

CAPÍTULO 5

NORMAS Y CRITERIOS TELCEL PARA ANALISIS Y DISEÑO DE TORRES (NCTADT)

DOCUMENTOS A ENTREGAR

Para cada torre se deberá entregar una memoria de cálculo en **formato electrónico (CD)** que contendrá la siguiente información en el orden especificado.

1. Descripción del proyecto
2. Análisis de cargas
3. Análisis y diseño estructural de la torre
4. Diseño de conexiones
5. Diseño de cimentación
6. Firma de Perito, Director Responsable de Obra o Corresponsable en Seguridad Estructural, según aplique en la región correspondiente, que avale la memoria de cálculo para cada sitio Telcel.

Para la recepción de materiales en sitio, el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales deberá contar con toda la información anteriormente descrita ya que por ningún motivo se procederá a la instalación de la estructura.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como primer punto deberá presentar una breve descripción de la estructura, señalando sus características principales, así como consideraciones a tomar para su diseño.

2. ANÁLISIS DE CARGAS

2.1. Análisis de fuerzas gravitacionales

Carga Muerta.- Peso propio, antenas celulares, parábolas, feeders, cama guía de onda, escalera, plataforma triangular y/o descanso (si procede), tramo T-45.

Carga Viva.- Personal para su instalación; se considerarán 300kg (3 personas de 100kg cada una).

La carga muerta correspondiente al peso de las antenas se tomará directamente de la información proporcionada por el fabricante. En el anexo C se incluyen los tipos de antenas a considerar incluyendo su información técnica.

2.2. Análisis de fuerzas de viento

El procedimiento y criterio a seguir para la realización del diseño por viento será el estipulado en el Manual de Diseño por Viento emitido por la Comisión Federal de

Electricidad edición 1993 y las referencias citadas en el mismo. La velocidad regional a utilizar será la indicada en la Tabla Especial de Velocidades Telcel.

Las cargas de viento se calcularán por medio de un análisis dinámico. Se deberán incluir en la memoria de cálculo todos los parámetros considerados, así como la totalidad del procedimiento.

Tabla 1. TABLA ESPECIAL DE VELOCIDADES TELCEL		
ESTADO	VELOCIDAD REGIONAL, [km/h]	
	ZONA POBLADA	ZONA DESPOBLADA
YUCATÁN Y QUINTANA ROO	260	260
TABASCO Y CHIAPAS ^I	170	SEGÚN MANUAL C.F.E.
OAXACA ^{II}	240 ^a /260 ^b	200
TAMAULIPAS ^{III}	240	240
JALISCO, COLIMA, NAYARIT Y SINALOA ^{IV}	260	SEGÚN MANUAL C.F.E.
MICHOACÁN Y GUERRERO ^V	240	SEGÚN MANUAL C.F.E.
BAJA CALIFORNIA SUR ^{VI}	260	SEGÚN MANUAL C.F.E.
VERACRUZ ^{VII}	200	SEGÚN MANUAL C.F.E.
LOS DEMÁS ESTADOS	SEGÚN MANUAL C.F.E.	SEGÚN MANUAL C.F.E.

(I) Franja de 10Km costa adentro.

(II a) Franja en toda la zona de la Ventosa en un ancho de 40Km incluyendo Veracruz.

(II b) Franja de 15Km costa adentro.

(III) Franja de 50Km (zona Tampico, Matamoros y noreste de Veracruz) y de 20Km (el resto de Tamaulipas).

(IV) Franja de 20Km (Jalisco y Sinaloa) y de 10Km (Colima y Nayarit).

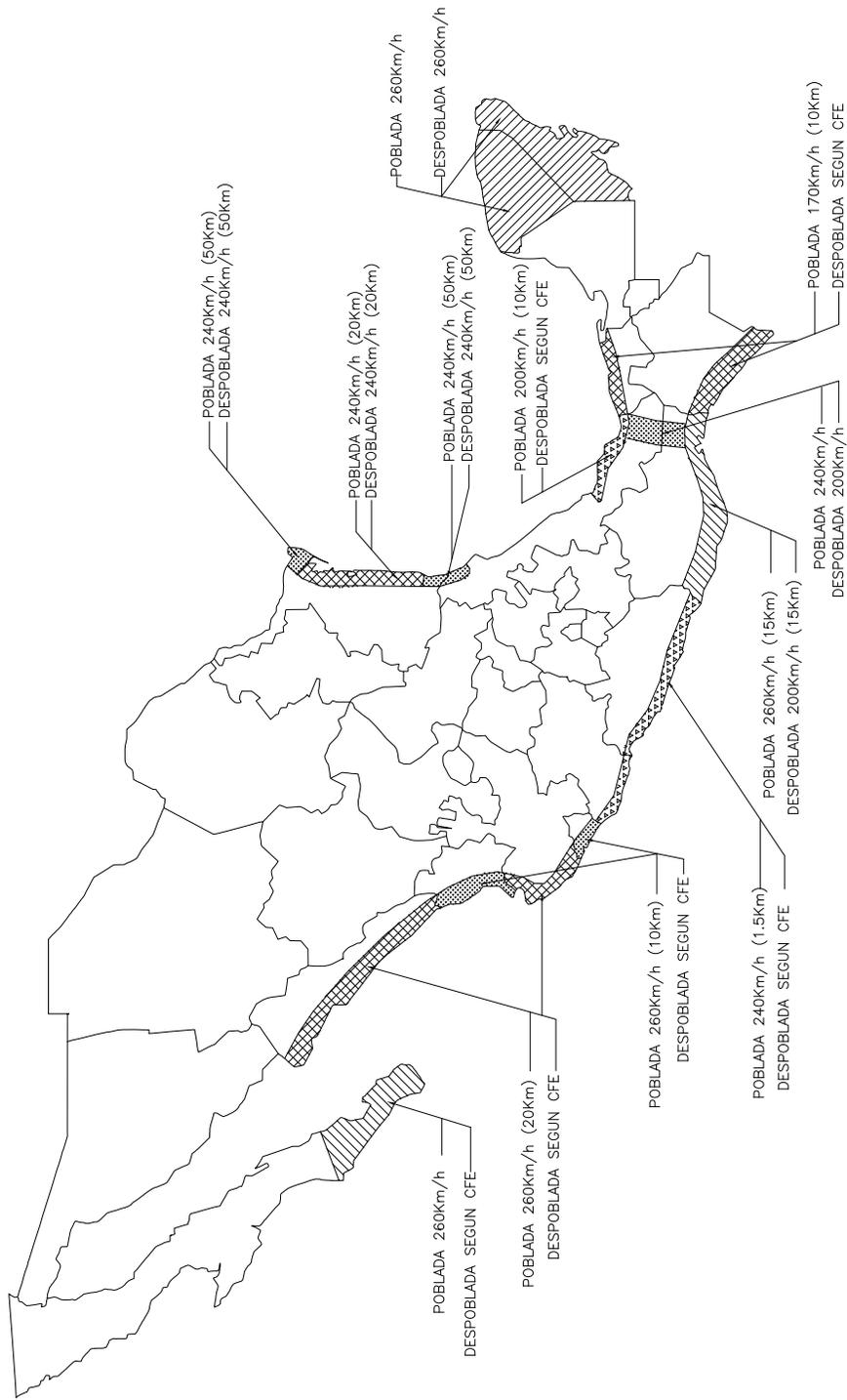
(V) Franja de 1.5Km. costa adentro.

(VI) Para la zona sur del Estado.

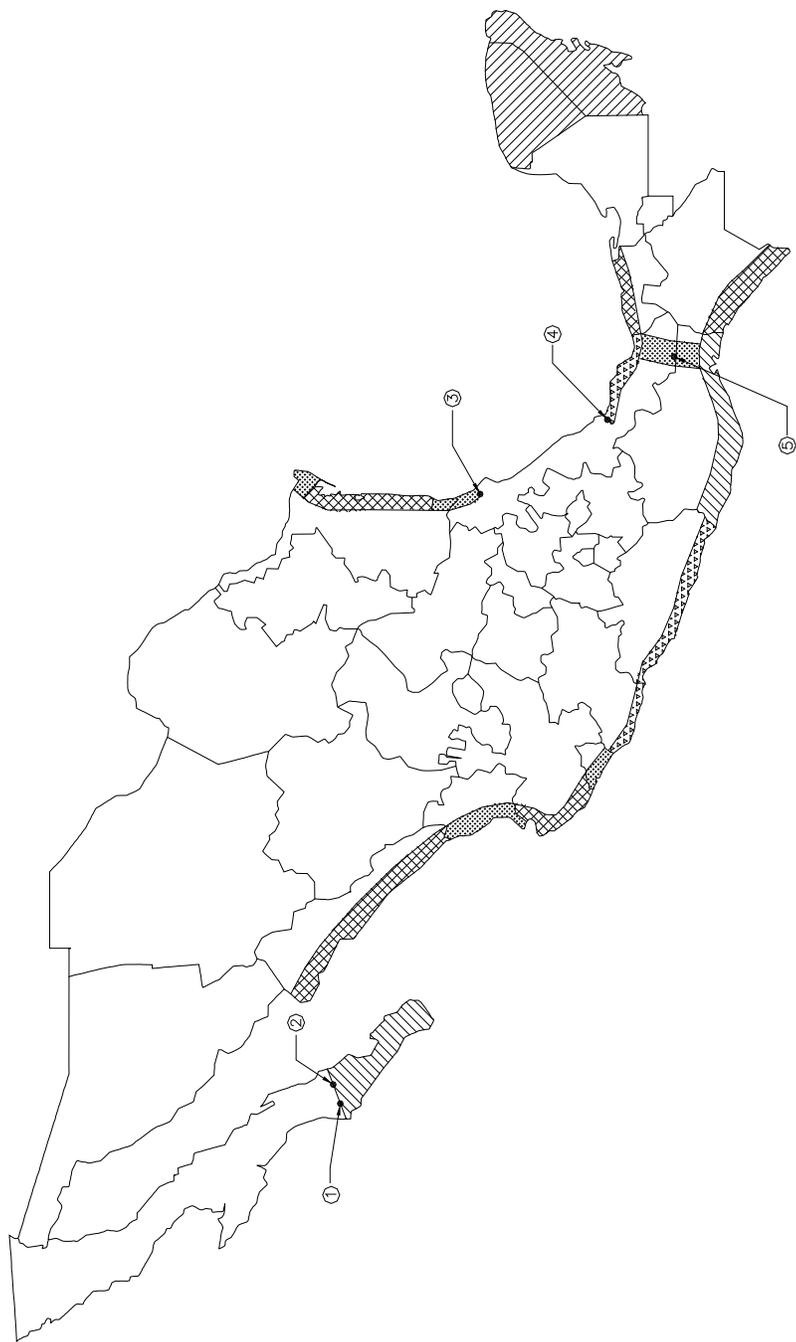
(VII) Franja de 10Km costa a dentro en la zona sureste de Veracruz.

VER MAPA DE VELOCIDADES TELCEL.

MAPA VELOCIDADES TELCEL



PUNTOS PARA DELIMITACION DE FRANJAS



- EN BAJA CALIFORNIA SUR LA COLINDANCIA DE APLICACION ES LA LINEA QUE FORMAN LOS POBLADOS ① SAN CARLOS Y ② V. CONSTITUCION
- EN VERACRUZ NORTE LA COLINDANCIA DE APLICACION ES HASTA EL POBLADO ③ LA LAJA
- EN VERACRUZ SUR LA COLINDANCIA DE APLICACION ES HASTA EL POBLADO ④ LOS ROBLES
- EN OAXACA Y VERACRUZ (ZONA DE LA VENTOSA) LA COLINDANCIA DE APLICACION ES DEL POBLADO ⑤ LAGUNAS (30Km AL ESTE Y 10Km AL OESTE)

2.2.1. Clasificación de la estructura

a) Clasificación de la estructura según su importancia

Se refiere al grado de importancia necesario para asegurar que una estructura cumpla adecuadamente con las funciones para las que ha sido destinada. Las estructuras tipo torre destinadas a comunicaciones son consideradas dentro del grupo A debido al alto grado de seguridad que requieren para su diseño (Manual de Diseño por Viento C.F.E., inciso 4.3).

b) Clasificación de la estructura según su respuesta ante la acción del viento.

De acuerdo con la sensibilidad de la estructura ante los efectos de ráfagas de viento de corta duración y a su correspondiente respuesta dinámica debida a su geometría, las torres se clasifican en estructuras tipo 2 (Manual de Diseño por Viento C.F.E., inciso 4.4).

2.2.2. Determinación de la velocidad de diseño V_D

La velocidad de diseño V_D es la velocidad a partir de la cual se calcularán los efectos del viento sobre la estructura o sobre cualquier componente de la misma. Se obtendrá en km/h a partir de la siguiente ecuación:

$$V_D = F_T F_\infty V_R$$

donde:

F_T Es un factor que depende de la topografía del sitio, de acuerdo a la Tabla I.5 (Manual de Diseño por Viento C.F.E., inciso 4.6.4).

F_∞ Factor que toma en cuenta el efecto combinado de las características de exposición locales, del tamaño de la construcción y de la variación de la velocidad del viento con la altura (Manual de Diseño por Viento C.F.E., inciso 4.6.3).

V_R Velocidad regional que le corresponde al sitio donde se construirá la torre en km/h, correspondiente a un período de recurrencia de 200 años (Manual de Diseño por Viento C.F.E., inciso 4.6.2).

2.2.3. Factor de exposición F_{∞}

El factor de exposición se calcula con la siguiente expresión:

$$F_{\infty} = F_C F_{rz}$$

donde:

F_C Es el factor de tamaño que toma en cuenta el tiempo en el que la ráfaga del viento actúa de manera efectiva sobre la construcción de dimensiones dadas (Manual de Diseño por Viento C.F.E., inciso 4.6.3.1).

Debido a las características de las estructuras (torres y monopolos) se deberá considerar un $F_C = 1.00$ (Análisis dinámico inciso 4.9.2).

F_{rz} Es el factor de rugosidad y altura que establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z , en función de la categoría del terreno y del tamaño de la construcción, a partir de las siguientes ecuaciones:

$$F_{rz} = 1.56 (10/\delta)^{\alpha} \quad \text{si } Z \leq 10$$

$$F_{rz} = 1.56 (Z/\delta)^{\alpha} \quad \text{si } 10 < Z < \delta$$

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

Los coeficientes δ y α definidos en la tabla I.4 del Manual de Diseño por Viento C.F.E. están en función de la categoría del terreno (Manual de Diseño por Viento C.F.E. tabla 1.1) y de la clase de la estructura según su tamaño.

2.2.4. Obtención de la presión dinámica de base q_z

La presión que ejerce el viento se determinará con la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.0048 G V_D^2$$

donde:

G Es el factor adimensional de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar, determinado por la expresión:

$$G = 0.392 \Omega / 273 + \tau$$

con:

Ω Es la presión barométrica.

τ Es la temperatura ambiental definidos en la tabla I.7 del Manual de Diseño por Viento CFE.

V_D Es la velocidad de diseño en km/h, la cual sufrirá variaciones en función de la altura Z considerada.

2.2.5. Determinación de las presiones en la dirección de viento p_z (Manual de Diseño por Viento C.F.E., inciso 4.9.3.1)

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

$$P_z = F_g C_a q_z$$

donde:

F_g Es el factor de respuesta dinámica debida a ráfagas calculada según lo descrito en el inciso 4.9.3.3.

C_a Es el coeficiente de arrastre adimensional que depende de la forma de la estructura, en el inciso 4.9.3.6.

q_z La presión dinámica de base en la dirección del viento en Kg./m² en el inciso 4.7.

a) Determinación de F_g (Factor de respuesta dinámica debida a ráfagas).

Para el cálculo del Factor de respuesta dinámica debida a ráfagas deberán de tomarse las siguientes consideraciones:

El coeficiente de amortiguamiento crítico “ ζ “deberá considerarse con valor de 0.01 para torres autosoportadas, arriostradas y monopolos.

La frecuencia natural de vibración de la construcción n_0 deberá considerarse directamente del resultado arrojado por el programa de cómputo utilizado para el cálculo de la estructura.

La condición de carga para el cálculo de la frecuencia natural de vibración comprende únicamente el peso propio de la estructura y la carga muerta aplicada al modelo (peso de equipo, plataforma y accesorios).

b) Determinación del coeficiente de arrastre C_a (Manual de Diseño por Viento C.F.E., incisos 4.8.2.2 a 4.8.2.12).

Torres

Se determinará sólo una relación de solidez ϕ para cada tramo de la torre en estudio, considerando como área expuesta la sumatoria de las áreas correspondientes a piernas, diagonales, montantes, celosía, cables, escalera y en general, todo lo que represente un área de exposición sobre la cara de barlovento.

A partir de la relación de solidez ϕ obtenida, se asignará un coeficiente de arrastre C_a para cada tipo de sección que conforma a la estructura. Se deberán utilizar las tablas I.25 y I.27 (Manual de Diseño por Viento C.F.E.), atendiendo las notas correspondientes a las mismas.

Se calculará un coeficiente de arrastre C_a total que se utilizará en toda la sección considerada. Este coeficiente de arrastre se calculará con la siguiente ecuación:

$$C_{a \text{ tramo}} = (A_{\text{piernas}} \times C_{a \text{ piernas}} + A_{\text{planos}} \times C_{a \text{ planos}} + A_{\text{cables}} \times C_{a \text{ cables}}) / A_{\text{total expuesta}}$$

donde A_{planos} incluye la suma de todas las áreas de elementos planos consideradas en la torre: diagonales, montantes, etc.

Monopolos

Los coeficientes de arrastre a considerar para el cálculo de fuerzas sobre el cuerpo del monopolo serán los indicados en la tabla I.28 (Manual de Diseño por Viento C.F.E.).

Parábolas y Antenas

Debido a que no existe una normatización en nuestro país para asignar coeficientes de arrastre para este tipo de equipo, las fuerzas de viento se calcularán directamente a partir de las medidas experimentales tomadas por los fabricantes del equipo. En el anexo B se incluye la información técnica correspondiente (Catálogos SCALA, DECIBEL y EMS para antenas celulares y Catálogo vigente de Andrew Corporation en caso de parábolas).

La velocidad considerada por el fabricante corresponde a 200 km/h, por lo que la conversión a la velocidad de diseño correspondiente en cada análisis deberá efectuarse con la ecuación siguiente:

$$\text{Fuerza en equipo} = (V_{\text{diseño}}/V_{\text{catálogo}})^2 \times \text{Fuerza de catálogo}$$

La V diseño a utilizar será la correspondiente a la altura a la que serán instaladas las antenas, calculada previamente en el inciso 2.2.2.

En caso de utilizarse otros coeficientes de arrastre definidos en alguna norma diferente a la mencionada en este documento, deberá de justificarse su aplicación al Departamento de Normas y Proyectos Estructurales.

2.2.6. *Cálculo de fuerzas en la dirección del viento* (Manual de Diseño por Viento C.F.E., inciso 4.9.3.2)

La fuerza total F sobre la estructura debida al flujo del viento, se expresa como la sumatoria de cada fuerza que actúa sobre el área expuesta de la estructura (o parte de ella) a una altura Z dada según la expresión:

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

Cálculo de áreas de exposición

- a) Las áreas serán calculadas para cada tramo definido por los montantes, separando el área total en área de miembros de sección transversal circular, y área de miembros de lados planos.
- b) Para el cálculo de áreas únicamente se considerará la cara frontal de la estructura donde actúa directamente el viento, es decir, la cara de barlovento (ver sección de comentarios, C. II inciso 4.8.2.11.3 Manual C.F.E.).
- c) El área total expuesta por tramo será la que se multiplicará por el Ca_{tramo} determinado en el inciso anterior de este documento.

2.3. Análisis de fuerzas debidas a sismo

El diseño sísmico se realizará conforme a lo estipulado en el Manual de Diseño por Sismo emitido por la CFE edición 1993. La frecuencia de la estructura se obtendrá mediante el análisis dinámico modal espectral, sin importar la altura de la que se trate. Para el diseño y revisión de los elementos de torres menores o iguales a 60m, se empleará el método estático o dinámico (el que resulte más desfavorable). Para torres mayores de 60m se deberá emplear el método dinámico.

3. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA TORRE

Deberá realizarse con el software **STAAD Pro**. Para la realización del análisis se deberán incluir las siguientes consideraciones:

3.1. Condiciones de Apoyo.

Autosoportadas	Articuladas en sus tres apoyos.
Arriostradas	Articuladas en apoyo central y anclajes.
Herrajes especiales	Empotrado.
Monopolos	Empotrado.

3.2. Modelación, Análisis y Diseño de la Estructura

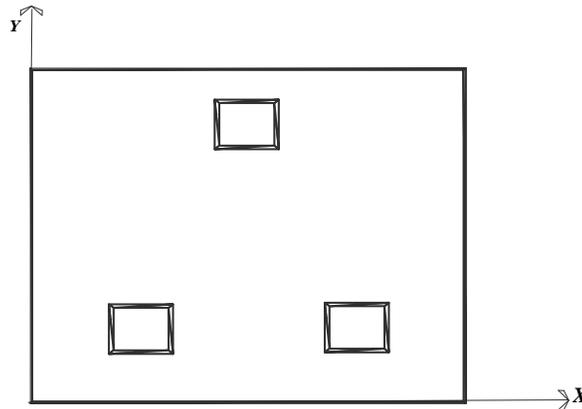
- 3.2.1. La estructura se deberá diseñar como “estructura en el espacio”. En caso de torres autosoportadas y arriostradas podrán liberarse los miembros de la celosía para que trabajen como armaduras.
- 3.2.2. Las fuerzas de viento se aplicarán puntual y perpendicularmente sobre los nodos de las piernas y/o montantes de la estructura correspondientes a la cara frontal, en cada nivel considerado.
- 3.2.3. Los miembros de la estructura se diseñarán conforme al Código del AISC 9a. edición.
- 3.2.4. Para miembros de la celosía en torres deberá revisarse que las longitudes a considerar en la relación de esbeltez KL/r sea la longitud real del elemento. La longitud y el parámetro K para miembros de monopolos deberá ser la altura total de la estructura y $K=2.0$, respectivamente.
- 3.2.5. En torres arriostradas deberá de aplicarse la fuerza de viento en la dirección más crítica según la ubicación de las retenidas. Deberá tenerse especial cuidado en su modelación al especificar los miembros a tensión o cable, ya que deberán utilizarse los comandos “Perform Analysis” y “Change” para cada condición y combinación de carga (ver Manual de Usuario Staad Pro). En caso de declarar las retenidas como miembros cable, la tensión inicial deberá ser calculada en función de su longitud, área de la sección y con base en la información técnica proporcionada por el fabricante. Dicha información deberá ser entregada como parte de la memoria de cálculo para justificar los valores empleados. El área de la sección del cable a considerar para el cálculo corresponderá a $7/9$ del área sólida del cable.

3.2.6. El acero a utilizar para el diseño será tipo A-36 y/o A-572 (G50).

3.3. Resultados

Los resultados que deberán incluirse en la memoria serán los siguientes:

- Archivo de entrada.
- Topología de la estructura (con el sistema coordinado visible e identificación de nodos). La orientación de la estructura será como se ilustra a continuación:



ORIENTACIÓN DEL MODELO DE LA ESTRUCTURA EN EL SOFTWARE STAAD PRO

- Resultado total de fuerza aplicada por cada condición y combinación de carga.
- Reacciones en los apoyos y deflexión máxima para las siguientes condiciones de carga:
 - Peso propio + carga muerta + carga viva
 - Peso propio + carga muerta + viento de supervivencia
 - Peso propio + carga muerta + viento de operación
 - Peso propio + carga muerta + sismo
- Frecuencia natural de vibración de la estructura, considerando únicamente su peso propio y el peso correspondiente a las antenas.
- La deflexión máxima horizontal (ver apartado 7.29 de esta misma norma) se calculará para una velocidad de operación $V_{op} = Vr(0.65)$ km/h, pero nunca menor de 90 km/h. Deberá incluirse la totalidad del análisis para obtención de las fuerzas de viento y el análisis para obtención de desplazamientos.
- Comparación de la deflexión máxima contra la deflexión permisible horizontal.
- Revisión del diseño de los miembros principales incluyendo RI ($RI < 1.33$).
- Respaldo en archivo electrónico.

Nota: Deberán considerarse los resultados más desfavorables, ya sea para el caso por acción del viento o por fuerzas sísmicas para el diseño de la estructura.

4. DISEÑO DE CONEXIONES

Deberá presentar el diseño de conexiones entre los diferentes elementos de la estructura de acuerdo al código AISC vigente y al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias vigentes.

5. DISEÑO DE CIMENTACIÓN

5.1.1. Para el diseño de la cimentación se tomará como válido el criterio utilizado por el Reglamento de Construcciones del D.F y sus Normas Técnicas Complementarias. **En los casos en que se requiera información no contemplada en el RCDF y sus NTC, podrán usarse los criterios contenidos en el código del ACI-318 edición vigente.**

5.1.2. Se deberán incluir todos los datos y parámetros necesarios para el diseño

5.1.3. Cálculo del momento actuante.- Se calculará empleando las reacciones obtenidas del análisis de la torre, condición de carga PP+CM+VIENTO ó PP+CM+SISMO.

5.1.4. Cálculo del momento resistente.- Se deberá considerar el peso propio de la estructura y el peso de la cimentación (con peso específico del concreto igual a 2.4 t/m³).

5.1.5. La relación del momento resistente con el momento de volteo no deberá ser menor que 2 (Manual de Diseño por viento CFE inciso 4.1).

El volumen de relleno a considerar para el cálculo del momento resistente será el proyectado verticalmente sobre el área de la zapata.

5.1.6. La revisión de la presión de contacto sobre el terreno se realizará por el método de Plastificación Total o Áreas Reducidas según las NTC del RCDF.

$$q_{act} = P / A$$

donde:

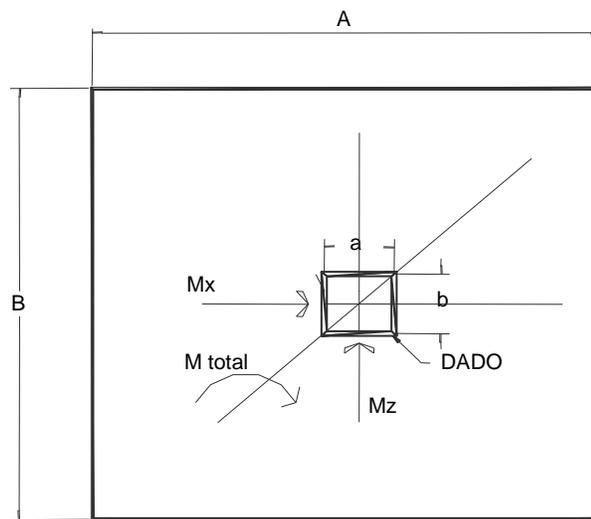
q_{act} Presión de contacto actuante.

A Es el área de la losa de la zapata calculada reduciendo la longitud de cada lado dos veces el valor de la excentricidad, definida como el

cociente del Momento de volteo y el peso total. En el caso de torres autoportadas los elementos mecánicos a aplicar serán el 100% del valor arrojado por la corrida de STAAD.

P Peso total.

Nota: Para el caso de monopolos los elementos mecánicos se tomarán suponiendo que actúan en un ángulo 45°, calculando sus componentes, y siendo estas las que se apliquen para la revisión únicamente de los esfuerzos sobre el terreno, como se puede apreciar en la siguiente figura:



DESCOMPOSICIÓN DEL MOMENTO A
APLICAR PARA REVISIÓN POR
CAPACIDAD DE CARGA EN MONOPOLOS

- 5.1.7. *Diseño por flexión.*- Para el cálculo de las presiones de contacto se considerará la longitud total de la losa en voladizo, no obstante que las NTC disminuyan un peralte efectivo la distancia. El volado a considerar será $(A - a) / 2$ y $(B - b) / 2$, tanto para cimentaciones de torres autoportadas como de monopolos.

El valor de las presiones de contacto que se utilizarán para el cálculo del momento de diseño será el resultante del q_{act} (sin considerar el peso de relleno).

- 5.1.8. *Revisión por cortante.*- Se revisará como viga ancha considerando como fuerza cortante que toma el concreto, V_{CR} permisible, el calculado con las expresiones:

$$V_{CR} = F_R b d (0.2+20p)\sqrt{f^*c} \quad \text{si } p < 0.015$$

$$V_{CR} = 0.5 F_R b d \sqrt{f^*c} \quad \text{si } p \geq 0.015$$

Cuando la dimensión transversal h , paralela a la fuerza cortante, sea mayor que 700mm, el valor obtenido de V_{CR} se deberá reducir por el factor:

$$1 - 0.0004 (h - 700)$$

con h en milímetros, pero tal valor no deberá ser inferior a 0.8.

Se revisará por penetración considerando como fuerza cortante que toma el concreto V_{CR} permisible:

$$V_{CR} = F_R (0.5 + \gamma) \sqrt{f^*} \leq F_R \sqrt{f^*} c$$

que deberá ser mayor que el máximo esfuerzo actuante calculado a partir del área de la sección crítica.

5.1.9. Plano con diseño final incluyendo armados.

Consideraciones generales para el diseño de cimentación:

- Se utilizará concreto clase 1 $f^*c = 250 \text{ kg/cm}^2$ como mínimo.
- El acero de refuerzo será $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
- El peralte mínimo total h para la losa deberá de ser de 30 cm y el recubrimiento mínimo de 5 cm.
- El área de acero mínimo en el dado será el requerido por el análisis (flexotensión) pero no menor que $20/f_y$.
- El armado del lecho superior de la zapata puede calcularse con acero mínimo por flexión:

$$(0.7\sqrt{f^*c} / f_y) b d$$

Sin embargo no es necesario que el refuerzo mínimo sea mayor que 1.33 veces el requerido por el análisis al considerar la losa de la zapata como cantiliver soportando el peso del relleno actuando sobre ella.

6. FIRMA DE PERITO, DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA O CORRESPONSABLE EN SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Todas las memorias de cálculo con los requisitos antes mencionados deberán ser avaladas por un Perito Responsable de Obra Privada, Director Responsable de Obra o un Corresponsable en Seguridad Estructural según la reglamentación vigente de cada estado. Se deberá anexar la documentación que acredite su capacidad para ejercer dichos cargos, cuyo registro sea vigente a la fecha de firma del proyecto.

7. CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE TORRES

- 7.1. Para el diseño estructural de la torre autosoportada y arriostrada se deberá considerar la instalación de una plataforma triangular celular de 5.0m (capítulo 1 *NGIST-NCATT* inciso 6.1) por cara y peso de acuerdo a fabricante, soportada en el cuerpo de la torre. En plataforma se considerará la instalación de 4 tubos de 2" de diámetro y 2.5m de longitud por lado de plataforma. Todos sus elementos deberán ser galvanizados y pintados si se requiere.
- 7.2. La plataforma deberá tener la capacidad de girar en un rango de 60° como mínimo y se instalará un pasillo perimetral con metal desplegado sin planchar (metal red 3/4" No.9) con marcos a base de ángulos de mínimo 2"x3/16" y ancho de 60cm, cuidando en su fabricación y diseño que los de apoyo tengan la resistencia suficiente para soportar a 3 personas de 100kg cada una distribuido en la posición más desfavorable ó 70kg/m² de carga viva.
- 7.3. La base de la plataforma se considerará a 3.00m por debajo de la cúspide de la torre, considerando que el nivel de centro de radiación de antenas (NCRA) de radiofrecuencia quedará 1.5m sobre el nivel de dicha base.
- 7.4. Los elementos que componen el barandal de la plataforma deberán ser totalmente independientes y lo suficientemente rígidos para sujetar en él los soportes de las antenas.
- 7.5. En el monopolo se deberá considerar la instalación de una plataforma circular celular de 80cm de ancho. Será posible la instalación de un sector andador circular de 80cm o una plataforma triangular celular de 3m por lado según solicitud de cada región en que subdivide Telcel.
- 7.6. En el caso de mástiles se deberá considerar la instalación de un sector andador de 40cm.
- 7.7. El paso de la escalera a la plataforma no deberá ser obstruido por los elementos de esta última.

- 7.8. En los casos en que las antenas cuenten con un kit de montaje que incluya un perfil que tenga la función del tubo de 2" ced. 40 se podrá omitir, para no sobrecargar la plataforma.
- 7.9. Se deberán considerar en el análisis de la estructura las siguientes cargas:
- Mástiles:* Estructura con diámetro menor o igual a 10". Se cargarán con 4 microondas de 0.6m considerando 2 de frente y 2 a 90°. Además con 6 antenas celulares adosadas al cuerpo del mástil.
- Monopolos:* Estructura con diámetro mayor a 10". Se cargarán con 4 microondas de 0.6m considerando las 4 de frente, 1 microonda de 1.20m a 90° y 1 microonda de 1.80m de frente. Además con 9 antenas celulares adosadas a la plataforma del monopolo.
- Torres menores o iguales a 30m:* Se cargarán con 4 microondas de 0.6m considerando las 4 de frente, 2 microondas de 1.8m considerando 1 de frente y 1 a 90°. Además con 12 antenas celulares sobre plataforma celular de 5m.
- Torres mayores a 30m y menores o iguales a 51m:* Se cargarán con 4 microondas de 0.6m considerando las 4 de frente, 1 microonda de 1.8m a 90° y 1 de 2.4m de frente. Además con 12 antenas celulares sobre plataforma celular de 5m.
- Torres mayores a 51m:* Se cargarán con 2 microondas de 0.6m considerando las 2 de frente, 2 microondas de 1.2m considerando 1 de frente y 1 a 90°, 2 microondas de 2.4m considerando 1 de frente y 1 a 90°. Además con 12 antenas celulares sobre plataforma celular de 5m.
- Mástiles autosustentables:* Se cargarán considerando 3 microondas de 0.6m mas 3 antenas celulares adosadas al cuerpo del mástil, colocadas en la cúspide del mástil.
- 7.10. Todas las antenas celulares se consideran del tipo GSM y las antenas de microondas se consideran con radomo sólido.
- 7.11. Las antenas celulares, de microondas y plataformas (circulares, triangulares o sector andador) se ubicaran a las siguientes distancias con respecto del tope de la estructura. En el caso de antenas de radiofrecuencia o celulares se establece 1.5m, para parábolas de microondas de 0.60m de diámetro la referencia será 1m, cuando se utilicen parábolas de microondas de 1.2, 1.8 y 2.4m de diámetro la referencia será 3.5m y para los casos de plataformas se manejaran 3.0m.
- 7.12. Para el cálculo de fuerzas de viento en antenas celulares sólo se considerarán las correspondientes a un frente de la torre, es decir, sólo un sector, que para monopolos

serán de 3 antenas y para torres serán de 4 antenas. Las áreas de exposición se calcularán con las dimensiones reales proporcionadas por el fabricante.

- 7.13. Para el caso de monopolo tipo árbol, se deberán considerar las áreas de exposición del camuflaje, que se calcularán con las dimensiones reales proporcionadas por el fabricante, además, se deberá considerar el área expuesta total de las parábolas que correspondan, pudiéndose omitir el área de exposición de las antenas de RF.
- 7.14. Para el caso de monopolos destinados a soportar anuncios espectaculares para CAC's, el área de exposición será la de la cara con mayor área, considerando la superficie expuesta del anuncio como 100% sólida. Se podrá manejar algún porcentaje de porosidad, el cual deberá justificarse mediante la ficha técnica del producto y previo Vo.Bo. por el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales.
- 7.15. Las torres con sección en planta de 30cm (T-30), 45cm (T-45) y 60cm (T-60) se diseñarán para soportar 3 antenas celulares y 3 microondas de 60cm. Estas estructuras no contarán con plataforma triangular celular; las antenas se fijarán con soportes al cuerpo de la torre. El ascenso se realizará por la celosía de la misma torre y se diseñarán soportes de solera a cada 80cm para la instalación de feeders.
- 7.16. Para la exposición de cables se consideran 12 líneas de 7/8" y 2 líneas de 1/2" de diámetro para microondas, 1 cable de uso rudo de 3/4" de diámetro para el sistema de iluminación.
- 7.17. Todas estas líneas sobre el cuerpo de la estructura de la torre se consideran como área de oposición al viento (se debe incluir la escalera y cama guía de onda). Para su análisis estructural se considerarán los tipos de carga, carga muerta (Cm), carga viva (Cv) y carga accidental (Ca) como es el viento y/o sismo, con los cuales se deberán hacer combinaciones y regirá finalmente la más desfavorable.
- 7.18. Se deberá considerar la cama guía de ondas de 12 barrenos para el mismo número de líneas (Detalles de instalación Plano 04). Para fines de cotización se considera la cama guía de onda como parte del cuerpo de la torre mas 6m, en forma horizontal, incluyendo la curva vertical del cambio de dirección y una curva horizontal (cualquier tramo de cama excedente se considerará como material extra).
- 7.19. Para el apoyo de la cama guía de onda horizontal se tendrán postes de 2 1/2" de diámetro ced. 40 a cada 3.00m con altura promedio de 3.20m para el caso de salas de mampostería, multypanel y contenedores, y de 0.55m para cuando se trate de equipo outdoor. Tales soportes serán galvanizados y posteriormente pintados de acuerdo a su posición. La altura de los postes se consideran desde el nivel de la plancha de concreto de donde se desplanta el contenedor o el equipo outdoor.

- 7.20. La cama guía de ondas podrá ser de aluminio con dimensiones menores a la normatizada de 12 barrenos y podrá usarse en azoteas a nivel de piso como máximo de 0.40m de altura. En torre podrá usarse sólo como adecuación sobre estructura existente, la instalación de cama de aluminio se realizará a la derecha de la cama guía de onda de acero existente (sobre la misma cara de la torre), en caso de que no se tenga el espacio necesario para la nueva cama se podrá usar la cara de la torre que esté libre, los soportes para camas de aluminio horizontal se espaciarán como máximo 1.5m.
- 7.21. Para torres arriostradas, las retenidas deberán tener un desarrollo con respecto a la base de la misma no menor del 40% de la altura de la torre y para el caso de 3 retenidas los ángulos que formen las retenidas en planta deberán ser de $120^{\circ} \pm 10^{\circ}$, mientras que para el caso de 4 retenidas lo ideal serán 4 ángulos de 90° , pudiendo tener como límite 2 ángulos de 120° y 2 ángulos de 60° alternados, con una tolerancia de $\pm 10^{\circ}$ (ver plano DTA-E1). Para cualquier caso fuera de estas indicaciones se deberá avalar por el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales.
- 7.22. Se utilizará un triángulo estabilizador o estrella antitorsión cuando la estructura de la torre tenga plataforma o parábolas de más de 1.20m de diámetro o cualquier elemento que le pueda ocasionar torsión a la estructura. Sin embargo, se puede omitir si el análisis particular de la estructura lo justifica.
- 7.23. El triángulo estabilizador o la estrella antitorsión deberá estar colocada inmediatamente bajo el elemento que le esté provocando torsión a la estructura.
- 7.24. Se recomienda que todas las retenidas estén al mismo nivel, y de ser posible, también al nivel del desplante de la torre. Para cualquier caso fuera de estas indicaciones se deberá avalar por el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales.
- 7.25. En cada sitio y cada caso de estructura, deberá ser respaldado debidamente por un análisis tridimensional y diseño estructural, así como por la entrega de planos estructurales de la torre antes de su instalación.
- 7.26. En el caso de estructuras para sitios propios ubicadas sobre un inmueble existente, las Gerencias de Construcción de regiones 1 a 9, serán las responsables del proyecto, revisión estructural, construcción y/o refuerzo del inmueble.
- 7.27. En las estructuras ubicadas sobre un inmueble existente para sitios llave en mano, la Gerencia de Proyectos será responsable de aprobar los trabajos de refuerzo cuando el inmueble lo requiera; sin embargo, la verificación de la correcta ejecución de estos trabajos será responsabilidad de la misma empresa llave en mano.
- 7.28. El proveedor de la torre tendrá 3 días (72 horas) hábiles posteriores al envío de mecánica de suelos del sitio para entregar el diseño de cimentación de la torre, y 5

días (120 horas) hábiles posteriores también a la asignación y envío de mecánica de suelos para entregar la memoria de cálculo correspondiente, de acuerdo a la información que se especifica a detalle en las Normas Telcel para Análisis y Diseño de Torres de Comunicación Celular y Cimentaciones.

- 7.29. Dicha información debe ser entregada al Departamento de Normas y Proyectos Estructurales, el cual dará el visto bueno del diseño estructural y lo enviará al Departamento de Construcción de la región correspondiente. Sin este Vo. Bo. no se podrá empezar ningún trabajo relacionado con la torre.
- 7.30. Para la recepción de materiales en sitio, Telcel deberá contar con toda la información anteriormente descrita, ya que por ningún motivo se procederá a la instalación de la estructura (plano de cimentación, plano de torre y propuesta técnica con que ganó).
- 7.31. El análisis y diseño de la estructura se regirá bajo los códigos: Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE edición 1993, Reglamento de Construcciones del Distrito Federal RCDF y sus Normas Técnicas Complementarias vigentes, AISC (9ª edición), código ASTM y reglamentos vigentes de la localidad en que se instalará la estructura. Así también, deberá cumplir con los siguientes requisitos de diseño:
- Oscilación máxima de +0.75 grados en el tope de torre y monopolos, para cargas por viento.
 - Oscilación máxima de +1.00 grado en el tope de monopolos, sólo para cargas por sismo.
- 7.32. Cualquier criterio que no se indique en las presentes normas, deberá aclararse con el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales.