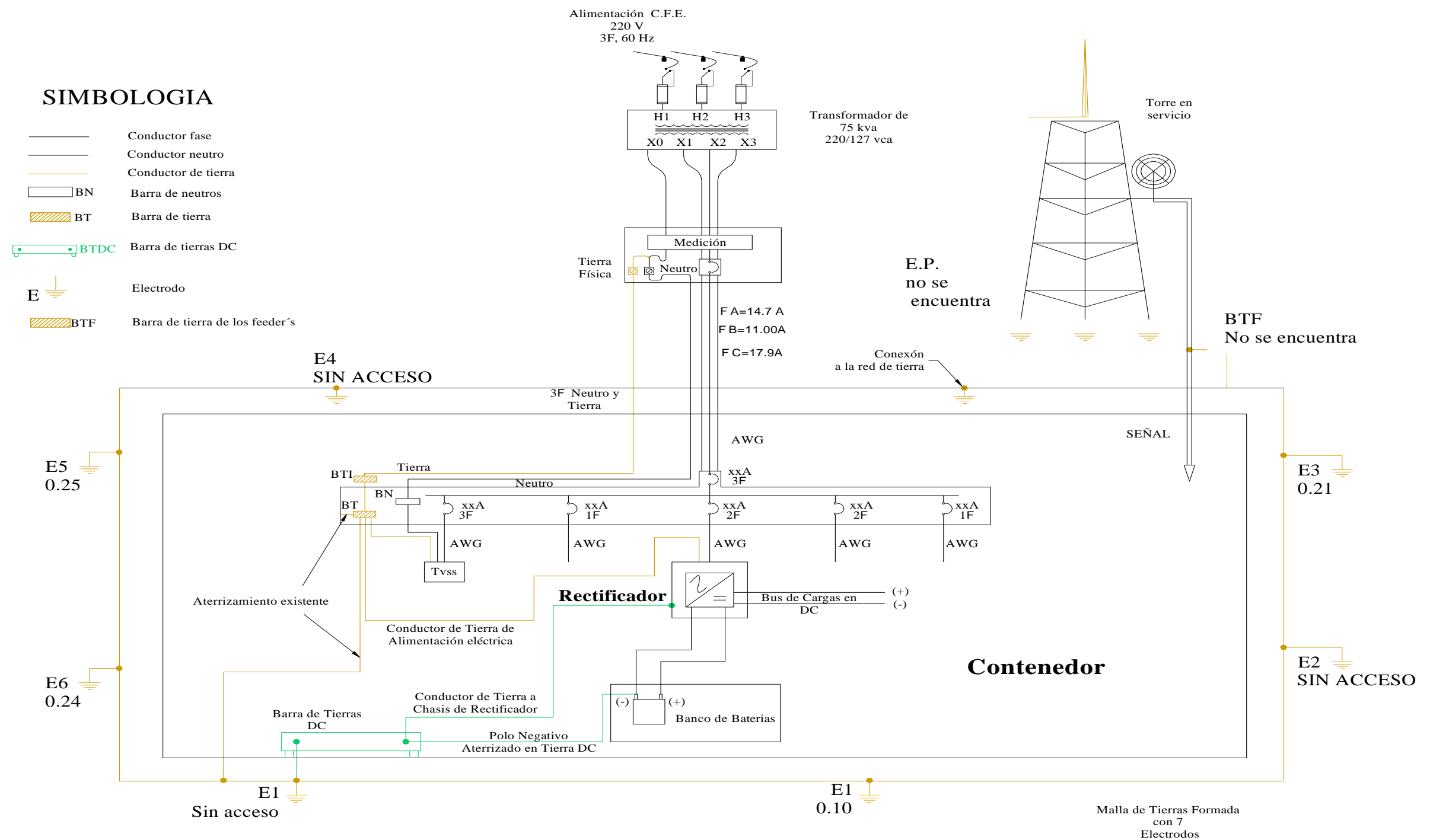


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE TIERRAS DEL SITIO "MAZATEPEC"

BIBLIOGRAFIAS.

ARNAL, Simón Luis, Bentancour, Suárez Max. *Reglamento de construcciones para el Distrito Federal*. Editorial Trillas. 5º edición, 1º reimpresión. México, 2006. 1292 pp.

AVILES, L. Javier, Aila R. Jorge, otros. *Manual de diseño de obras civiles, diseño por sismo*. Comisión Federal de Electricidad Instituto de Investigaciones Eléctricas. México, 1993.

CAUDANA, Quintana Humberto. *Apuntes de ingeniería sísmica (tesis)*. UNAM. México, 2004. 219 pp.

CRESPO, Pérez Wilfredo. *Acciones y cargas (diseño estructural)*. UNAM. México, 2005. 69 pp.

GONZALEZ, Soto Jesús Roberto. *Estudios de mecánica de suelos y propuestas de cimentación para una torre de telefonía celular (tesis)*. UNAM. México 2002. 144 pp.

Instituto Mexicano De la construcción en Acero AC. (IMCA). *Manual de construcción en Acero- Diseño por esfuerzos permisibles (DEP) Vol. 1*. Editorial Limusa. 3º edición, 5º reimpresión. México, 2001. 236 pp.

LOPEZ, L Alberto, Vilar R. Iván, otros. *Manual de diseño de obras civiles, diseño por viento*. Comisión Federal de Electricidad Instituto de Investigaciones Eléctricas. México, 1993.

Normas TELCEL. México, 1998

SERRANO, Cano Francisco Salome. *Cimentaciones y proceso constructivo de una torre de telefonía celular (Tesis)*.UNAM. México, 2002. 178 pp.

MESOGRAFIA

“ Mazatepec”. WWW.INEGI.com.mx. Enero, 2010

MEDINA, Guadalupe. “Telefonía Celular Digital.

WWW. 11_guadalupe_medina_et_al_telefonia.pdf. Febrero, 2010.

“Normas TIA”. WWW. ansi_tia_222G. Febrero, 2010