

**ANEXO “III”**

**NORMATIVA TÉCNICA**

**CAPÍTULO 5**

**NORMAS Y CRITERIOS TELESITES Y FIBRA PARA ANÁLISIS, DISEÑO DE TORRES Y CIMENTACIONES (NCTADTC)**

**OPERADORA DE SITES MEXICANOS, S.A.B. DE C.V.,**

**BANCO ACTINVER, S.A., INSTITUCIÓN DE BANCA MÚLTIPLE, GRUPO FINANCIERO ACTINVER, DIVISIÓN FIDUCIARIA, ESTE ÚLTIMO EXCLUSIVAMENTE EN SU CARÁCTER DE FIDUCIARIO DEL FIDEICOMISO OPSIMEX 4594**

**Y**

**[\*]**

Ciudad de México a. [\*] de [\*] de [\*].

## INFORMACION A ENTREGAR PARA REVISION DE INGENIERIA

### 1. Validación de factores de diseño.

Para cada proyecto de implantación de sitio celular, cada torrero o llave en mano deberá ingresar a **Telesites o a la Fibra** vía mail el formato “Validación de Factores de Diseño” donde se indique los parámetros y factores de diseño a utilizar para cada sitio, el cual deberá traer memo de RF, anteproyecto y mapa de isotacas.

### 2. Mecánica de suelos definitiva y/o dictamen estructural.

La mecánica de suelos y/o dictamen estructural deberá satisfacer todos los puntos descritos en el Capítulo 7 “Especificaciones **de Telesites y de Fibra** para la Elaboración de Estudios de Mecánica de Suelos” (EtEEMS).

### 3. Memoria de cálculo.

Para cada proyecto de implantación de sitio celular, cada torrero o llave en mano deberá ingresar a **Telesites o a la Fibra** en formato electrónico la siguiente información:

- 3.1 Análisis de cargas gravitacionales.
- 3.2 Análisis estructural por viento.
- 3.3 Análisis estructural por sismo.
- 3.4 Consideraciones de diseño para el modelo en Staad. Pro V8iSS5.
- 3.5 Diseño de conexiones.
- 3.6 Diseño de cimentación.

#### 3.1 Análisis de Cargas Gravitacionales.

*Carga Muerta.*- Peso propio, antenas celulares, parábolas, RRU’S, feeders, cama guía de onda, escalera, plataforma celular y/o descanso (si procede), tramo T-45, soportes, herrajes, camuflaje (corteza y follaje), peso de la sección embutida (monopolos troncocónicos).

La carga muerta correspondiente al peso de las antenas, herrajes y líneas se tomará directamente de la información proporcionada por **Telesites o por Fibra** como a continuación se indica.

Tabla 1. HERRAJES	
TIPO	PESO(Kg)
$\varnothing \leq 0.60\text{m}$	35.0
$\varnothing > 0.60\text{m}$	80.0
RRU'S	25.0
SOPORTE H	150.0

Tabla2. LINEAS	
DIAMETRO (in)	PESO (Kg/m)
7/8"	0.80
1/2"	0.37
3/4"	0.50

Tabla 3. ANTENAS MW Y RF	
DIAMETRO (m)	PESOS (Kg)
0.30	10.4
0.60	18.5
1.20	77
1.80	127
2.40	203
3.00	245
3.70	386
4.50	807
RF	27

La cantidad de RRU'S debe ser una por cada antena de RF.

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

### 3.2 Análisis Estructural por Viento.

El procedimiento y criterio a seguir para el análisis por viento será el estipulado en el Manual de Diseño por Viento emitido por la Comisión Federal de Electricidad edición 1993. La velocidad regional a utilizar será la obtenida por el software "Sistema Viento" del manual CFE 2008 a excepción de aquellas ubicaciones delimitadas en la Tabla Especial de Velocidades **de Telesites y de Fibra**.

Las fuerzas 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 4. TABLA ESPECIAL DE VELOCIDADES de Telesites y de Fibra		
ESTADO	VELOCIDAD REGIONAL, [km/h]	
	ZONA POBLADA	ZONA DESPOBLADA
YUCATÁN Y QUINTANA ROO	260	260
TABASCO Y CHIAPAS □□	170	SEGÚN MANUAL C.F.E. 2008
OAXACA □□	240 <sup>a</sup> /260 <sup>b</sup>	200
TAMAULIPAS □□□	240	240

<b>Tabla 4. TABLA ESPECIAL DE VELOCIDADES de Telesites y de Fibra</b>		
<b>ESTADO</b>	<b>VELOCIDAD REGIONAL, [km/h]</b>	
	<b>ZONA POBLADA</b>	<b>ZONA DESPOBLADA</b>
JALISCO, COLIMA, NAYARIT Y SINALOA □□	260	SEGÚN MANUAL C.F.E. 2008
MICHOACÁN Y GUERRERO □	240	SEGÚN MANUAL C.F.E. 2008
BAJA CALIFORNIA SUR □□□	260	SEGÚN MANUAL C.F.E. 2008
VERACRUZ □□□	200	SEGÚN MANUAL C.F.E. 2008
LOS DEMÁS ESTADOS	SEGÚN MANUAL C.F.E. 2008	SEGÚN MANUAL C.F.E. 2008

(□) Franja de 10Km costa adentro.

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

(□□□) Franja de 15Km costa adentro.

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

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

(□) Franja de 1.5Km. costa adentro.

(□□) Para la zona sur del Estado.

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

VER MAPA DE ESPECIAL DE VELOCIDADES TELESITES y FIBRA.

En la tabla No. 5 se especifican las coordenadas de los poblados que delimitan las franjas de "Velocidades especiales **de Telesites y de Fibra.**"

<b>Tabla 5. COORDENADAS "PUNTOS PARA DELIMITACION DE FRANJAS"</b>		
<b>POBLACION</b>	<b>COORDENADA "N"</b>	<b>COORDENADA "W"</b>
LAGUNAS	17°0.8'24.22"	95°03'42.10"
LA LAJA	21°40'44.11"	97°42'03.45"
SAN CARLOS	24°47'17.19"	112°06'17.84"
VILLA CONSTITUCION	25°02'14.33"	111°39'14.45"
LOS ROBLES	18°58'17.67"	96°07'00.13"

*[ESPACIO EN BLANCO DE MANERA INTENCIONAL]*



### 3.2.1. 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 de telecomunicaciones 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. 93, 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. 93, inciso 4.4).

### 3.2.2. 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:

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

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.93, inciso 4.6.4).

$F_\alpha$  Factor que toma en cuenta el efecto combinado de las características de exposición locales, del tamaño de la construcción y de la variación de la velocidad del viento con la altura (Manual de Diseño por Viento C.F.E.93, 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.93, inciso 4.6.2 y Tabla 4 “Velocidades Especiales **de Telesites y de Fibra**”).

### 3.2.3. Factor de exposición $F_{\infty}$

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.93, 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  $\delta$  y  $\alpha$  definidos en la tabla I.4 del Manual de Diseño por Viento C.F.E. 93 están en función de la categoría del terreno (Manual de Diseño por Viento C.F.E. 93 tabla 1.1) y de la clase de la estructura según su tamaño.

### 3.2.4. 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:

$\Omega$  Es la presión barométrica en función del ASNM obtenida del

Google Earth.

$\tau$  Es la temperatura ambiente definidos en la tabla I.7 del Manual de Diseño por Viento CFE 93.

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

3.2.5. Determinación de las presiones en la dirección de viento  $p_z$  (Manual de Diseño por Viento C.F.E.93, 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./m<sup>2</sup> 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 " $\zeta$ " deberá considerarse con valor de 0.01 para torres autosoportadas, arriostradas y monopolos.

La frecuencia natural de vibración de la torre  $n_0$  deberá considerarse directamente del resultado calculado por el programa Staad utilizado para el modelaje de la estructura.

Los pesos para el cálculo de la frecuencia natural de vibrado será el peso propio de la estructura y el total de los accesorios correspondientes según la altura de la torre; en dirección "Y", "Z" y "X"; con la siguiente combinación de carga.

PP+CM<sub>(LA TOTALIDAD DE LOS ACCESORIOS QUE APLIQUE SEGÚN SU CASO)</sub>

b) Determinación del coeficiente de arrastre,  $C_a$ , para Autosoportadas y arriostradas (Manual de Diseño por Viento C.F.E.93, incisos 4.8.2.2 a 4.8.2.12 Tabla 1.25, 1.26, 1.27).

Para la determinación del coeficiente de arrastre,  $C_a$ , en Monopolos se utilizarán las siguientes tablas.

<b>Tabla 6. COEFICIENTE DE ARRASTRE, <math>C_a</math>, PARA MONOPOLOS DE SECCION CIRCULAR</b>			
SECCION TRANSVERSAL	TIPO DE SUPERFICIE	RELACION H/b	
		25	$\geq 40$
Circular ( $bVd > 6m^2/s$ )	Lisa o poco rugosa ( $d'/b \cong 0.0$ )	0.70	0.70
	Rugosa ( $d'/b \cong 0.02$ ) (Camuflaje)	0.90	1.20
	Muy Rugosa ( $d'/b \cong 0.08$ ) (Camuflaje)	1.20	1.20

<b>Tabla 7. COEFICIENTE DE ARRASTRE, <math>C_a</math>, PARA MONOPOLOS DE SECCION POLIGONAL</b>		
TIPO	ARISTAS	
	REDONDEADAS	RECTAS
Dodecágono	0.70	1.30
Hexadecágono	0.70	1.20
Octodécágono	0.70	1.00
Camuflaje Corteza	1.20	1.20

Para definir un coeficiente de arrastre,  $C_a$ , en camuflajes que lleven corteza y follaje diferente al estipulado en las tablas 6 y 7, el proveedor deberá ingresar la ficha técnica del material con la siguiente información:

- Espesor de la corteza.
- Área expuesta y total del follaje.
- Peso volumétrico del material (corteza y follaje).
- Coeficiente de arrastre,  $C_a$ , recomendado.
- Muestra física del material

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

- 3.2.6. Para las constantes siguientes se restringe su obtención numérica por medio de las expresiones descritas a continuación tomadas del apartado C.II Comentarios de C.F.E.93.

Cálculo del factor de excitación de fondo "B".

$$B = \frac{4}{3} \int_0^{914/H} \left[ \frac{1}{1 + \frac{xH}{457}} \right] \left[ \frac{1}{1 + \frac{xb}{122}} \right] \left[ \frac{x}{(1+x^2)^{4/3}} \right] dx$$

Cálculo del factor de reducción por tamaño "S".

$$S = \frac{\pi}{3} \left[ \frac{1}{1 + \frac{28.8n_0}{3V'_H}} \right] \left[ \frac{1}{1 + \frac{36n_0b}{V'_H}} \right]$$

Cálculo de factor de relación de energía de ráfaga con frecuencia natural de la estructura "E".

$$E = \frac{X^2_0}{(1 + X^2_0)^{4/3}}$$

En donde:

$$x^2_0 = \frac{4392n_0}{V'_H}$$

Cálculo de factor pico "gp".

$$g_p = \sqrt{2 \ln(3600v)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600v)}}$$

En donde:

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

### 3.2.7. Torres de Celosía.

Se determinará sólo una relación de solidez  $\phi$  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  $\phi$  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.93), 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:

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

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

### 3.2.8 Monopolos.

Los coeficientes de arrastre a considerar para el cálculo de fuerzas sobre el cuerpo del monopolo serán los indicados en la tabla No.6 y No.7 de la presente norma.

### 3.2.9. Parábolas y Antenas.

Parábolas MW.

Debido a que no existe una normalización en nuestro país para asignar coeficientes de arrastre para "Parábolas con radomo cilíndrico plano (Paraboloid with cylindrical shroud), las fuerzas de viento se calcularán directamente a partir de las medidas experimentales tomadas por los fabricantes del equipo. En la tabla No.8 se incluye la información técnica correspondiente (Catálogos SCALA, DECIBEL y EMS para antenas celulares y Catálogo vigente de Andrew Corporation en caso de parábolas).

*[ESPACIO EN BLANCO DE MANERA INTENCIONAL]*

FUERZAS, PESOS Y MOMENTOS PARA PARÁBOLAS CON RADOMO CILÍNDRICO  
PLANO (Vc=200 Km/h Velocidad de Catalogo)

DIÁMETRO		Fc catalogo (0°)		Fc catalogo (90°)		Fc catalogo (90°)		MT catalogo (90°)		PESOS		AREA
ft.	m.	lb.	Kgf.	lb.	Kgf.	lb.	Kgf.	lb-ft	Kgf-m	lb.	Kgf.	cm2
1	0.3	68	30.90	34	15.30	-6	-2.65	62	8.57	22.9	10.4	8.70
2	0.6	209	94.73	103	46.91	-18	-8.26	207	28.55	41	18.5	26.71
4	1.2	634	287.66	314	142.56	-55	-24.98	712	98.50	170	77	81.10
6	1.8	1427	647.32	707	320.60	-124	-56.08	1825	252.28	281	127	182.39
8	2.4	2537	1150.65	1257	570.02	-220	-99.73	3638	502.92	447	203	324.32
10	3.0	3964	1797.96	1964	890.62	-344	-155.81	6300	871.04	541	245	506.71
12	3.7	5708	2589.06	2827	1282.50	-495	-224.44	9960	1376.92	850	386	729.67
15	4.5	8919	4045.42	4418	2003.95	-773	-350.68	17641	2438.96	1780	807	1140.06

Antenas de RF.

Para las antenas de RF se empleara el modelo RFS APXV86-906516-C, las fuerzas de viento se calculara a partir de la tabla No 9, donde se incluye la información técnica correspondiente proporcionada por el fabricante.

FUERZA Y PESO PARA ANTENAS CELULARES  
(Vc=160Km/h, Velocidad de Catalogo)

**TablaNo.9**

MODELO	Fc (0°) (Fuerza de Catalogo)		PESOS	
	lb.	Kg	lb.	Kg.
RFS APXV86-906516-C	258	117.3	59	27

En caso que el modelo empleado cambie se emitirá un memorándum de notificación con el modelo a emplear y sus especificaciones técnicas.

Para el cálculo de la fuerza de viento con las características de las antenas de la tabla 8 y 9 se ocupara la siguiente expresión:

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

La V diseño a utilizar será la correspondiente a la altura estipulada en la sección 4.

3.2.10. 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.93).
- c) El área total expuesta por tramo será la que se multiplicará por el  $C_{a_{tramo}}$  determinado en el inciso anterior de este documento.
- d)

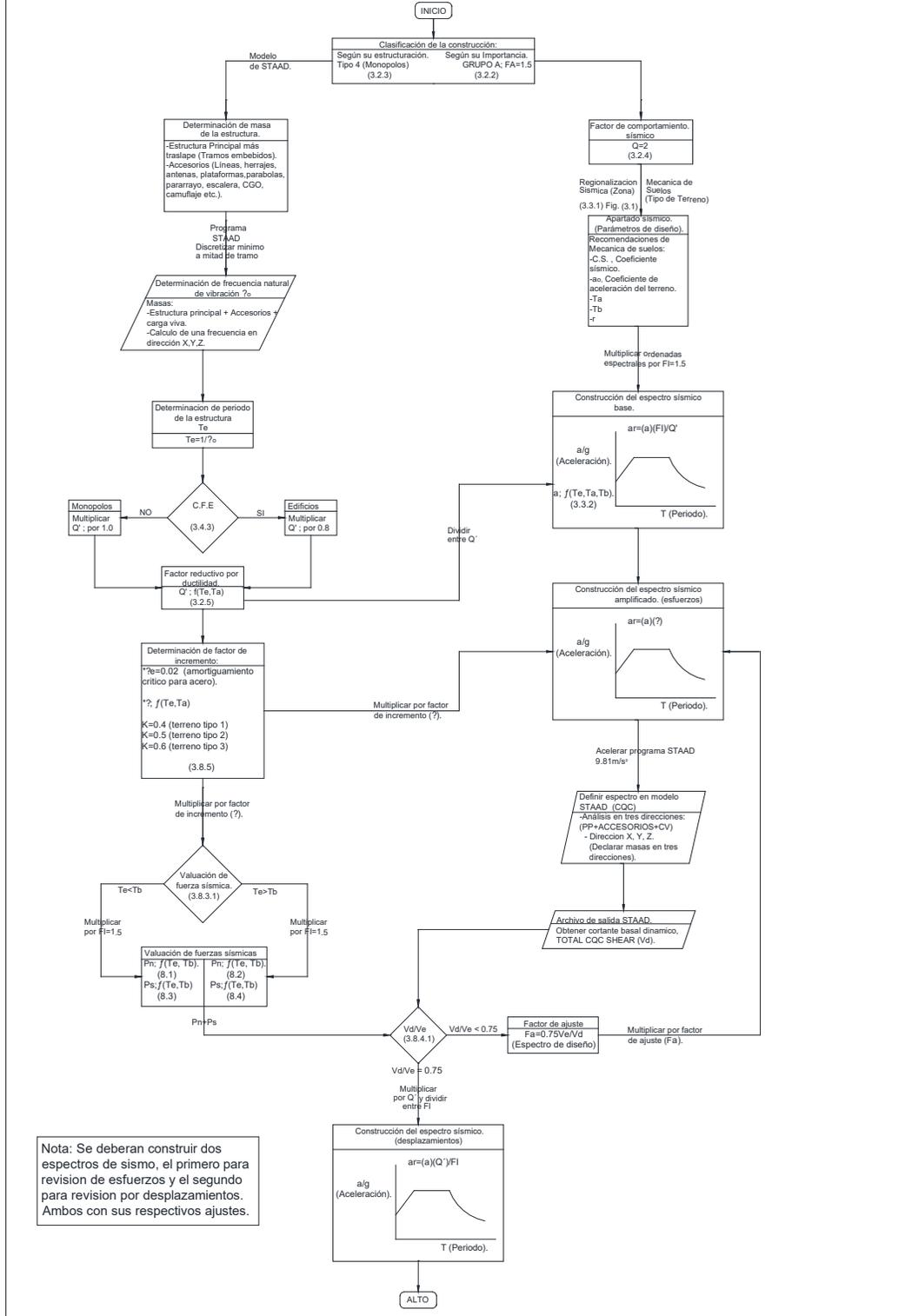
### 3.3 **Análisis Estructural por Sismo.**

El análisis sísmico se realizará conforme a lo estipulado en el Manual de Diseño por Sismo emitido por CFE edición 1993.

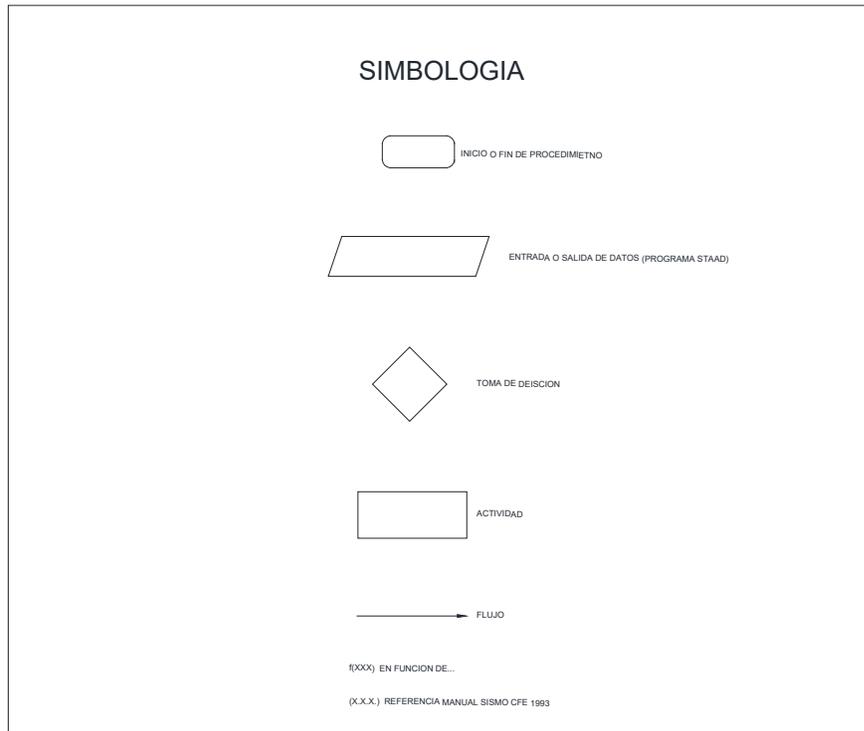
Para el análisis sísmico en Monopolos se llevará a cabo empleando el siguiente diagrama de flujo:

*[ESPACIO EN BLANCO DE MANERA INTENCIONAL]*

# DIAGRAMA DE FLUJO ANALISIS DE SISMO CFE 93 (MONOPOLOS)



Nota: Se deberan construir dos espectros de sismo, el primero para revision de esfuerzos y el segundo para revision por desplazamientos. Ambos con sus respectivos ajustes.



Para el análisis sísmico en torres autoportadas se realizará un análisis dinámico en el programa Staad. Pro V8iSS5 con el método CQC declarando las ordinales espectrales, y las masas de todos los accesorios que intervengan en su estudio.

El cortante estático basal ( $V_e$ ) se deberá estimar con la siguiente ecuación:

$$V_e = \frac{W_{total}(C.S)(F.I.)}{Q}$$

En ninguna situación se permitirá que la fuerza cortante basal calculada dinámicamente ( $V_d$ ) sea menor que el 75 por ciento de la calculada estáticamente ( $V_e$ ). Cuando  $V_d / V_e < 0.75$ , las respuestas de diseño se incrementarán en  $0.75 V_e / V_d$ .

Para el análisis sísmico en torres arriostradas se podrá ocupar la ecuación anteriormente citada ( $V_e$ ) repartiendo las fuerzas en el modelo de Staad en el número total de nodos de la torre; la magnitud de su fuerza deberá ser proporcional a la masa concentrada en cada nivel de la torre.

### 3.4 Consideraciones de Diseño para el Modelo en Staad. Pro V8iSS5

Deberá realizarse con el software **STAAD. Pro V8iSS5**. Para la realización del análisis se deberán incluir las siguientes consideraciones:

#### 3.4.1. Condiciones de Apoyo.

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

#### 3.4.2. Modelación, Análisis y Diseño de la Estructura.

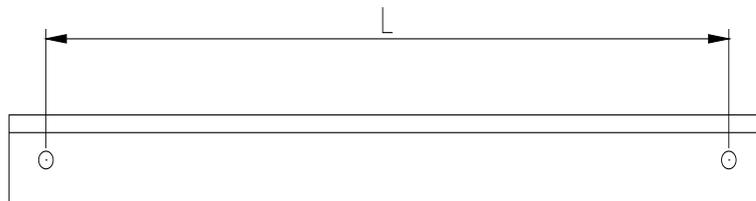
La estructura se deberá analizar como “estructura en el espacio”. En caso de torres autosoportadas y arriostradas podrán liberarse los miembros de la celosía para que trabajen como armaduras.

Para torres autosoportadas, arriostradas y monopolos, 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. Se permite en caso de monopolos que la fuerza de viento estimada para el fuste se distribuya por unidad de longitud en cada tramo.

Los miembros de la estructura se diseñarán conforme al Código del AISC 10a. edición.

Para miembros de la celosía, en autosoportadas y arriostradas se revisara que la relación de esbeltez ( $KL/r$ ) sea menor a 200 (para miembros principales y secundarios) en ambas direcciones de diseño (“Y” y “Z”) como el Staad. Pro revisa las secciones angulares con el menor radio de giro (eje local “Z” de acuerdo al manual IMCA) las longitudes “Ly” y “Lz” a ingresar en el programa será como sigue:

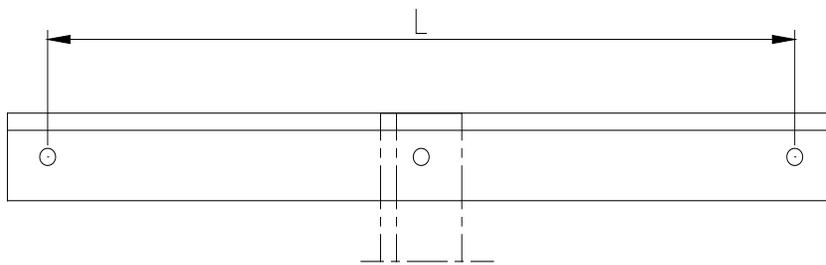
$$L=L_y=L_z$$



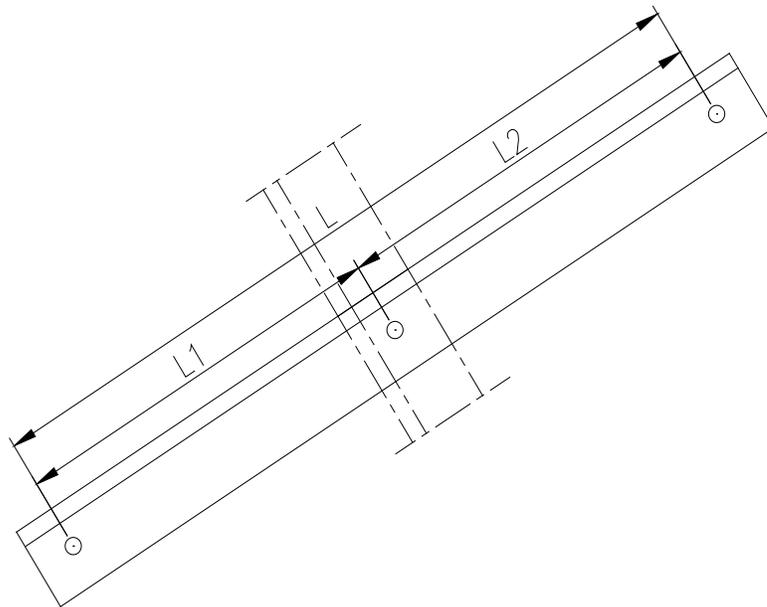
$$L=L_y=L_z$$



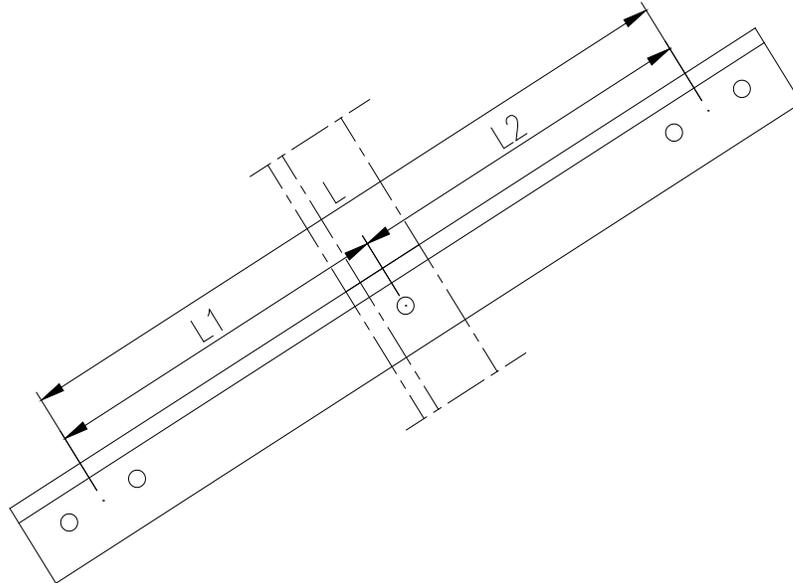
$$L=L_y \quad 0.5L=L_z$$



$$L=L_y$$
$$L_1=L_z$$



$L=L_y$   
 $L_1=L_z$



Para efectos de rapidez se puede tomar las distancias entre nodos.

Para cualquier tipo de monopolo se deberá revisar la relación de esbeltez del primer tramo, el cual no deberá tener una longitud menor a 6m (independientemente que se modele a cada tramo), el valor de las variables K y L será  $K=2.00$  y  $L=H_t$  donde  $H_t$  es la altura total del monopolo.

Como resultado del análisis se considerara aceptables los diseños que cumplan con los siguientes parámetros:

- Para Monopolos de cualquier altura el primer tramo podrá rebasar como máximo el 10% (1.10) la relación de esbeltez y deberá cumplir con una relación de esfuerzos máxima del 100% ( $RI < 1.0$ ) se deberá de cumplir de manera estricta ambas condiciones.
- Para el resto de los tramos del monopolo la revisión solo será por esfuerzos, la relación de esfuerzos no deberá exceder del 95% ( $RI \leq 0.95$ ).
- Todos los Monopolos tipo bridado deberán considerar en su diseño y fabricación cartabones de rigidez para cada brida que incluya el monopolo.
- En diámetros de 24" y menores se podrán reducir hasta dos diámetros comerciales entre tramos consecutivos.

- Para diámetro de 30" y mayores, se podrá reducir hasta un diámetro comercial entre tramos consecutivos.

3.4.3. 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. **(En revisión)**

3.4.4. Retenidas.

Tensión Inicial. Para los fines de diseño, la tensión inicial de las retenidas deberá estar en un rango comprendido entre 7 y 10 por ciento de la resistencia mínima a la ruptura especificada por el fabricante. Se puede utilizar valores de tensión inicial fuera de estos límites siempre que se considere la sensibilidad de tensión de la estructura frente a las variaciones de la tensión inicial. Cuando se utilice valores de tensión inicial superiores al 10 por ciento se deberá considerar los potenciales efectos de vibración eólica. Asimismo, cuando se utilice valores de tensión inferiores al 7 por ciento se deberá considerar los efectos de galope y los ciclos de tensión y holgura.

En ausencia de datos específicos proporcionados por el fabricante, el módulo de elasticidad de un cable de acero usado para el análisis deberá ser de 1621000Kg/cm<sup>2</sup>, excepto para los cables pretensados de diámetro menor o igual a 2-9/16" para los cuales se deberá utilizar un módulo de elasticidad de 1693000Kg/cm<sup>2</sup>. Para valores diferentes a los proporcionados en esta norma se deberá ingresar a Departamento de Normas Y Proyectos Estructurales de **Telesites y de Fibra** las fichas técnicas para su validación.

Los cables no tienen un punto de fluencia definido ya que se manufacturan con alambre estirado en frío; por lo tanto, de manera distinta a otros tipos de miembros a tensión, la carga de trabajo o el esfuerzo permisible de diseño se basa en la resistencia mínima de ruptura o resistencia última del cable. Las cuales deberán proporcionar el fabricante para su diseño.

Para el diseño de cables se deberá garantizar un factor de seguridad a la tensión, dividiendo la resistencia a la tensión mínima de ruptura por la máxima carga de tensión calculada de diseño, dando un valor mínimo de 2.00. El incremento de 1/3 a la tensión para condiciones de carga de viento no se aplica a la resistencia del fabricante a las retenidas y conexiones.

Para las retenidas que por diseño exijan un diámetro de cable no comercial, y/o de difícil manejo en su instalación se podrá optar por usar retenidas hasta de doble cable,

limitando su propuesta a iguales diámetros, en su defecto se colocaran más niveles de retenidas con un triángulo estabilizador si por diseño lo exige. **(En revisión)**

Todos los cables suministrados deberán ser tipo retenida con recubrimiento galvanizado.

La combinación para el diseño de retenidas serán las siguientes:

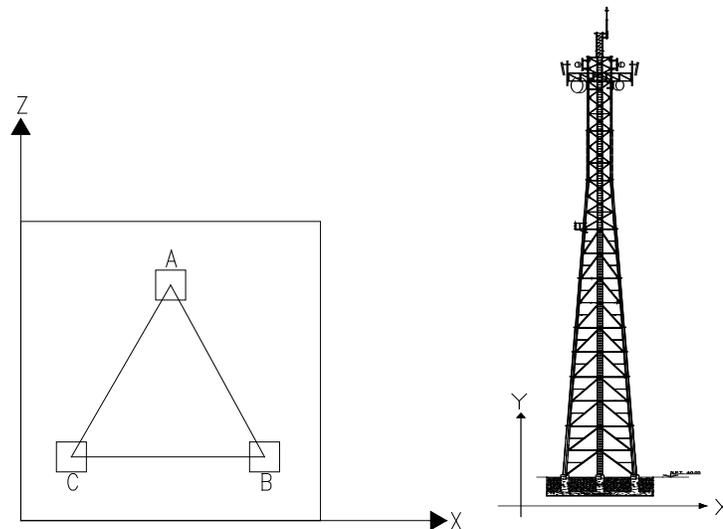
- 1.00 (PP + CM + CV + VzRegional)
- 1.00 (PP + CM + CV - VzRegional)
- 1.00 (PP + CM + CV + Sz + 0.30Sx)
- 1.00 (PP + CM + CV + Sx + 0.30Sz)
- 1.00 (PP + CM + CV - Sz - 0.30Sx)
- 1.00 (PP + CM + CV - Sx - 0.30Sz)

3.4.5. El acero a utilizar para el diseño será el descrito en el Capítulo 1 sección 2.

3.4.6. 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

- Las cargas primarias deberán designarse como se indica a continuación:

	#	Primarias
Peso propio	1	PP

	#	Primarias
Carga muerta	2	CM
Carga viva	3	CV
Frecuencia natural	4	FN
Viento en Z (Regional)	5	Vz Regional
Viento en Z (Operación)	6	Vz Operación
Sismo en X	7	Sx
Sismo en Z	8	Sz
Sismo en X (Deflexiones)	9	Sxd
Sismo en Z (Deflexiones)	10	Szd

- Combinaciones de carga para diseño de Autosoportadas, Monopolos y Mástiles por ASD

	#	DISEÑO
Gravitacional	11	1.0 (PP + CM + CV)
Viento en Z (+)	12	0.75 (PP + CM + CV + VzRegional)
Viento en Z (-)	13	0.75 (PP + CM + CV - VzRegional)
Sismo (+ +)	14	0.75 (PP + CM + CV + Sz + 0.30Sx)
Sismo (+ +)	15	0.75 (PP + CM + CV + Sx + 0.30Sz)
Sismo (- -)	16	0.75 (PP + CM + CV - Sz - 0.30Sx)
Sismo (- -)	17	0.75 (PP + CM + CV - Sx - 0.30Sz)

- Combinaciones de carga para diseño de Monopolos y Mástiles por ASCE

	#	DISEÑO
Gravitacional	11	1.5 (PP + CM)
Viento	12	1.2 (PP + CM) + 1.6 CV + 0.8 VzRegional
Viento	13	1.2 (PP + CM) + 0.5 CV + 1.3 VzRegional
Sismo	14	1.2 (PP + CM) + 0.5 CV + 1.5 Sz + 0.5 Sx
Viento	15	0.9 (PP + CM) + 1.3 VzRegional
Sismo	16	0.9 (PP + CM) + 1.5 Sz + 0.5 Sx

- Combinaciones de carga para desplazamientos de Autosoportadas, Monopolos y Mástiles por ASD y ASCE

	#	DESPLAZAMIENTOS
Gravitacional	18	1.0 (PP + CM + CV)
Viento en Z (+)	19	1.0 (PP + CM + CV + VzOperación)
Viento en Z (-)	20	1.0 (PP + CM + CV - VzOperación)
Sismo (+ +)	21	1.0 (PP + CM + CV + Szd + 0.30Sxd)
Sismo (+ +)	22	1.0 (PP + CM + CV + Sxd + 0.30Szd)
Sismo (- -)	23	1.0 (PP + CM + CV - Szd - 0.30Sxd)
Sismo (- -)	24	1.0 (PP + CM + CV - Sxd - 0.30Szd)

- Combinaciones de carga para diseño de Cimentación de Autosoportadas, Monopolos y Mástiles

	#	Cimentación
Gravitacional	25	1.0 (PP + CM + CV)
Viento en Z (+)	26	1.0 (0.9PP + 0.9CM + 0.9CV + VzRegional)
Viento en Z (-)	27	1.0 (0.9PP + 0.9CM + 0.9CV - VzRegional)
Sismo (+ +)	28	1.0 (0.9PP + 0.9CM + 0.9CV + Sz + 0.30Sx)
Sismo (+ +)	29	1.0 (0.9PP + 0.9CM + 0.9CV + Sx + 0.30Sz)
Sismo (- -)	30	1.0 (0.9PP + 0.9CM + 0.9CV - Sz - 0.30Sx)
Sismo (- -)	31	1.0 (0.9PP + 0.9CM + 0.9CV - Sx - 0.30Sz)

Para la combinación No. 25 se afectará por un factor de carga de 1.50 y para las combinaciones No. 26 a la 31 se afectará por un factor de carga de 1.10, esto se deberá reflejar en la memoria de cimentación.

- Resultado total de fuerza aplicada por cada condición y combinación de carga.

- Frecuencia natural de vibración de la estructura, considerando únicamente su peso propio y el peso correspondiente a la totalidad de los accesorios.
- Comparación de la deflexión máxima contra la deflexión permisible horizontal.
- Revisión del diseño de los miembros incluyendo RI ( $RI < 1.00$ ).
- 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.

### 3.5 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. **(En revisión)**

### 3.6 Diseño de Cimentación

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 2004.

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

- 3.6.1 Cálculo del momento actuante.- Se calculará empleando las reacciones obtenidas del análisis de la torre, combinaciones de carga de la 25 a la 31 del punto 3.4.6.
- 3.6.2 Cálculo del momento resistente.- Se entenderá por resistencia la magnitud de una acción, o de una combinación de acciones, que provocarían la aparición de un estado límite de falla de la estructura o de cualquiera de sus componentes. En general, la resistencia se expresara en términos de la fuerza interna, o combinación de fuerzas internas, que correspondan a la capacidad máxima de las secciones críticas de la estructura. Se entiende por fuerzas internas las fuerzas axiales, cortantes, los momentos de flexión y torsión que actúen sobre la estructura. Para la evaluación de las cargas muertas se emplearan las dimensiones especificadas de los elementos constructivos. Para estos últimos se utilizaran los valores mínimos probables cuando sea más desfavorable para la estabilidad y diseño de la estructura considerar una carga muerta menor, como en caso del volteo, flotación, lastre y succión producida por el viento y o sismo.

En la Tabla No. 10 se proporcionan los pesos volumétricos para consideraciones de estabilidad y diseño.

Tabla 10. PESO VOLUMETRICOS		
MATERIAL	MAXIMO (T/m3)	MINIMO (T/m3)
Concreto clase I	2.3	2.1
Concreto clase II	2.1	1.9
Concreto reforzado clase I	2.4	2.2
Concreto reforzado clase II	2.2	2
Bloque de concreto pesado	2.1	1.9
Bloque de concreto intermedio	1.7	1.3
Bloque de concreto ligero	1.3	0.9
Mampostería	2.5	2.1
Concreto ciclópeo	2.1	2.1
Tepetate seco	1.6	1.6

- 3.6.3 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.

- 3.6.4 La revisión de la presión de contacto sobre el terreno se realizará por el método de Plastificación Total o Áreas Reducidas según las NTC 2004 del RCDF.

$$q_{act} = \frac{\sum P}{A} < q_{ad}$$

dónde:

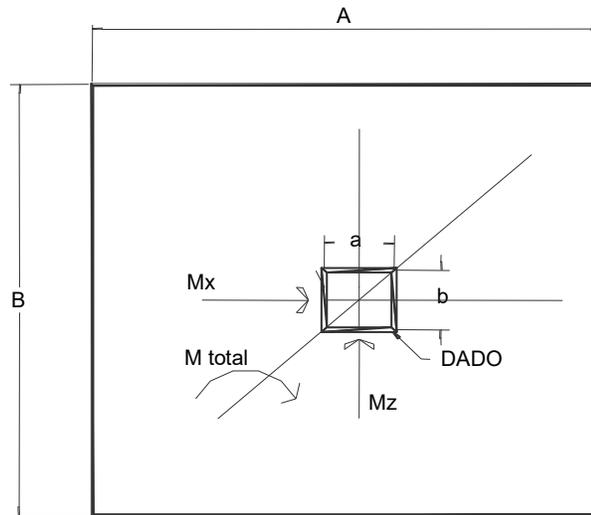
$q_{act}$  Presión de contacto actuante.

$A$  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. Los elementos mecánicos a aplicar serán el 100% del valor arrojado por la corrida de STAAD.

$\sum P$  Suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada en el nivel de desplante.

$q_{ad}$  Capacidad de carga admisible determinada por la mecánica de suelos con un factor de seguridad mínimo de 3.00. En caso que se esté proporcionando la capacidad de carga ultima,  $\sum P$  deberá afectarse por su respectivo factor de carga.

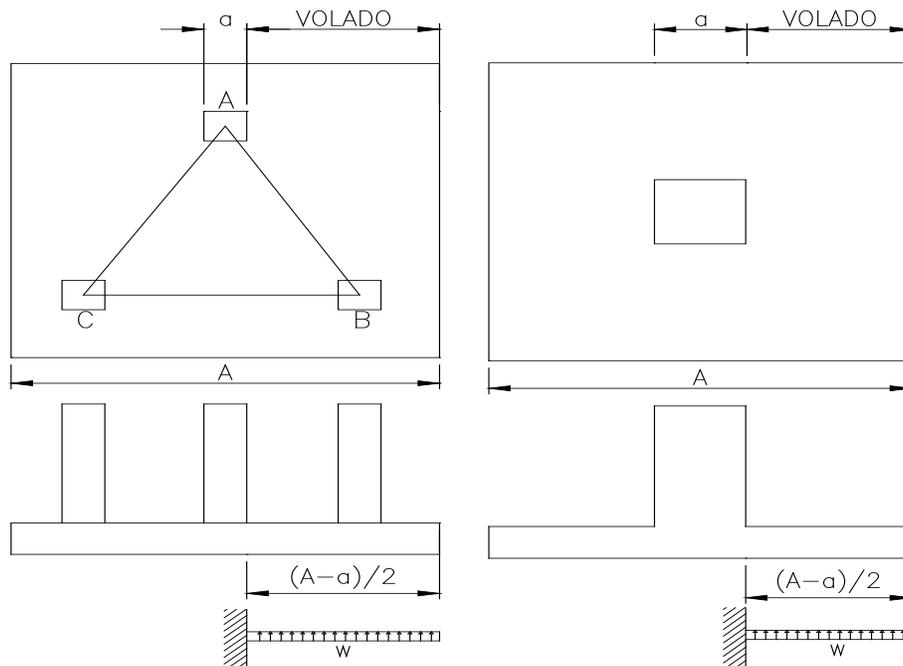
**Nota:** Para el caso de monopolos los elementos mecánicos se tomarán suponiendo que actúan en un ángulo  $45^\circ$ , calculando sus componentes, y siendo estas las que se apliquen para la revisión únicamente de los esfuerzos sobre el terreno, como se puede apreciar en la siguiente figura:



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

- 3.6.5 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.

*[ESPACIO EN BLANCO DE MANERA INTENCIONAL]*



El valor de las presiones de contacto  $q_{\text{diseño}}$  que se utilizarán para el cálculo del momento de diseño será el resultante del  $q_{\text{act}}$  por su factor de carga correspondiente (sin considerar el peso de relleno).

3.6.6 Revisión por cortante.-Se deberán verificar las condiciones para emplear la ecuación adecuada para la revisión de cortante:

$$\begin{matrix} 4d \\ \leq B_{ase} \end{matrix} \quad \begin{matrix} h \\ < 60_{cm} \end{matrix} \quad \frac{M_u}{V_u d} < 2$$

Si se cumple las tres condiciones el esfuerzo cortante se calculara con la siguiente expresión como viga ancha:

$$V_{cr} = 0.5FR\sqrt{f^*c}$$

De lo contrario se revisará como fuerza cortante que toma el concreto,  $V_{CR}$ , 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 deberán suministrar varillas en las cuatro caras perimetrales de la zapata para evitar agrietamientos, en forma equidistante; el diámetro de la varilla será igual al obtenido por el acero de cambios volumétricos.

**Tabla 11.**

NUMERO DE VARILLAS	PERALTE (cm)
1	70
2	71 – 100
3	101 – 130
4	131 – 160
5	161 – 190

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.

- 3.6.7 Refuerzo por cambios volumétricos.- En toda dirección en que la dimensión de un elemento estructural sea mayor que 1.5m, el área de refuerzo que se suministrara no será menor que:

$$a_{s1} = \frac{660x_1}{f_y(x_1 + 100)}$$

dónde:

$a_{s1}$  = área transversal del refuerzo colocado en la dirección que se considera por unidad de ancho de la pieza ( $\text{cm}^2/\text{cm}$ ). El ancho mencionado se mide perpendicularmente a dicha dirección y a  $x_1$ .

$x_1$  = peralte promedio de la zapata (cm).

Si  $x_1$  no excede de 150mm, el refuerzo puede colocarse en una sola capa. Si  $x_1$  es mayor a 150mm, el refuerzo se colocará en dos capas próximas a las caras del elemento.

En elementos estructurales expuestos directamente a la intemperie o contacto con el terreno, el refuerzo no será menor de  $1.5 a_{s1}$ .

3.6.8 Recubrimientos.- Cuando el concreto es colado sobre o contra el terreno compactado al 95% de la prueba Proctor Estándar, el mínimo recubrimiento para la superficie en contacto con el terreno será 7.5cm, o 5.0cm si se emplea plantilla de concreto simple con un  $f'c$  no menor a  $100\text{Kg/cm}^2$ .

3.6.9 Concreto.- Se utilizará un concreto clase 1  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  como mínimo y concreto clase 1  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  para zonas costeras donde la categoría de terreno (CT) sea 1.0.

Para el tipo de cemento a utilizar se seguirá la siguiente clasificación:

- En cimentaciones donde el nivel de agua freática (NAF) se encuentre a una profundidad no mayor a 1.00m por debajo del nivel de desplante se deberá ocupar un cemento RS e impermeabilizante integral.
- En cimentaciones que se encuentren en zonas costeras la categoría de terreno (CT) sea de 1.0, deberá ocuparse un cemento RS más puzolana e impermeabilizante integral.
- En cimentaciones donde el peralte sea mayor a 1.00m, se deberá ocupar un cemento CPP.
- En los demás casos se podrá emplear un cemento CPO.

Si la mecánica de suelos presenta un estudio de agresividad del suelo donde se ubicara el desplante de la cimentación los puntos citados con anterioridad se adaptaran a la tabla 4.2 de las NTC 2004 de Concreto.

- 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.
- El área de acero mínimo en el dado será el requerido por el análisis (flexotensión, flexocompresion) pero no menor que  $20/f_y$ .

#### 4. Criterios para Cargas sobre Torres

La altura total de la torre se establecerá mediante el NCR (Nivel Centro de Radiación) proporcionado por el Memo de RF (Radio Frecuencia) u OTA (Orden de Trabajo), adicionándole 1.50m al NCR, con la altura obtenida se ajustara ascendentemente a múltiplo de tres metros. Se permite ajustar la torre con una sobredimensión de dado máxima de 50cm para alcanzar el NCR establecido.

Para el diseño estructural de la torre autosoportada, arriostrada y monopolos se deberá considerar la instalación de tres soportes tipos bandera por sector; el diseño será acuerdo al fabricante homologado por el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales de **Telesites y de Fibra**. Los soportes tipo bandera serán doble, triple y cuádruples para la instalación de dos, tres y cuatro antenas de RF por sector según

el proyecto lo requiera, los cuales deberá considerarse un pasillo andador. Se considerará la instalación tubos de 2.5" de diámetro CED 40 de 3m de longitud según sea el caso del soporte a emplear. Todos sus elementos deberán ser galvanizados por inmersión en caliente y pintados si se requiere.

La instalación del primer nivel de soportes de RF será a 1.50m por debajo de la cúspide de la torre, para el análisis y diseño los niveles se declaran en el punto 4.1

En el caso de mástiles se deberá considerar la instalación de un sector andador de 40cm.

El paso de la escalera no deberá ser obstruido por los soportes tipo bandera.

4.1 Se deberán considerar en el análisis de la estructura las siguientes cargas:

Mástiles: Estructura con diámetro menor o igual a 10" capacitada para un Carrier. Se cargarán con:

TIPO DE ANTENA	ALTURA	No. DE ANTENAS	ANTENAS EXPUESTAS
RF	H	9	6 a 0°
MW	H-1.0m	4	1 $\varnothing$ =0.60m a 90°
			1 $\varnothing$ =0.60m a 90°
			1 $\varnothing$ =0.60m a 0°
			1 $\varnothing$ =0.60m a 0°

Monopolos: Estructura con diámetro mayor a 10"capacitada para dos Carriers. Se cargarán con:

TIPO DE ANTENA	ALTURA	No. DE ANTENAS	ANTENAS EXPUESTAS
RF	H	12	4 a 0°
	H-4.5m	9	3 a 0°
MW	H-2.25m	3	1 $\varnothing$ =1.20m a 0°
			1 $\varnothing$ =0.60m a 0°
			1 $\varnothing$ =1.20m a 90°

La altura estará referencia a H=altura total de la torre en metros.

Autosoportadas y Arriostradas menores a 60m: Se capacitará para dos Carriers. Se cargará con:

TIPO DE ANTENA	ALTURA	No. DE ANTENAS	ANTENAS EXPUESTAS
RF	H	12	4 a 0°
	H-4.5m	9	3 a 0°
MW	H-2.25m	3	1ø=1.20m a 0°
			1ø=0.60m a 0°
			1ø=1.20m a 90°
	H-6.75m	3	1ø=1.20m a 0°
			1ø=0.60m a 0°
			1ø=1.20m a 90°

La altura estará referencia a H=altura total de la torre en metros.

Autosoportadas y Arriostradas mayores o iguales a 60m: Se capacitará para tres Carriers. Se cargará con:

TIPO DE ANTENA	ALTURA	No. DE ANTENAS	ANTENAS EXPUESTAS
RF	H	12	4 a 0°
	H-4.5m	9	3 a 0°
	H-9.0m	9	3 a 0°
MW	H-2.25m	3	1ø=1.20m a 0°
			1ø=0.60m a 0°
			1ø=1.20m a 90°
	H-6.75m	3	1ø=1.20m a 0°
			1ø=0.60m a 0°
			1ø=1.20m a 90°

La altura estará referencia a H=altura total de la torre en metros.

Mástiles autosustentables: Se capacitará para un Carrier. Se cargarán con:

TIPO DE ANTENA	ALTURA	No. DE ANTENAS	ANTENAS EXPUESTAS
RF	H	9	3 a 0°
MW	H-1.0m	3	1ø=0.60m a 0°
			1ø=0.60m a 0°
			1ø=0.60m a 0°

La altura estará referencia a H=altura total de la torre en metros.

- 4.2 Todas las antenas celulares se consideran del tipo RF y las antenas de microondas se consideran con radomo cilíndrico plano.
- 4.3 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 están indicadas en las tablas correspondientes para cada torre. Las áreas de exposición se calcularán con las fuerzas proporcionadas por **Telesites y Fibra**.
- 4.4 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.
- 4.5 Para el caso de monopolos destinados a soportar anuncios espectaculares, 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 de **Telesites y de Fibra**.
- 4.6 Estará limitado el suministro e instalación de torres con sección en planta menor a 90cm (T-90) y estarán sujetas a un previo Vo. Bo. por parte del Departamento de Normas y Proyectos Estructurales de **Telesites y de Fibra**.
- 4.7 Se deberá emplear la tabla 12 para las líneas que serán área de exposición 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.

**Tabla 12.**

TIPO DE TORRE	Ø	1 CARRIER		2 CARRIER		3 CARRIER	
		TOTAL SISMO	EXPUESTAS VIENTO	TOTAL SISMO	EXPUESTAS VIENTO	TOTAL CM	EXPUESTAS VIENTO
MONOPOLO	7/8"	6	N/A	12	N/A	18	N/A
	1/2"	2	N/A	4	N/A	6	N/A
AUTOSOPORTADA Y ARRIOSTRADA	7/8"	6	6	12	6	18	6
	1/2"	2	2	4	2	6	2

- 4.8 Se deberá considerar la cama guía de ondas de 6 barrenos para cada Carrier y 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 más 6m, en forma horizontal, incluyendo la curva vertical del cambio de dirección y una curva horizontal.

- 4.9 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, multipanel 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 considera desde el nivel de la plancha de concreto de donde se desplanta el contenedor o el equipo outdoor.
- 4.10 La cama guía de ondas podrá ser de aluminio y 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.
- 4.11 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  $90^{\circ}$ , pudiendo tener como límite 2 ángulos de  $120^{\circ}$  y 2 ángulos de  $60^{\circ}$  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 **de Telesites y de Fibra**.
- 4.12 Para torres arriostradas se utilizarán triángulos estabilizadores o estrella antitorsión al fin de evitar cualquier efecto de torsión a la estructura.
- 4.13 Para torres arriostradas se recomienda que todas las retenidas estén al mismo nivel, y de ser posible, también al nivel del desplante de la torre. En caso de que el terreno este accidentado se deberá ingresar un plano altimétrico indicando las curvas de nivel y ubicación de retenidas. Para cualquier caso fuera de estas indicaciones se deberá avalar por el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales **de Telesites y de Fibra**.
- 4.14 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.
- 4.15 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.
- 4.16 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.

- 4.17 El proveedor de la torre o llave en mano deberá ingresar la ingeniería de torre, mecánica de suelos del sitio, de acuerdo a la información que se especifica a detalle en las Normas y Criterios **de Telesites y de Fibra** para Análisis y Diseño de Torres y Cimentaciones (NCtADTC)  
Dicha información debe ser entregada al Departamento de Normas y Proyectos Estructurales de **de Telesites y de Fibra**, el cual dará el visto bueno del diseño estructural y lo enviará al Departamento de Construcción de la región correspondiente y al proveedor de la torre o llave en mano. Sin este Vo. Bo. no se podrá empezar ningún trabajo relacionado con instalación y/o construcción de la torre y cimentación.
- 4.18 Para la recepción de materiales en sitio, **Telesites y Fibra** deberá contar con toda la información anteriormente descrita.

## 5. Revisión al Estado Límite de Servicio.

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 (10ª edición), código ASTM y reglamentos vigentes de la localidad en que se instalará la estructura.

- La deflexión máxima horizontal se calculará para una velocidad de operación  $V_{op} = V_r(0.65)$  km/h pero no menor a 90Km/h. Deberá incluirse la totalidad del análisis para la obtención de las fuerzas por viento y sismo así como el análisis para la obtención de desplazamientos.
- Oscilación máxima permitida de  $Tang 1.50$  grados en el tope de torre y monopolos, para cargas por viento.
- Oscilación máxima permitida de  $Tang 1.50$  grados en el tope de monopolos, sólo para cargas por sismo.

Cualquier criterio que no se indique en las presentes normas, deberá aclararse con el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales de **Telesites y de Fibra**.

## 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.