



**TORRES PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUBTRANSMISIÓN
DE 69 kV Y MAYORES**

**ESPECIFICACIÓN
CFE J1000-50**

**MARZO 2019
REVISA Y SUSTITUYE A LA
EDICIÓN DE JUNIO 2016**

MÉXICO

P R E F A C I O

Esta **especificación** ha sido elaborada de acuerdo con el Manual de Integración y Funcionamiento del Subcomité de Normalización Técnica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y sus Empresas Productivas Subsidiarias (EPS's) (**SCNTCFE**). La propuesta de revisión fue preparada por la **Dirección de Transmisión**.

Revisaron y aprobaron la presente **especificación** las áreas siguientes:

COORDINACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN

DIRECCIÓN DE TRANSMISIÓN

GERENCIA DEL LAPEM

La presente **especificación** entra en vigor a partir de la fecha abajo indicada y será actualizada y revisada tomando como base las observaciones que se deriven de la aplicación de la misma. Dichas observaciones deben enviarse a la Gerencia del **LAPEM**, cuyo Departamento de Normalización y Metrología coordinará la revisión.

Esta **especificación** revisa y sustituye a la edición de junio de 2016, y a todos los documentos normalizados de CFE relacionados con torres para líneas de transmisión y subtransmisión de 69 kV y mayores que se hayan publicado.

ESTE DOCUMENTO FUE AUTORIZADO POR EL "SUBCOMITÉ DE NORMALIZACIÓN TÉCNICA DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD Y SUS EMPRESAS PRODUCTIVAS SUBSIDIARIAS (SCNTCFE)", EN LA SESIÓN ORDINARIA 2/2019, CELEBRADA EL 20 DE MARZO DE 2019.

Esta Especificación entra en vigor a partir de 11 de junio de 2019.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

C O N T E N I D O

1	OBJETIVO	1
2	CAMPO DE APLICACIÓN	1
3	NORMAS QUE APLICAN	1
4	DEFINICIONES	3
4.1	Claro Medio Horizontal	3
4.2	Claro Vertical	3
4.3	Defecto Crítico	4
4.4	Defecto Mayor	4
4.5	Defecto Menor	4
4.6	Deflexión	4
4.7	Pruebas de Aceptación	4
4.8	Pruebas de Prototipo	4
4.9	Pruebas de Rutina	4
4.10	Uso Mecánico	4
4.11	Uso Eléctrico	4
5	CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES	4
5.1	Nomenclatura	4
5.2	Dimensiones de Distancias Dieléctricas	6
5.3	Requisitos para el Análisis y Diseño de las Torres	6
5.4	Características de los Materiales	21
5.5	Tolerancias y Ajustes de Fabricación	22
5.6	Protección Anticorrosiva	22
5.7	Revisión de Diseño	23
6	CONDICIONES DE OPERACIÓN	30
7	CONDICIONES DE DESARROLLO SUSTENTABLE PROTECCIÓN AMBIENTAL	31
8	CONDICIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	31
9	CONTROL DE CALIDAD	31
9.1	Pruebas de Rutina	32
9.2	Pruebas de Aceptación	32
9.3	Prueba Prototipo a las Torres de Nuevo Diseño	33
10	MARCADO	33
11	EMPAQUE, EMBALAJE, EMBARQUE, TRANSPORTACIÓN, DESCARGA, RECEPCIÓN, ALMACENAJE Y MANEJO	34
11.1	Empaque	34
11.2	Embarque	34
11.3	Certificados	34
12	BIBLIOGRAFÍA	34

APÉNDICE A	(Informativo) CÁLCULO DE PRESIONES DE VIENTO A PARTIR DE LA VELOCIDAD REGIONAL	36
APÉNDICE B	INFORMACIÓN TÉCNICA	44
APÉNDICE C	SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS POR CORROSIÓN EN TORRES EXISTENTES	45
TABLA 1-	Combinaciones y factores de carga para las condiciones con y sin hielo	8
TABLA 2-	Torque para tornillos	21
TABLA 3-	Caracteres para el marcado de la parte	26
TABLA 4-	Masas teóricas	27
TABLA 5-	Plan de muestreo sencillo para inspección reducida nivel S-4	32
TABLA 6-	Tipos y clasificación de defectos de galvanizado	32
FIGURA 1-	Articulación	13
FIGURA 2-	Armado de tornillo	14
FIGURA 3-	Stub	16
FIGURA 4-	Longitud efectiva de pandeo	17
FIGURA 5-	Protección antirrobo de elementos estructurales	19
FIGURA 6-	Escalón	20



1 OBJETIVO

Establecer los lineamientos técnicos, de análisis, diseño, fabricación y calidad; las características mecánicas, eléctricas, normativas, dimensionales y pruebas que deben cumplir las torres autosoportadas y con retenidas utilizadas en líneas de transmisión y subtransmisión de 69 kV y mayores por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

2 CAMPO DE APLICACIÓN

En la clasificación, análisis, diseño estructural, fabricación, montaje, pruebas mecánicas de prototipo y suministro de torres de instalación permanente para líneas de transmisión y subtransmisión de energía eléctrica de 69 a kV y mayores que adquiere la CFE.

3 NORMAS QUE APLICAN

LGEEPAMRP	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos (DOF 28-I-1988, Reformada el 13-XII-1996).
RLGEEPAMRP	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
RTTMRP	Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (DOF 07-IV-1993).
NOM-001-SEMARNAT-1996	Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.
NOM-001-STPS-2008	Edificios, Locales, Instalaciones y Áreas en los Centros de Trabajo- Condiciones de Seguridad.
NOM-002-SEMARNAT-1996	Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales a los Sistemas de Alcantarillado.
NOM-003-SCT-2008	Características de las Etiquetas de Envases y Embalajes, Destinadas al Transporte de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.
NOM-004-SCT-2008	Sistema de Identificación de Unidades Destinadas al Transporte de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.
NOM-005-SCT-2008	Información de Emergencia para el Transporte de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.
NOM-006-STPS-2014	Manejo y Almacenamiento de Materiales- Condiciones de Seguridad y salud en el trabajo.
NOM-007-SCT2-2010	Marcado de Envases y Embalajes Destinados al Transporte de Sustancias y Residuos Peligrosos.
NOM-008-SCFI-2002	Sistema General de Unidades de Medida.
NOM-010-SCT2-2009	Disposiciones de Compatibilidad y Segregación, para el Almacenamiento y Transporte de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.

NOM-011-SCT2-2012	Condiciones para el Transporte de las Substancias y Materiales Peligrosos Envasadas y/o Embaladas en Cantidades Limitadas.
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Genere Ruido.
NOM-017-STPS-2008	Equipo de Protección Personal-Selección, Uso y Manejo en los Centros de Trabajo.
NOM-019-SCT2-2015	Especificaciones Técnicas y Disposiciones Generales para la Limpieza y Control de Remanentes de Substancias y Residuos Peligrosos en las Unidades que Transportan Materiales y Residuos Peligrosos.
NOM-023-STPS-2012	Minas Subterráneas y Minas A Cielo Abierto - Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo.
NOM-028-SCT2-2010	Disposiciones Especiales y Generales para el Transporte de las Substancias, Materiales y Residuos Peligrosos de la Clase 3 Líquidos Inflamables.
NOM-030-STPS-2009	Servicios Preventivos de Seguridad y Salud en el Trabajo-Funciones y Actividades.
NOM-043-SCT-2003	Documento de Embarque de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.
NOM-047-SSA1-2011	Salud Ambiental-Índices Biológicos de Exposición para el Personal Ocupacionalmente Expuesto a Sustancias Químicas.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que Establece las Características, el Procedimiento de Identificación, Clasificación y los Listados de los Residuos Peligrosos.
NOM-053-SEMARNAT-1993	Que Establece el Procedimiento para Llevar a Cabo la Prueba de Extracción para Determinar los Constituyentes que Hacen a un Residuo Peligroso por su Toxicidad al Ambiente.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Que Establece el Procedimiento para Determinar la Incompatibilidad Entre Dos o Más Residuos Considerados como Peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.
NOM-113-STPS-2009	Seguridad-Equipo de Protección Personal-Calzado de Protección-Clasificación, Especificaciones y Métodos de Prueba.
NOM-115-STPS-2009	Seguridad-Equipo de Protección Personal-Cascos de Protección-Clasificación, Especificaciones y Métodos de Prueba.
NOM-116-STPS-2009	Seguridad-Equipo de Protección Personal-Respiradores Purificadores de Aire de Presión Negativa Contra Partículas Nocivas-Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-H-004-SCFI-2008	Industria Siderúrgica- Productos de Hierro y Acero Recubiertos con Cinc (Galvanizados por Inmersión en Caliente)- Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-Z-012-1-1987	Muestreo para la Inspección por Atributos Parte 1 – Información General y Aplicaciones.

NMX-Z-012-2-1987	Muestreo para la Inspección por Atributos Parte 2 – Método de Muestreo, Tablas y Gráficas.
IEC 60652-2002	Loading Test on Overhead Line Structures.
ISO 9225-2012	Corrosion of metals and alloys -- Corrosivity of Atmospheres -- Measurement of Environmental Parameters Affecting Corrosivity of Atmospheres.
CFE L1000-11-2015	Empaque, Embalaje, Embarque, Transporte, Descarga, Recepción y Almacenamiento de Bienes Muebles Adquiridos por CFE.
CFE L1000-32-2015	Manuales, Procedimientos e Instructivos Técnicos.
CFE H1000-17-2015	Guantes de Protección contra Sustancias Químicas (Uso Doméstico, General e Industrial).
CFE 2P100-96-2015	Señalización de Líneas de Transmisión Aéreas y Subterráneas (Cables de Potencia), para Inspección Aérea, Tráfico Aéreo, Marítimo y Terrestre.
CFE 2C301-15-2017	Herrajes y Conjuntos de Herrajes para Líneas de Transmisión Aéreas con Tensiones de 69 kV a 400 kV.
CFE D8500-01-2017	Selección y Aplicación de Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8500-02-2017	Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8CME-07-2018	Protección Anticorrosivo para Cimentación de Estructuras Autosoportadas de Líneas de Transmisión.
CFE L0000-15-2012	Colores Normalizados.
CFE L0000-57-1998	Sistemas de Administración de Seguridad Industrial en CFE.
CFE-MMA00-01-2000	Evaluación de la Corrosión y la Aplicación de Recubrimientos para Mantenimiento de Estructuras Metálicas de Líneas de Transmisión.
CFE-DCDLTA01-2014	Diseño de Líneas de Transmisión Aéreas.

NOTA: En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados, debe tomarse en cuenta la edición en vigor en la fecha de publicación de la convocatoria al concurso, salvo que la CFE indique otra cosa.

4 DEFINICIONES

4.1 Claro Medio Horizontal

Es la semisuma de la distancia horizontal de los claros adyacentes a la estructura de referencia.

4.2 Claro Vertical

Es la suma de las distancias horizontales entre los dos puntos más bajos de las catenarias adyacentes a la estructura de referencia.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

4.3 Defecto Crítico

Es el defecto que puede producir condiciones peligrosas o inseguras, para quienes utilizan o mantienen la unidad de producto. Es también el defecto que puede llegar a impedir el desempeño de una función importante de la unidad de producto.

4.4 Defecto Mayor

Es el defecto, que sin ser crítico tiene grandes probabilidades de ocasionar una falla o reducir en forma drástica la utilidad de la unidad de producto para el fin a que se destine.

4.5 Defecto Menor

Es aquel defecto que representa una desviación con respecto a sus especificaciones establecidas, pero que no tiene una influencia decisiva en el uso efectivo o en la operación de la unidad de producto, o sea que no tiene grandes probabilidades de reducir en forma drástica la posibilidad de uso para el fin a que se le destine.

4.6 Deflexión

Es el ángulo máximo de cambio de dirección en la trayectoria de la línea de transmisión que permite la torre sin afectar su estabilidad, de acuerdo con su diseño eléctrico y estructural.

4.7 Pruebas de Aceptación

Son las establecidas por la CFE con el objeto de verificar si las estructuras cumplen con lo especificado.

4.8 Pruebas de Prototipo

Tiene como objetivo establecer las características de diseño. Se realizan una única vez y solo se repiten cuando se modifican los materiales o el diseño de las estructuras.

4.9 Pruebas de Rutina

Son las realizadas por el fabricante durante la producción, con el propósito de verificar si la calidad del producto se mantiene dentro de las tolerancias permitidas.

4.10 Uso Mecánico

Es el conjunto de parámetros máximos que identifican a una estructura, como son la deflexión (en grados), claro medio horizontal (en metros) y claro vertical (en metros).

4.11 Uso Eléctrico

Es la conjunción de parámetros de tipo eléctrico para diseño, como son la tensión (kV), número de circuitos, número de conductores por fase, tipo y calibre de conductores.

5 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES

Las unidades de medida utilizadas en esta especificación deben cumplir con la norma NOM-008-SCFI.

5.1 Nomenclatura

Los diferentes tipos de torres de transmisión y subtransmisión, se clasifican e identifican por su nomenclatura, la cual está constituida por caracteres alfa numéricos conforme a lo siguiente:

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

5.1.1 Primer dígito

Indica la tensión eléctrica de operación:

No.	Tensión eléctrica (kV)
6	69
8	85
1	115
2	230
4	400
5	500

5.1.2 Segundo dígito

Indica el uso de la estructura:

2° Dígito	Uso mecánico de la estructura
A	Suspensión claros cortos
B	Suspensión claros medios
C	Suspensión claros largos
X	Deflexión hasta 30 °
Y	Deflexión hasta 90 °
R	Remate hasta 45 °
T	Transposición
S	Transición
G	CT (Suspensión claros largos y transposición).
W	YR (Deflexión y remate).
Z	XYR (Deflexiones y remate).

5.1.3 Tercer dígito

Indica el número de circuitos o el número de polos de la estructura.

5.1.4 Cuarto dígito

Indica el número de conductores por fase o polo.

5.1.5 Quinto dígito

Corresponde a la velocidad de viento regional para un periodo de retorno de 50 años:

5° Dígito	Velocidad de viento regional km/h
E	120
F	140
G	160
H	180
I	200

5.1.6 Sexto Dígito

El sexto carácter corresponde al tipo de corriente que transmitirá la Línea de Transmisión, colocar "A" si es Corriente Alterna o una "D" si es Corriente Directa.

5.1.7 Séptimo Dígito

Colocar la letra "R" al final de su nomenclatura, únicamente cuando se trate de torres con retenidas.

5.1.8 Por tensión eléctrica múltiple

Cuando se trate de torres con tensión eléctrica múltiple. En su clasificación, se deben utilizar los caracteres numéricos de 5.1.1 a 5.1.4 agrupándolos de mayor a menor tensión eléctrica, separados por un guion.

5.2 Dimensiones de Distancias Dieléctricas

La forma y configuración de las torres deben estar de acuerdo con la presente especificación y los planos que la complementan.

La información relacionada con las distancias dieléctricas se indican en los planos y estos deben contener la siguiente información:

- a) Dimensiones generales de las torres.
- b) Tipo y número de conductores, así como la disposición de la(s) fase(s).
- c) Detalles de la sujeción de cables.
- d) Requisitos de dimensionamiento eléctrico de las torres.
- e) Ángulo de posición del o los hilos de guarda (ángulo de blindaje).

5.3 Requisitos para el Análisis y Diseño de las Torres

5.3.1 Velocidad de viento

Para las zonas que cruza la línea de transmisión y subtransmisión, se determina la velocidad regional de viento para un periodo de retorno de 10 años y 50 años, conforme a lo establecido en la referencia [1] del capítulo 12 de esta especificación.

5.3.2 Presiones debidas al viento

A las velocidades regionales de viento corresponden las presiones, según la ubicación de la línea de transmisión y subtransmisión. En el Apéndice A se indica la forma de calcular las presiones, partiendo de la velocidad regional de viento.

5.3.3 Cargas

En el diseño de la estructura y en función a su uso se deben considerar los siguientes tipos de carga:

- a) Cargas debidas a la masa propia de los componentes de la línea.
- b) Cargas debidas a eventos climáticos: Viento, temperaturas extremas y hielo (cuando se indique en las **Características Particulares**).
- c) Cargas debidas a maniobras de tendido durante la construcción.
- d) Cargas por mantenimiento.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

5.3.3.1 Condiciones básicas de carga

Son las que deben ser consideradas para el diseño estructural de torres para líneas de transmisión y subtransmisión, tales como:

- a)** Cargas que actúan directamente en la torre.
 - Masa propia de la torre, de las cadenas de aisladores, herrajes y accesorios.
 - Acción de viento sobre el cuerpo de la torre, cadenas de aisladores y herrajes.
 - Cargas concentradas por tendido (masa de linieros y equipo, entre otros).

- b)** Cargas que transmiten los cables a la torre.
 - Por la masa propia de los cables que soporta y en su caso, por la masa de hielo que se acumule en estos.
 - Por la acción de viento actuando sobre los propios cables.
 - Por tensiones mecánicas en los cables (proyectadas en las direcciones que produzcan la carga máxima sobre la torre) en función a su máximo uso.

- c)** Las cargas anteriores se denotan mediante las siguientes literales y deben ser expresadas en kN:
 - PE = Carga vertical debida a la masa de la torre.
 - PA = Carga vertical debida a la masa de las cadenas de aisladores, herrajes y accesorios.
 - PC = Carga vertical debida a la masa de los cables conductores y de guarda.
 - PCH = Carga vertical debida a la masa de los cables conductores e hilo de guarda y del hielo acumulado en éstos cuando aplique.
 - PVM = Carga vertical debidas al personal y su equipo respectivo, aplicadas en las combinaciones de carga donde se hacen maniobras de tendido.
 - PM = Cargas verticales debidas a mantenimiento.
 - VA = Carga transversal por viento que actúa sobre las cadenas de aisladores y herrajes.
 - VC = Carga transversal por viento que actúa sobre los cables conductores y de guarda.
 - VCH = Carga transversal por viento reducido que actúa sobre los cables conductores y de guarda en los cuales se ha acumulado hielo.
 - VE = Carga transversal producida por la acción de viento sobre la torre.
 - VM = Velocidad regional máxima de viento asociada a un periodo de retorno de 50 años, en km/h.
 - VR = Velocidad reducida de viento, igual al 50 % de la velocidad regional máxima de la zona de la línea para un periodo de retorno de 10 años, en km/h.
 - TC = Carga debida a la tensión mecánica de los cables, proyectada en las direcciones longitudinal y transversal de la torre.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- CL = Componente longitudinal debida a la tensión mecánica del conductor o guarda, aplicada en el punto de sujeción de cables en el que se hace la maniobra de tendido.

5.3.3.2 Combinaciones y factores de carga

En la tabla 1 se establecen las combinaciones de carga que deben aplicarse para el diseño estructural de torres para líneas de transmisión y subtransmisión.

TABLA 1 Combinaciones y factores de carga para las condiciones con y sin hielo

Hipótesis de carga		Combinación de carga	Viento
Normal con viento regional		$(PE + PA + PC + VE + VA + VC + TC) * FCG$	VM
Tendido	Suspensión	$(PE + VE) * FCG + (PA + PC) * FCV + (VA + VC + TC + CL) * 1.18 + PVM$	VR
	Deflexión y remate	$(PE + VE + VA + VC + TC + CL) * FCG + (PA + PC) * FCV + PVM$	VR
Mantenimiento		PM	VR
Normal con viento regional reducido y hielo		$(PE + PA + PCH + VE + VA + VCH + TC) * FCG$	VR

5.3.3.3 Consideraciones básicas para el cálculo de las cargas

Las consideraciones básicas para el cálculo de las cargas que se presentan en la tabla 1 y que se deben aplicar para el diseño estructural de torres para líneas de transmisión y subtransmisión, son las siguientes.

- El factor de carga vertical (FCV) en la hipótesis de carga por tendido debe ser: $FCV = 1.5$.
- El factor de carga global (FCG), para torres de suspensión $FCG = 1.0$, para torres de remate y deflexión $FCG = 1.18$.
- En las combinaciones de carga en las que se incluye TC, ésta se refiere a las tensiones mecánicas de los cables aplicadas en la dirección de éstos, es decir en la dirección de la línea de transmisión y se deben siempre proyectar en las direcciones longitudinal y transversal de la torre. En esta forma TC define a las fuerzas aplicables para torres de suspensión, deflexión y remate.
- Para la condición de tendido se debe establecer un margen de seguridad adecuado para el personal durante estas maniobras. Para fines de diseño en los puntos de sujeción de los cables (por fase cada vez) se agregará además las cargas PVM y CL en el punto donde se considere la maniobra de tendido.

Valores PVM a considerar en la maniobra de tendido.

- 9 kN para fases de 400 kV y mayores.
 - 7 kN para fases de 230 kV.
 - 5 kN para fases de 115 kV.
 - 5 kN para cables de guarda.
- Con el fin de dar mantenimiento a las cadenas de aisladores en "V" en las torres de suspensión, se debe considerar una carga vertical concentrada PM, la cual se aplica en el eje longitudinal de la cruceta o trabe y al centro de la cadena en "V". En la cruceta correspondiente o trabe donde se aplica esta carga, no se debe combinar en ese punto, con alguna otra carga; en el resto de las crucetas y trabes se deben considerar las cargas de tendido.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

Las cargas verticales que se deben aplicar son las siguientes:

- 4 conductores por fase: 130.76 kN.
- 3 conductores por fase: 98.07 kN.
- 2 conductores por fase: 65.38 kN.
- 1 conductor por fase: 32.69 kN.

f) La combinación de carga “Normal con viento regional reducido y hielo”, se debe considerar para estructuras ubicadas en zonas en las que se tenga evidencia confiable de la aparición periódica de hielo sobre cables en líneas de transmisión y subtransmisión. Para fines de diseño, el espesor de hielo es de 5 mm, con peso específico de 8.8 kN/m³. Para esta misma combinación, en la tabla 1 se emplea la notación PCH y VCH para enfatizar la recomendación de considerar el espesor del hielo acumulado para evaluar la masa de los cables y el área que resulta expuesta a la acción del viento correspondiente.

g) Además de las combinaciones de carga que se indican en la tabla 1, en las torres de deflexión y remate, para las combinaciones de carga normales, se debe aplicar en uno de los extremos de las crucetas rectangulares y trabes (si existen), cruceta triangular y de guarda, aplicar la carga longitudinal desbalanceada que resulte del análisis de flechas y tensiones y considerar la carga vertical en una proporción de 75 % y 25 % en los claros adyacentes.

Si en el proyecto definitivo posterior a la prueba mecánica del prototipo, existe una proporción más desfavorable que 75 % y 25 % en claros adyacentes, se debe efectuar el análisis para esas condiciones y realizar el refuerzo necesario en las estructuras que aplique.

h) Si en el proyecto definitivo posterior a la prueba mecánica del prototipo, existen tensiones mecánicas hacia arriba en crucetas rectangulares, triangulares, de guarda o trabe, se debe realizar un análisis estructural y aplicar los refuerzos necesarios que resulten de las cargas descritas a continuación:

- En uno de los extremos de las crucetas rectangulares y trabe (si existe), se cuantifica la fuerza vertical ascendente para condiciones normales, con un análisis de flechas y tensiones.
- En el otro extremo se aplica una carga vertical descendente correspondiente a la parte proporcional de la suma de las cargas verticales para las condiciones normales.
- Las cargas verticales ascendentes y descendentes calculadas se deben combinar con las cargas transversales y longitudinales desbalanceadas que resulten del análisis de flechas y tensiones.

Para el análisis de las cargas verticales ascendentes y descendentes, debe ser conforme a lo establecido en la referencia [11] del capítulo 12 de esta especificación.

5.3.4 Consideraciones adicionales sobre el análisis estructural

a) Para fases con más de un conductor, la presión de viento se calcula considerando el área expuesta de los conductores. Igualmente, para cadenas de aisladores en “V”, la presión de viento se calcula considerando el área expuesta de las dos cadenas proyectada sobre un plano vertical.

b) Para el diseño estructural de los elementos de la torre, se emplean las envolventes de fuerzas actuantes que resulten del análisis de los niveles (“cuerpos o aumentos”) de la torre con los siguientes arreglos de extensiones (“patas”):

- Modelo 1: Las cuatro extensiones más largas en cada nivel.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- Modelo 2: Las cuatro extensiones más cortas en cada nivel.
 - Modelos 3 a 6: Tres extensiones más largas combinadas con una extensión más corta.
 - El análisis de los modelos 3 al 6 se debe hacer ubicando sucesivamente la extensión más corta en cada apoyo de la torre.
- c)** Para el diseño de torres de doble circuito deben considerarse:
- Las hipótesis de carga para un circuito instalado con dos hilos de guarda colocados.
 - Las hipótesis de carga para dos circuitos instalados.
- d)** Para el diseño de torres de cuatro circuitos deben considerarse:
- Las hipótesis de carga para dos circuitos instalados con dos hilos de guarda colocados.
 - Las hipótesis de carga para cuatro circuitos instalados.
- e)** Se deben considerar las tensiones mecánicas de las retenidas y efectos producidos por deformaciones de segundo orden para el diseño de torres con retenidas.
- f)** El cálculo de los elementos mecánicos para diseño de cimentaciones debe ser la envolvente de los modelos del 1 al 6 indicados en el inciso b) para cada nivel de las estructuras.

NOTA: Sobre las columnas de estructuras con retenidas, se consideran los esfuerzos secundarios debidos a la flexión transversal de la columna, producida por cargas de viento. El método empleado debe estar indicado en forma detallada en la memoria de cálculo.

5.3.5 Consideraciones adicionales para alojar cables de guarda con fibras ópticas

Cuando se indique en las **Características Particulares**, se debe realizar el análisis y revisión al diseño estructural de las torres autosoportadas de tensión, para alojar cables de hilo de guarda con fibras ópticas considerando los usos mecánicos de diseño, el Contratista debe aplicar lo siguiente:

- a)** Para el cálculo de tensiones longitudinales de diseño en crucetas de hilo de guarda:
- Realizar el análisis de flechas y tensiones longitudinales de diseño con las características del hilo de guarda con fibras ópticas a instalar en el Proyecto electromecánico de la línea de transmisión, como parte del cálculo se debe realizar una gráfica de tensiones mecánicas de diseño versus claros regla, conforme a lo indicado en la especificación CFE DCDLTA01.
 - las tensiones longitudinales de diseño del hilo de guarda no deben ser menor de 21.582 kN (2200 kg) de tensión longitudinal asociada a un viento máximo y de 8.633 kN (880 kg) de tensión longitudinal asociada a una temperatura ambiente (EDS).
- b)** Cargas factorizadas a considerar en el análisis y revisión al diseño estructural:
- Para cables conductores se deben aplicar las cargas incluidas en las bases del concurso.
 - Para cables de guarda (cargas transversal, longitudinal y vertical), se deben calcular conforme a lo indicado en esta especificación.
- c)** Para el caso de torres modelar todos los niveles a instalar en el Proyecto Electromecánico con sus combinaciones de extensiones conforme a esta especificación.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- d) Entregar las memorias de cálculo, planos de cuerpo básico (todos los niveles y combinaciones de patas de extensión) y en caso de requerir refuerzo, el Contratista debe realizar la ingeniería de detalle conforme a lo indicado en esta especificación y entregarse a la CFE para su supervisión.
- e) Para los refuerzos estructurales de las torres el Contratista debe realizar el suministro de todos los materiales producto del refuerzo estructural, montaje de los elementos y tornillería y la ingeniería de detalle, proporcionando planos de montaje, taller y lista de materiales.
- f) Los trabajos de reforzamiento en estructuras existentes deben ejecutarse previo al inicio de las actividades de tendido de los cables. En estructuras nuevas, los refuerzos deben ser considerados previo al inicio de la fabricación.

5.3.6 Cálculo de la resistencia de los elementos estructurales y conexiones

El diseño estructural debe realizarse por el método de resistencia última.

5.3.6.1 Lineamientos de diseño

Para el diseño de los elementos estructurales y tornillos que conforman la estructura, se deben aplicar los lineamientos del documento de referencia [4] del capítulo 12 de esta especificación.

5.3.6 Dimensiones mínimas

5.3.6.1 Ángulos en estructura

- a) Ancho: 38 mm.
- b) Espesor: 4.8 mm para miembros principales incluyendo las crucetas, 4.0 mm para el resto de los elementos.

5.3.6.2 Ángulos en cimentación

Espesor: 4.8 mm.

5.3.6.3 Placas en estructura y cimentación

Espesor: 4.8 mm.

5.3.6.4 Tornillos

Diámetro: 12.7 mm.

5.3.7 Intercambiabilidad de componentes

Para cada tipo de torre se deben diseñar los niveles de cuerpos y extensiones indicadas en la tabla 3 de esta especificación.

5.3.7.1 Torres autoportadas

- a) Las torres deben ser verificadas para las combinaciones de extensiones de pata y cuerpo.
- b) El licitante debe proponer a la CFE, para cuáles niveles conviene tener extensiones comunes, se aceptan dos tipos de combinaciones de patas comunes.
- c) Las uniones estructura-cimentación ("stub") se deben diseñar para poder combinar las diferentes extensiones.
- d) Diseñar la conexión entre los montantes y los dados de cimentación por medio de placas de base y anclas o con extensiones del montante ahogadas en el dado ("stub") con uñas ("clips") atornilladas.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

5.3.7.2 Torres con retenidas

- a) El acoplamiento de componentes de las estructuras con retenidas debe ser de tal modo que las columnas y los conjuntos de retenidas se puedan intercambiar en distintas combinaciones de altura con las crucetas.
- b) Cada combinación en columnas, retenidas y crucetas que conforman una torre, debe cumplir con los requisitos de distancias eléctricas y geometría indicados en los planos.
- c) Hasta donde lo permita la optimización, los diseños deben utilizar la mayor cantidad de elementos en común para distintas longitudes de columnas y la mayor cantidad de elementos comunes a distintos tipos de crucetas y de columnas.
- d) Las columnas de distintas alturas deben tener idénticos extremos. Las distintas longitudes se deben obtener variando las prolongaciones o combinando las prolongaciones centrales.
- e) Las prolongaciones para el mismo tipo de columna deben tener una misma longitud de elementos en montantes y una misma longitud de elementos en diagonales.
- f) La conexión entre la columna y la cruceta debe ser una articulación, cuyo eje es horizontal y paralelo a la línea de transmisión.
- g) La conexión entre la columna y la cimentación debe ser tipo rótula y además permitir el desprendimiento de la columna sin dañar la cimentación.
- h) El proveedor en la ejecución de la ingeniería de detalle, en la articulación instalada (ver detalle A indicado en la figura 1) en la interface de los mástiles y la cimentación se debe instalar un dispositivo que evite el desprendimiento en sentido vertical del mástil.

5.3.8 Ingeniería de detalle

- a) Las piezas se deben identificar con una marca en los planos de montaje y taller (véase capítulo 9 de esta especificación).
- b) El proveedor es responsable de las dimensiones y detalles en los planos de taller y montaje; con la finalidad de facilitar su montaje y mantenimiento.
- c) Las placas de unión y el uso de arriostramiento deben ser funcional para una adecuada distribución de esfuerzos, acorde con la economía de materiales y facilidad de montaje.
- d) Las piezas se deben disponer de tal modo que no acumule agua de lluvia. Si no se puede evitar esta situación, se deben diseñar desagües adecuados.
- e) Las uniones se detallan para evitar excentricidad. Cuando no sea posible, los esfuerzos adicionales se deben considerar en el dimensionamiento de todos los elementos que llegan a las conexiones mecánicas.
- f) Las diagonales cruzadas se deben atornillar en sus intersecciones. Si las superficies de contacto no están en el mismo plano, se deben utilizar placas de relleno.

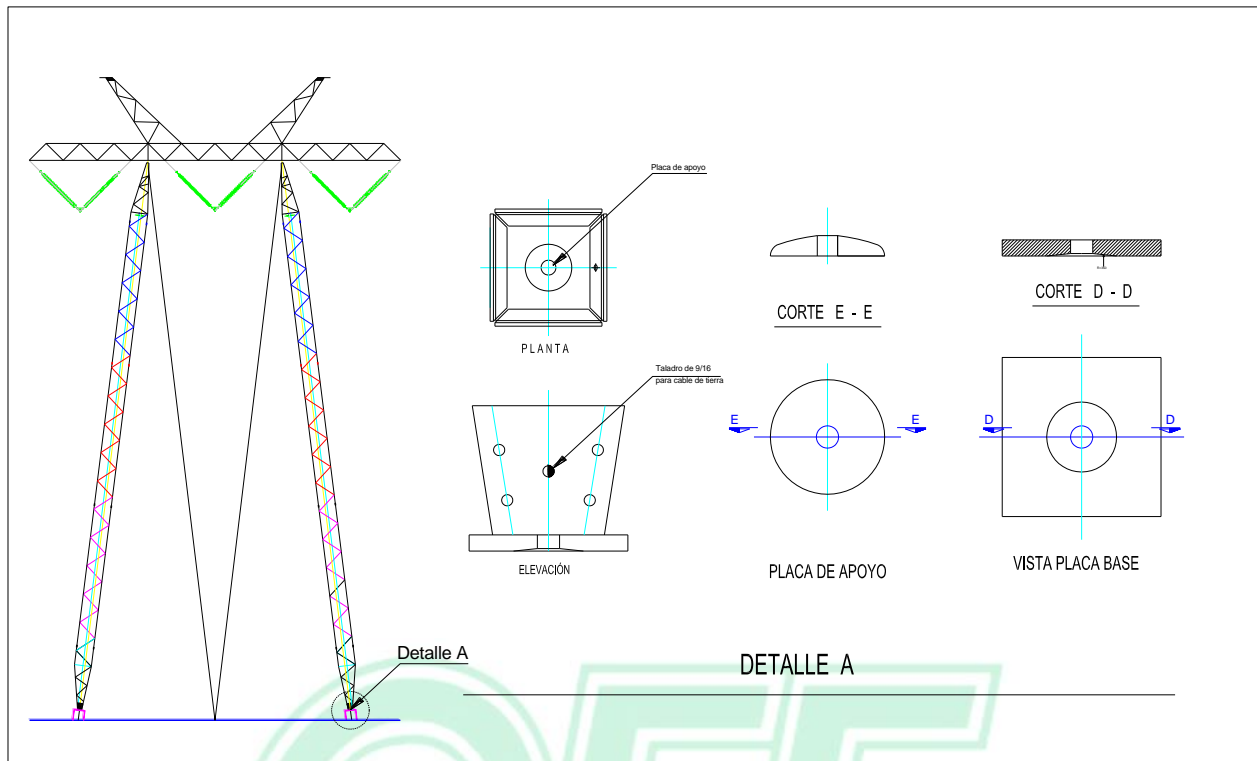


FIGURA 1 - Articulación

- g) Se debe limitar la longitud máxima de cualquier pieza aislada para efectuar el galvanizado en un solo baño y evitar que no se deforme permanentemente bajo su propia masa durante el manejo y transporte.
- h) En los extremos de los perfiles se pueden hacer recortes, siempre y cuando la reducción de la sección neta no sea mayor que la reducción en el esfuerzo del perfil a lo largo de la unión.
- i) La sujeción entre elementos principales continuos (montantes), se debe diseñar con un mínimo de cuatro tornillos.
- j) Los tornillos deben llevar roldana de presión y tuerca. En las uniones de elementos principales, se debe colocar la tuerca de seguridad (palnut) o contratuerca véase armado de tornillo en la figura 2.

Se identifica como elementos principales a los montantes de horquillas, cuerpo recto y piramidal, aumentos, cerramientos y extensiones; cuerdas de traves, crucetas de conductor y de guarda, diagonales de extensiones, stubs y cuadros de cerramientos.

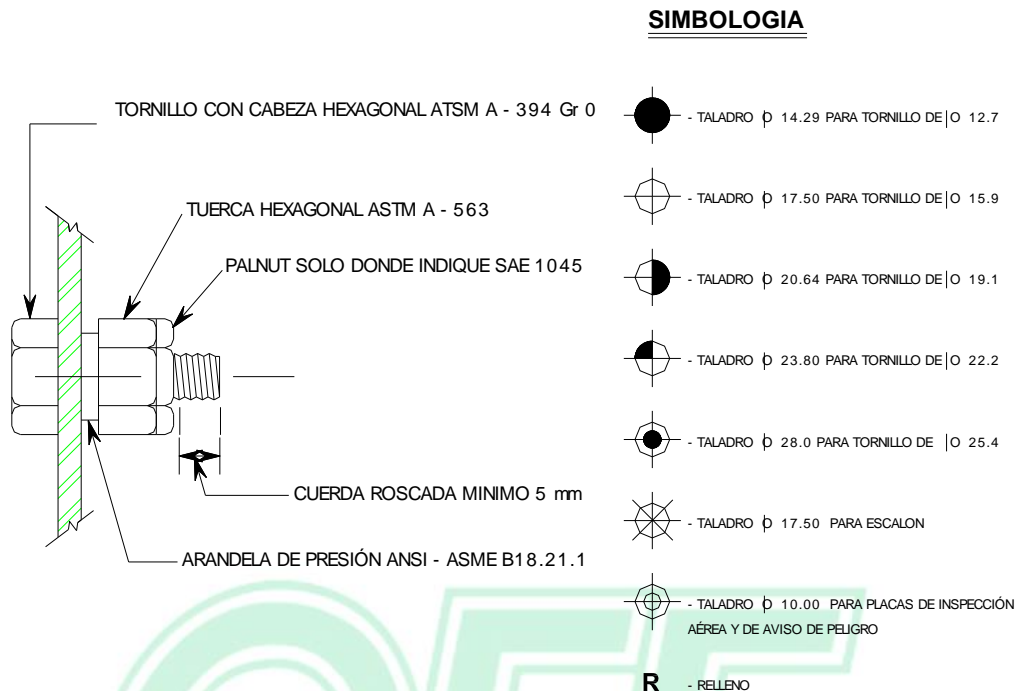


FIGURA 2- Armado de tornillo

- i) La longitud de los tornillos tiene que ser tal que después de apretada la tuerca de seguridad o (palnut), quede una longitud libre de 5 mm mínimo.
- j) En cualquiera de las estructuras se permite únicamente dos diámetros de tornillos.
- k) Las diagonales del cuerpo piramidal, aumentos y extensiones, se deben conectar por lo menos con dos tornillos.
- l) Las placas de conexión se deben diseñar de manera que no presenten aristas libres ya colocadas en la estructura.
- m) En el armado de todos los componentes (perfiles) las superficies de contacto deben estar en el mismo plano. No se permiten dobleces en elementos principales y secundarios.
- n) No se admite:
 - Perfiles fabricados con dos tramos unidos con soldadura, tampoco sellos (tapones) con soldadura ni ranuras en barrenos.
 - La existencia de soldadura en perfiles.
 - Despatines: en ningún perfil con esfuerzos calculados ni en la intersección de diagonales cruzadas.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- Uniones de tres o más perfiles cuyos extremos estén unidos con un solo tornillo.
- o)** Las placas de sujeción de las cadenas de aisladores deben estar provistas de taladros adicionales para maniobras de tendido y tensionado de conductores, así como de mantenimiento.
- p)** Como parte de la ingeniería de detalle el fabricante debe considerar un empalme a 400 mm en el stub debajo de la corona del dado o pila de cimentación igual al empalme del stub y pata de extensión e incluirlo en las listas de materiales, planos de taller y montaje.
- q)** En la parte superior de los stub, (figura 3) se debe marcar la nomenclatura completa de la estructura de acuerdo a lo indicado en párrafo 5.1.

5.3.9 Consideraciones adicionales para el diseño

- a)** Los elementos de la torre cuyo eje longitudinal forme con la horizontal un ángulo menor de 30 ° deben resistir una carga concentrada de 1 225 N, perpendicular al eje longitudinal y aplicada en cualquier punto de su longitud.
- b)** Los elementos redundantes (sin esfuerzos calculados) deben tener capacidad para soportar, por lo menos el 2.5 % de la fuerza actuante en el elemento principal que arriestra.
- c)** Se deben proveer cuadros de rigidez horizontales en la parte superior del cerramiento, en la cintura de torres autosoportadas y dentro de las columnas de estructuras con retenidas.
- d)** Las crucetas de las torres deben estar estructuradas de tal forma que su planta superior (planta de tensores) esté provista de elementos de arriostamiento, asimismo los elementos principales cuerdas y tensores deben de cumplir con la relación de esbeltez máxima de $L/r = 150$, lo anterior independientemente del resultado del análisis estructural.
- e)** Se deben incluir en las torres preparaciones para mantenimiento en línea viva, así como maniobra de izaje de herramientas, equipos y cadena de aisladores.
- f)** Se debe proveer a la torre de accesorios removibles para montaje de la misma con grúa o helicóptero.

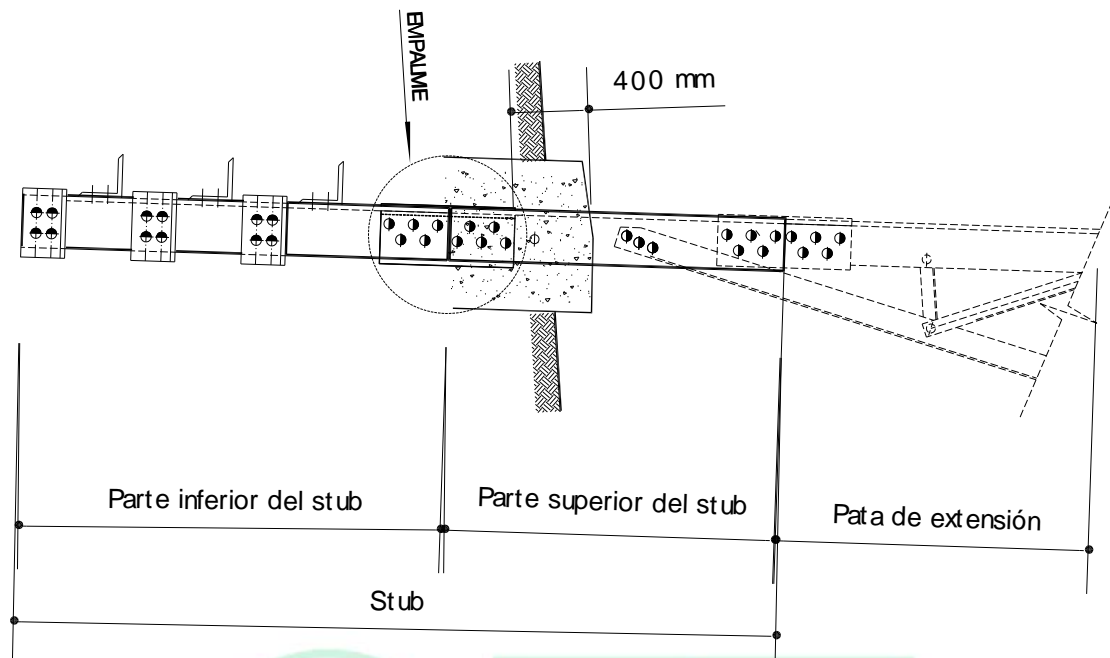


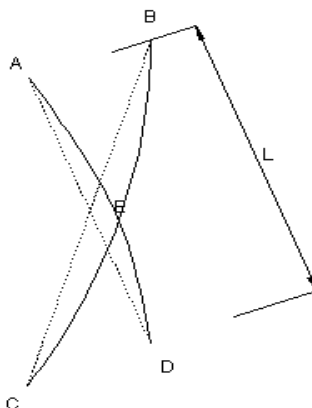
FIGURA 3- Stub

- g) El armado de las torres en todos los niveles debe ser modular.
- h) Los tornillos se deben diseñar con el plano de cortante incluido en la rosca.
- i) Se acepta utilizar dos combinaciones de pata de extensión en el diseño de las estructuras.
- j) Para las estructuras en las que no se solicite la prueba prototipo, todos los elementos estructurales se deben diseñar al 90 % del esfuerzo máximo permisible (tornillos, placas de conexión y perfiles, incluyendo el stub).
- k) Cuando en el análisis estructural las diagonales de la estructura estén trabajando en compresión-compresión, la longitud efectiva de pandeo debe ser la longitud total del elemento véase figura 4.

5.3.9.1 Protección de elementos estructurales en torres y marcos de celosía

Cuando se indique en las **Características Particulares**, el Contratista debe considerar para las torres y/o marcos de acero incluidos en la obra, como medida preventiva contra el robo de elementos estructurales desde el stub, extensiones, cerramiento y hasta el aumento inmediato superior después del cerramiento, de acuerdo a la figura 5, la aplicación de las siguientes acciones:

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--



Esfuerzo decompresión en barras A-D y B - C

FIGURA 4- Longitud efectiva de pandeo

- a) Punteado con soldadura
 - Con arco eléctrico se debe considerar como parte de este alcance, aplicar una cubierta de pintura anticorrosiva del color de la estructura en la zona afectada de tuercas y tornillos, tal como se establece en las especificaciones CFE D8500-01 y CFE D8500-02.
- b) Punteado por golpe
 - Se debe considerar como parte de este alcance, aplicar una cubierta de pintura anticorrosiva del color de la estructura en la zona afectada de tuercas y tornillos, tal como se establece en las especificaciones CFE D8500-01 y CFE D8500-02.
- c) Instalación de tornillos de seguridad
 - Incluir el suministro, instalación y pruebas de tornillos antirrobo que cumplan con los diámetros de cada tipo de estructura y su resistencia mecánica indicada en las referencias [6] y [12] del capítulo 12 de esta especificación y esta misma especificación, así como los accesorios para su instalación. Los tornillos antirrobo se instalan en tramos de líneas de transmisión descritos en las **Características Particulares** de cada obra y deben cumplir con lo siguiente:
 - Instalación rápida y fácil.
 - Bajo costo de implementación en el cambio de tornillos convencionales.
 - Alta resistencia al desgaste y corrosión.
 - Versátiles y reusables.
 - Cumplir con las características de resistencia mecánica especificada.

La tuerca del tornillo debe tener las mismas características que la cabeza del tornillo y pueden ser fabricados con diferentes diseños de cabeza y diferentes diámetros de acuerdo a lo requerido en las estructuras de líneas de transmisión.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

Diseño

Con cabeza de coche, tuerca cónica con superficie lisa o tuerca tipo fusible o cualquier dispositivo que eviten ser removidos sin la llave o accesorios. Todas las formas de los tornillos tienen que llegar al torque máximo, impidiendo posteriormente quitar la misma al no tener punto de apoyo para las herramientas convencionales que se usan para remover tornillos, y cumplir con lo indicado en las referencias [6] y [12] del capítulo 12 de esta especificación.

El diseño estructural de los tornillos y conexiones debe ser por el método de resistencia última y con el plano de corte incluido en la rosca.

Aplicar los lineamientos de la referencia [4] del capítulo 12 de esta especificación.

Los tornillos deben llevar roldana de presión y tuerca. El diámetro mínimo de los tornillos debe ser de 12.7 mm.

La longitud de los tornillos tiene que ser tal que después de apretada la tuerca de seguridad, quede una longitud libre de 5 mm mínimo. Los tornillos a instalar en las conexiones de los elementos secundarios y redundantes deben tener la capacidad para soportar, al menos el 2.5 % de la fuerza actuante en el elemento principal que conecta.

Los tornillos deben cumplir con el tipo 0 de la referencia [6] del capítulo 12 de esta especificación.

Las dimensiones de los tornillos deben cumplir con lo indicado en las referencias [2] y [13] del capítulo 12 de esta especificación.

Las roscas de los tornillos deben cumplir con lo indicado en las referencias [13] y [14] del capítulo 12 de esta especificación.

Las arandelas planas deben cumplir con lo indicado en la referencia [15] del capítulo 12 de esta especificación.

El torque mínimo en los tornillos debe ser conforme a la tabla 2.

Los tornillos se deben instalar en las conexiones de las diagonales (elementos secundarios), redundantes de las extensiones, cerramiento y hasta el aumento inmediato superior después del cerramiento de acuerdo con la figura 1.

El cambio de tornillos antirrobo aplica a las conexiones de los elementos secundarios (diagonales) y redundantes, conforme a lo indicado en esta especificación.

Se debe suministrar la herramienta necesaria para su instalación y entregarla al área usuaria.

El marcado de los tornillos antirrobo debe contener:

- a)** Clase.
- b)** Grado (fluencia).
- c)** Símbolo de identificación del fabricante.

El galvanizado de las tuercas, contratuercas, tornillos y tuercas de seguridad debe efectuarse por el método de inmersión en caliente y cumplir con las NMX-H-004-SCFI, y con lo indicado en las referencias [16] y [17] del capítulo 12 de esta especificación.

Pruebas:

- Pruebas rutina.
Estas pruebas las debe definir y realizar el proveedor de los tornillos durante el proceso de fabricación.
- Prueba de aceptación.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

Inspección visual. El material no debe presentar defectos de acuerdo con lo indicado en la especificación CFE J1000-50.

Inspección dimensional. Las dimensiones de los tornillos deben cumplir con lo indicado en esta especificación.

Verificación del galvanizado. El galvanizado debe cumplir con lo indicado en las especificaciones NMX-H-004 y CFE J1000-50.

Análisis químico del acero estructural. Verificar mediante certificados de calidad.

Pruebas mecánicas. Verificar mediante certificados de calidad y pruebas. Las pruebas deben ser de tensión, flexión, dureza tipo Brinell y Rockwell, y de corte. Las pruebas mecánicas se deben definir conforme a la ASTM-A 370.

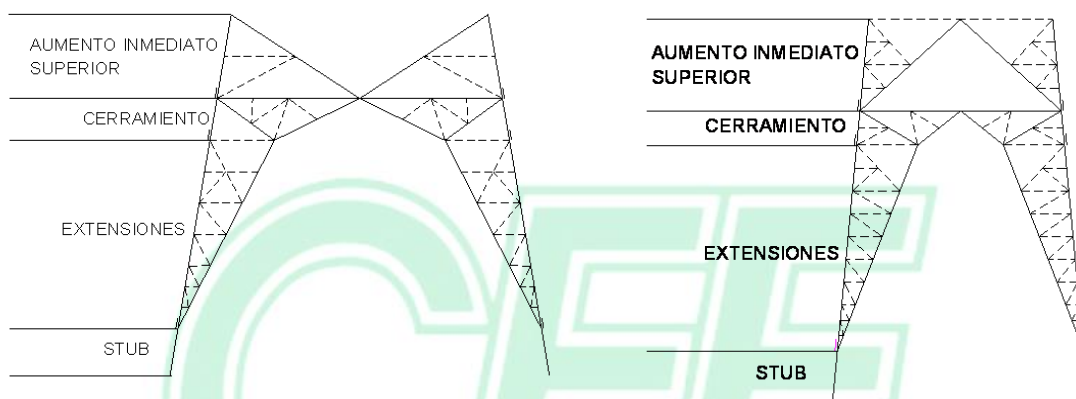


FIGURA 5- Protección antirrobo de elementos estructurales

5.3.9.2 Sustitución de elementos por corrosión en torres existentes

Cuando se indique en las **Características Particulares** la revisión física o estado de corrosión en torres existentes por el tendido de cable de guarda con fibras ópticas o recalibración de los cables conductores o maniobras por cambio o sustitución de estructuras, el concursante debe cumplir con lo indicado en el Apéndice C.

5.3.10 Escalera

- a) Se deben colocar escalones alternados en cada ala de los elementos (montantes) que conforma la pata No. 4, para subir a la torre. Así como en la cruceta del cable de guarda cuando la "cuerda" inferior forme un ángulo con la horizontal igual o mayor a 30 °.
- b) Los escalones se deben instalar a partir de 3.0 m respecto al piso y distar cada uno a 40 cm ± 2 cm. A menos que la placa o elemento de conexión no lo permita.
- c) El proveedor debe suministrar los escalones necesarios empacados junto con una roldana plana, una de presión y dos tuercas hexagonales para cada escalón. Las tuercas deben ser instaladas una en la parte externa junto con la roldana plana y la otra en la parte interna del ángulo junto con la roldana de presión. El escalón debe ser como se indica en la figura 6.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

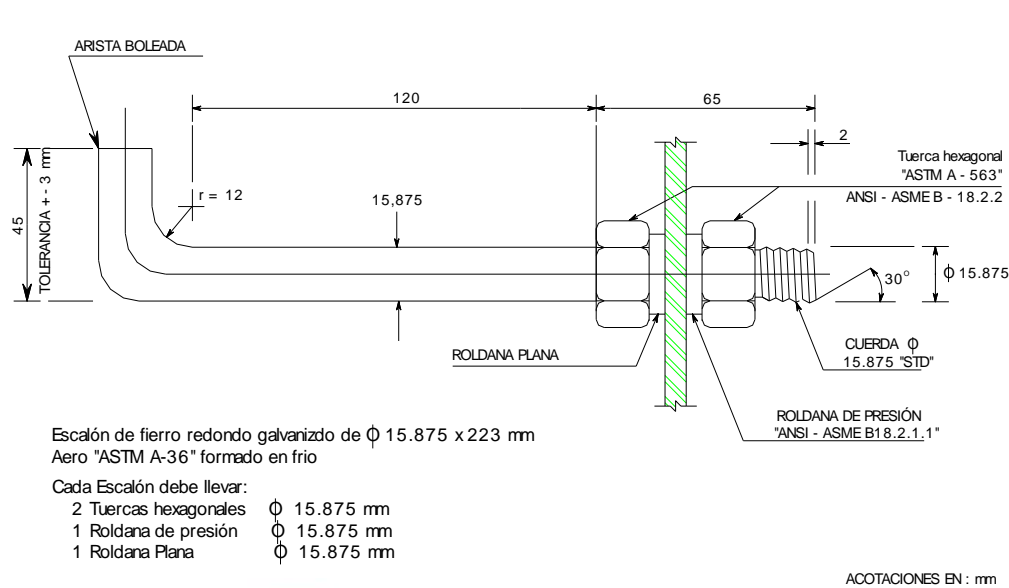


FIGURA 6-Escalón

5.3.11 Barrenos especiales

Se deben indicar en los planos correspondientes la posición y diámetro de los barrenos para instalar dos placas de "identificación para inspección aérea", las cuales deben ser ubicadas en las caras anterior y posterior perpendiculares al sentido de la línea de transmisión, en la parte central de la trabe principal (estructuras de disposición horizontal de los conductores) o en la parte central del cuerpo recto a la altura de las crucetas del cable de guarda (estructuras con disposición vertical de los conductores), debiendo instalarse en el elemento horizontal de la parte más alta de la estructura. Deben ser dos barrenos por placa de 1 cm de diámetro separados como lo indica la CFE 2P100-96.

Se deben indicar en los planos correspondientes la posición y diámetro de los barrenos para instalar dos placas de "aviso preventivo, peligro alta tensión", las cuales deben ser ubicadas en las caras anterior y posterior de la estructura, al sentido de la línea de transmisión, debiendo instalarse en el elemento horizontal de la parte más alta del cerramiento (bottom panel) deben ser dos barrenos por placa de 1 cm de diámetro separados como lo indica la CFE 2P100-96.

5.3.12 Herrajes

Por lo que respecta al cable de guarda, el proveedor debe considerar para su sujeción, el diseño y suministro de grilletes tanto en torres de tensión como en suspensión. En el diseño de los mismos es necesario tomar en cuenta que estos se conectarán con los conjuntos de tensión y suspensión indicados en la CFE 2C301-15. Los grilletes se deben diseñar para una carga mínima de 80 kN.

En cuanto al conductor, el proveedor debe considerar para su sujeción, el diseño y suministro de grilletes en tensión y de grilletes, y alargaderas (machetes) en caso de requerirse en suspensión. En el diseño de los mismos es necesario tomar en cuenta que estos se conectarán con los conjuntos de tensión y suspensión indicados en la CFE 2C301-15.

Los grilletes para el conductor se deben diseñar para soportar una tensión mecánica mínima de 120 kN en torres de suspensión (excepto en torres de suspensión de 3 conductores se debe considerar 160 kN).

De la misma manera se deben diseñar grilletes para el conductor, con una tensión mecánica mínima de 120 kN en torres de tensión con una cadena de aisladores y de 160 kN en torres de tensión con dos cadenas de aisladores y un conductor por fase.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

Finalmente se deben diseñar grilletes para el conductor, con una tensión mecánica mínima de 320 kN y 480 kN en torres de tensión, con dos y tres cadenas de aisladores respectivamente, en estructuras con tensiones de 400 kV de 2 y 3 conductores por fase.

Los grilletes y alargaderas se deben detallar en los planos de montaje y/o despiece para su fabricación y montaje, y considerarse en la lista de materiales como parte del suministro de la torre.

Para las torres de deflexión y remate con tensión de 400 kV, se debe considerar el mismo número de cadenas de aisladores que de conductores, salvo que la CFE indique otra cosa en **Características Particulares**.

Para tensiones mayores de 400 kV se deben incluir las especificaciones para los herrajes en las **Características Particulares**.

5.4 Características de los Materiales

5.4.1 Perfiles y placas

Se aceptan perfiles con lados desiguales únicamente cuando se demuestre que el diseño es más eficiente que con el perfil de lados iguales.

Se aceptan perfiles formados a base de placa doblada, siempre y cuando se haga un diseño con perfiles comerciales laminados, equivalente en comportamiento estructural para las mismas condiciones de carga. Ambos diseños deben cubrir los procesos de: diseño, elaboración de planos de fabricación y montaje, fabricación y prueba de los prototipos.

El acero que se utilice en la fabricación de las estructuras debe cumplir con lo siguiente:

- a) Con f_y mínimo de 248.1 MPa para placas y elementos secundarios según referencia [5] del capítulo 12 de esta especificación.
- b) Con f_y mínimo de 344.7 MPa para elementos principales según referencia [8] del capítulo 12 de esta especificación.

5.4.2 Cable para retenidas

Debe cumplir con la referencia [7] del capítulo 12 de esta especificación.

5.4.3 Tornillos

Se debe utilizar tornillo con cabeza hexagonal regular y tuerca hexagonal regular y debe cumplir con el tipo 0 del documento de referencia [6] del capítulo 12 de esta especificación.

Las dimensiones de los tornillos deben cumplir con lo indicado en los documentos de referencia [2] y [3] del capítulo 12 de esta especificación. El torque mínimo, deben cumplir con lo indicado en la tabla 2:

TABLA 2- Torque para tornillos

Par de apriete para tornillos A-394 Tipo 0.	
Diámetro de Tornillo mm	N . m
12.70 (1/2")	49.05
15.88 (5/8")	98.1
19.05 (3/4")	166.77
25.40 (1")	382.59

5.5 Tolerancias y Ajustes de Fabricación

5.5.1 Material

El material no debe tener defectos, grietas, laminaciones, torceduras, abolladuras, cortes mal ejecutados y rebabas producto de su fabricación. Si presenta torceduras debidas al galvanizado, debe enderezarse, pero nunca con martillo.

5.5.2 Barrenos

- a) El diámetro de los barrenos debe ser de 1.6 mm mayor que el diámetro del tornillo respectivo y 3.2 mm mayor que el diámetro del tornillo para espesores de perfiles y placas mayores de 15.9 mm.
- b) La conicidad de los barrenos punzonados no debe exceder de 1.2 mm entre diámetros máximo y mínimo.
- c) Las tolerancias deben ser:
 - Gramiles: ± 0.4 mm.
 - Centro de barrenos: ± 0.8 mm.
 - Centros de grupos de barrenos: ± 1.6 mm.
- d) Las distancias a los bordes y espaciamentos mínimos entre centros de barrenos se especifican en el documento de referencia [4] del capítulo 12 de esta especificación.

5.5.3 Doblado

Los dobleces mayores de 5 ° se deben hacer en caliente, a temperatura de 600 °C a 650 °C para materiales de espesores hasta 12.7 mm y de 850 °C a 950 °C cuando son mayores. No se aceptan dobleces con soldadura.

5.5.4 Marcado

Debe cumplir con el capítulo 10 "Marcado" de esta especificación.

5.6 Protección Anticorrosiva

5.6.1 Para las torres

- a) Los elementos estructurales de las torres, inclusive los que se instalen en los cimientos, deben ser galvanizados por el método de inmersión en caliente, después de haber sido cortados, taladrados y marcados; dicho galvanizado debe cumplir con la norma NMX-H-004. El espesor requerido del galvanizado debe ser de 100 μm como mínimo para piezas iguales o mayores de 6 mm de espesor y para espesores menores de 6 mm, el espesor de galvanizado debe ser de 85 μm como mínimo, considerando la nota 7 de la tabla 2 de la norma NMX-H-004.
- b) El galvanizado de las tuercas, contratueras, tornillos, escalones, anclas, grilletes, alargaderas y arandelas, debe efectuarse por el método de inmersión en caliente, y cumplir con la norma NMX-H-004.
- c) En las zonas que CFE establece con ambiente marino y/o industrial de acuerdo a la norma ISO 9225 en las **Características Particulares**, adicionalmente al galvanizado, se debe aplicar anterior al montaje, el siguiente sistema de recubrimiento:
 - Limpiar la superficie aplicando el método CFE-LSO indicado en la especificación CFE D8500-01.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- Preparar la superficie aplicando un mordentador CFE-P17, de acuerdo con la especificación CFE D8500-02, a un espesor seco de 13 µm.
 - Aplicar uno de estos recubrimientos:
 - Aplicar un primario vinil-epóxico fosfato de zinc óxido CFE-P21 en dos capas con un espesor seco por capa de 25 µm y un acabado epóxico altos sólidos CFE-A3 en una capa con un espesor seco de 125 µm de acuerdo con las especificaciones CFE D8500-01 y CFE D8500-02. El color del acabado debe ser del tipo 24 marfil de acuerdo con la especificación CFE L0000-15.
 - Aplicar un primario CFE-P9 o CFE-P19 en dos capas con un espesor seco por capa de 25 µm y un acabado poliuretano altos sólidos CFE A-29 en una capa con un espesor seco de 125 µm, de acuerdo con las especificaciones CFE D8500-01 y CFE D8500-02. El color del acabado debe ser del tipo 24 marfil de acuerdo con la especificación CFE L0000-15.
- d) El galvanizado que haya sufrido daños, en planta o en campo, se debe reparar de acuerdo a la norma NMX-H-004.
- e) La evaluación visual, así como la medición de espesor del galvanizado, se debe realizar de acuerdo a la norma NMX-H-004.
- f) El muestreo para la inspección del galvanizado se debe realizar en fábrica de acuerdo a la norma NMX-Z-012 (parte 1 y 2) utilizando un muestreo sencillo para inspección reducida S-4.
- La CFE puede obtener muestras para efectuar pruebas de los materiales por suministrar, así como solicitar certificados de calidad de los mismos.
- g) Se considera lote para pruebas de rutina, a la carga o atado que entra a la tina de galvanizado, en pruebas de aceptación a un máximo de hasta 35 000 piezas o elementos estructurales para cada espesor de galvanizado y en pruebas de prototipo, a una estructura completa. No se deben mezclar en un lote miembros estructurales de diferentes empresas galvanizadoras.
- h) Se acepta el uso de cualquier solución para sellar el galvanizado, que no sean a base de cromo hexavalente.
- i) El material del cuerpo para la fabricación de los grilletes, debe ser de acero forjado con un contenido de carbono de entre 0.35 % y 0.45 %, con galvanizado por inmersión en caliente. En cuanto a los machetes de acero A-36 con galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo a la norma NMX-H-004.

5.6.2 Para anclas en torres con retenidas

Cuando se utilicen anclas para fijar las torres con retenidas de líneas de transmisión, deben ser galvanizadas por inmersión en caliente, a un espesor mínimo de 100 µm y protegidas adicionalmente con un recubrimiento primario de alquitrán de hulla epóxico CFE-P7 de acuerdo a la especificación CFE D8500-02 y protección catódica cuando la resistividad del terreno sea menor de 50 Ω·m de acuerdo a la especificación CFE D8CME-07.

5.7 Revisión de Diseño

5.7.1 Generalidades

A continuación, se indica el orden en que el proveedor debe enviar a la CFE los documentos y planos de cada una de las torres.

5.7.2 Dimensiones generales y distancias dieléctricas

Este plano debe contener la siguiente información:

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- a) Dimensiones generales de la torre, donde se muestre que cumple con las distancias dieléctricas especificadas.
- b) Distancia de cruceta inferior al piso del nivel +0 extensión +0 (básico).
- c) Distancias entre crucetas. Así como las medidas de: Cintura, ancho de patas al nivel +0 extensión +0 y al nivel más alto.
- d) Uso mecánico y eléctrico de la torre.
- e) Velocidad regional de viento.
- f) Se debe dibujar a escala.
- g) Características de los cables y tensiones mecánicas.
- h) Dibujar en el plano los tipos de herrajes y cadena de aisladores indicados en las características particulares.

5.7.3 Análisis y diseño

5.7.3.1 Memoria de cálculo

Esta memoria se debe ordenar con un índice que indique los conceptos que contiene. Estos conceptos deben estar debidamente numerados.

- a) En caso de análisis y/o diseño por computadora, junto a los resultados se debe integrar los datos de entrada y salida; así como el modelo de análisis estructural en formato TOW. Esta información se debe entregar en un medio electrónico que se indica en las **Características Particulares**.
- b) Propiedades geométricas, prismáticas y mecánicas de los perfiles que se utilizan en el diseño.
- c) Tabla-resumen de cargas y diseño para cada combinación de carga y la envolvente de diseño, donde se indique para todos y cada uno de los miembros o grupos analizados, lo siguiente:
 - Número de identificación. Corresponde al número de la pieza indicado en el plano de cuerpo básico.
 - Cargas de diseño: tanto de compresión como de tensión.
 - Número de la combinación de carga.
 - Relación de esbeltez utilizada en el diseño del elemento para cada eje.
 - Perfil propuesto y su capacidad de carga.
 - Diseño de la conexión. Número de tornillos y la forma en que trabajan (cortante simple, doble o aplastamiento).
 - Porcentajes de trabajo de perfiles y conexiones.
- d) Plano(s) de cuerpo básico. Debe contener la siguiente información:
 - Silueta general de la torre. Mostrar todos los niveles de la estructura y extensiones.
 - Estructuración final. Incluir todos y cada uno de los perfiles que componen la estructura.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- Las vistas necesarias para identificar totalmente la torre.
 - Dimensiones de anchos y alturas, tanto parcialmente como generales, de los diferentes cuerpos, niveles y extensiones que conforman la torre.
 - Identificación y estructuración, así como el tipo de perfil de cada uno de los elementos que la conforman.
 - Uso mecánico y eléctrico de la torre.
 - Velocidad(es) de viento para las cual(es) fue diseñada la torre.
 - Tensiones mecánicas máximas de los cables conductores y de guarda.
 - Este tipo de plano(s) debe(n) dibujarse a escala.
- e)** Planos de montaje. Deben contener la siguiente información:
- La forma como se ensamblan los perfiles estructurales, placas, y herrajes.
 - Su marca correspondiente (véase subinciso 5.5.4).
 - Las longitudes, diámetro, y cantidad de los tornillos.
 - Los herrajes propios de la torre (grilletes y alargaderas).
 - Tipo de torre y código.
 - Parte de la torre (escribir nombre que le corresponda de acuerdo con lo indicado en tabla 3.
 - Uso mecánico y eléctrico de la torre.
 - Velocidad regional de viento.
 - Uso eléctrico.
 - Calibre de conductor y guarda.
 - Las vistas necesarias para identificar totalmente las piezas con detalles como son: las uniones principales, empalmes y placas con doblez, entre otros.
- f)** Planos de taller (para fabricación). Deben contener la siguiente información:
- Dibujar pieza por pieza con su marca correspondiente (véase subinciso 5.5.4) e indicar las características, dimensiones y ubicación de los taladros, cortes y dobleces.
 - La simbología a utilizar para ubicar los taladros de cada una de las piezas debe ser tal y como se indica en el Apéndice "B".
 - Indicar el tipo de acero y sus propiedades mecánicas.
- g)** Listas de materiales incluyendo los herrajes propios de la torre (grilletes y alargaderas).
- La lista de partes debe contener cada uno de los cuerpos que conforman la torre, identificándolos con el nombre que le corresponda de acuerdo con lo indicado en tabla 3.

- En la tabla 2 se muestra el formato que se debe utilizar para describir las piezas y tornillos que se requieren para cada cuerpo.
- Por último, anexar una tabla resumen de masas teóricas, que describa cada uno de los cuerpos como se indica en la tabla 4.

TABLA 3 - Caracteres para el marcado de la parte

Parte común de la estructura				Marca de la parte
Cruceta de hilo de guarda (copetes)				10
Crucetas mixta conductor e hilo de guarda				15
Crucetas rectangulares de conductor				20
Crucetas triangulares de conductor				30
Trabe				40
Cuerpo recto				50
Brazos				60
Cuerpo piramidal				70
Angulo de Anclaje				11
Aumentos para Torres	115 kV	230 kV	400 kV y mayores	Marca de la parte
	-9	-12	-15	AA
	-6	-8	-10	AB
	-3	-4	-5	AC
	+0	+0	+0	AD
	+3	+4	+5	AE
	+6	+8	+10	AF
	+9	+12	+15	AG
	+12	+16	+20	AH
+15	+20	+20	AI	
Cerramientos para Torres	115 kV	230 kV	400 kV y mayores	Marca de la parte
	-9	-12	-15	CA
	-6	-8	-10	CB
	-3	-4	-5	CC
	+0	+0	+0	CD
	+3	+4	+5	CE
	+6	+8	+10	CF
	+9	+12	+15	CG
	+12	+16	+20	CH
+15	+20	+20	CI	
Extensiones	115 kV, 230 kV, 400 kV y mayores			
	Nivel de extensión	Marca de la parte del segundo juego de extensiones	Nivel de extensión	Marca de la parte primer juego de extensiones
	-2	80	-2	90
	-1	81	-1	91
	+0	82	+0	92
	+1	83	+1	93
	+2	84	+2	94
	+3	85	+3	95
	+4	86	+4	96
+5	87	+5	97	
+6	88	+6	98	

**TORRES PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUBTRANSMISIÓN
DE 69 kV Y MAYORES**

**ESPECIFICACIÓN
CFE J1000-50**

TABLA 4-Masas teóricas

CUERPO	MASA	NIV +20	NIV +16	NIV +12	NIV +8	NIV +4	NIV. ±0	NIV -4	NIV -8	NIV -12
Cruceta Conductor Superior E Hilo De Guarda	970.35	970.35	970.35	970.35	970.35	970.35	970.35	970.35	970.35	970.35
Cruceta Conductor Media E Inferior	1 258.18	1 258.18	1 258.18	1 258.18	1 258.18	1 258.18	1 258.18	1 258.18	1 258.18	1 258.18
Cuerpo Rector	3 380.30	3 380.30	3 380.30	3 380.30	3 380.30	3 380.30	3 380.30	3 380.30	3 380.30	3 380.30
Cuerpo Piramidal	2 340.22	2 340.22	2 340.22	2 340.22	2 340.22	2 340.22	2 340.22	2 340.22	2 340.22	2 340.22
Aumento -4	2 030.89	2 030.89	2 030.89	2 030.89	2 030.89	2 030.89	2 030.89	2 030.89	--	--
Aumento +0	1 480.68	1 480.68	1 480.68	1 480.68	1 480.68	1 480.68	1 480.68	--	--	--
Aumento +4	1 205.04	1 205.04	1 205.04	1 205.04	1 205.04	1 205.04	--	--	--	--
Aumento +8	2 067.43	2 067.43	2 067.43	2 067.43	2 067.43	--	--	--	--	--
Aumento +12	2 742.37	2 742.37	2 742.37	2 742.37	--	--	--	--	--	--
Aumento +16	2 102.61	2 102.61	2 102.61	--	--	--	--	--	--	--
Aumento +20	4 130.23	4 130.23	--	--	--	--	--	--	--	--
Cerramiento -12	333.25	--	--	--	--	--	--	--	--	333.25
Cerramiento- 8	2 274.64	--	--	--	--	--	--	--	2 274.64	--
Cerramiento -4	1 515.01	--	--	--	--	--	--	1 515.01	--	--
Cerramiento +0	1 600.69	--	--	--	--	--	1 600.29	--	--	--
Cerramiento +4	1 865.66	--	--	--	--	1 865.66	--	--	--	--
Cerramiento +8	2 198.58	--	--	--	2 198.58	--	--	--	--	--
Cerramiento +12	1 788.66	--	--	1 788.66	--	--	--	--	--	--
Cerramiento +16	3 507.21	--	3 507.21	--	--	--	--	--	--	--
Cerramiento +20	2 587.24	2 587.24	--	--	--	--	--	--	--	--
Extensión -2	488.72	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Extensión -1	647.48	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Extensión ±0	867.84	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Extensión +1	1 166.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Extensión +2	1 442.29	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Extensión +3	1 795.99	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Extensión +4	2 063.38	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Extensión +5	2 422.12	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Extensión +6	2 845.06	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Angulo de Anclaje Antihuracanes	554.69	554.69	554.69	554.69	554.69	554.69	554.69	554.69	554.69	554.69
TORRES 2C21MC(L5) SUSPENSIÓN /0°/ 750/ 1 200 230 kV 2C 1 C/F 1113 ACSR/ AW Velocidad de Viento 180 km/h Uso Eléctrico 1 000 m s.n.m.	PATAS	NIV +20	NIV +16	NIV +12	NIV +8	NIV +4	NIV ±0	NIV -4	NIV -8	NIV -12
	- 2	27 338.95	24 128.69	20 307.53	17 975.08	15 574.73	14 104.72	12 538.36	11 267.10	9 325.71
	- 1	27 497.71	24 287.45	20 466.29	18 133.84	15 733.49	14 263.48	12 697.12	11 425.86	9 484.47
	± 0	27 718.07	24 507.81	20 686.65	18 354.20	15 953.85	14 483.84	12 917.48	11 646.22	9 704.83
	+ 1	28 016.68	24 806.42	20 985.26	18 652.81	16 252.46	14 782.45	13 216.09	11 944.83	10 003.44
	+ 2	28 292.52	25 082.26	21 261.10	18 928.65	16 528.30	15 058.29	13 491.93	12 220.67	10 279.28
	+ 3	28 646.22	25 435.96	21 614.80	19 282.35	16 882.00	15 411.99	13 845.63	12 574.37	10 632.98
	+ 4	28 913.61	25 703.35	21 882.19	19 549.74	17 149.39	15 679.38	14 113.02	12 841.76	10 900.37
	+ 5	29 272.35	26 062.09	22 240.93	19 908.48	17 508.13	16 038.12	14 471.76	13 200.50	11 259.11
	+ 6	29 695.29	26 485.03	22 663.87	20 331.42	17 931.07	16 461.06	14 894.70	13 623.44	11 682.05

- h) Los planos definitivos deben contener la leyenda siguiente: Los planos son propiedad de la CFE y se prohíbe su reproducción parcial o total.
- i) Enviar 2 copias de cada documento o plano.

Todos los planos enunciados anteriormente se deben entregar en papel y en un medio electrónico con formato DWG.

Las listas de materiales enunciadas anteriormente se deben entregar en papel blanco tamaño carta y en un medio electrónico con formato XLS.

5.7.4.1 Formatos de planos

El proveedor que resulte ganador debe solicitar a la CFE los formatos, los cuales deben utilizar en la elaboración de los planos a que hace referencia esta especificación.

5.7.5 Prueba prototipo a las torres de nuevo diseño

5.7.5.1 Generalidades

Con el objeto de verificar los resultados del diseño, las estructuras se deben probar a escala natural, con el material indicado en los planos correspondientes, en una estación de pruebas que reúna los requisitos de seguridad para el personal asistente a la prueba.

Para su ejecución y validación de la prueba se debe cumplir con la norma IEC 60652.

La estación debe contar con cimentaciones especialmente construidas a fin de soportar las cargas y puntos de apoyo suficientemente rígidos que sustituyan a las mismas.

Debe contar también con un equipo para la aplicación, medición, monitoreo y registro de las cargas aplicadas, reacciones de retenidas y deformaciones que se produzcan.

El proveedor debe proporcionar a la CFE la información necesaria para que ésta evalúe y apruebe el campo de pruebas propuesto.

El proveedor puede adjuntar folletos, catálogos y otra documentación que considere conveniente para cumplir con la información.

La CFE es quien, con base en la revisión del análisis y diseño, determina cuales son las combinaciones que se deben probar, la secuencia y con cual combinación se debe hacer la prueba destructiva.

El nivel de estructura a ensayar se realiza en la torre de máxima altura, de cuerpo y extensión. La CFE puede aceptar una altura menor de nivel de cuerpo y/o extensión con las limitantes en porcentaje de trabajo para los elementos que la misma indique.

5.7.5.2 Información requerida antes de las pruebas

El proveedor debe presentar al área usuaria de la CFE con 15 días naturales de anticipación a la fecha de prueba, la siguiente información por duplicado:

- a) Planos definitivos de cuerpo básico, resumen de cargas y fuerzas de viento para la estructura.
- b) Planos de montajes definitivos, planos de taller y lista de materiales en el nivel de prueba.
- c) Protocolo de pruebas que contenga:
 - Magnitud de las cargas a aplicar para cada combinación.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- Silueta de la torre que indique con color los elementos más esforzados en cada combinación.
- Cálculo de proyecciones y componentes, positivas y negativas, de los cables que transmiten las cargas a la estructura.
- Deformaciones máximas según el análisis para cada combinación.

d) Los certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación del prototipo.

5.7.5.3 Desarrollo de las pruebas

Durante el desarrollo de las pruebas mecánicas de los prototipos, debe estar presente el personal que la CFE designe.

5.7.5.4 Aplicación de cargas

- a) El área usuaria selecciona las combinaciones de carga a probar en la torre prototipo.
- b) Las cargas se deben aplicar directamente sobre herrajes propuestos en el diseño.
- c) Para cada una de las diferentes combinaciones, las cargas se deben aplicar conforme a la norma IEC 60652.
- d) Para cada porcentaje se deben aplicar, primero: Cargas verticales, después transversales y en su caso, cargas longitudinales.
- e) Para cada incremento de carga se deben medir las deformaciones en sentido longitudinal y transversal de la torre.
- f) Cuando se aplique la combinación que tenga la mayor carga vertical, debe medirse la deformación en ese sentido en la cruceta de conductor.

5.7.5.5 Criterios de aplicación de las combinaciones de cargas

- a) La CFE indica el orden y las combinaciones de carga en la torre a probarse.
- b) Todas las combinaciones de carga se deben llevar al 100 % de la carga de la prueba y se debe sostener por 5 min.
- c) En la última combinación de carga destructiva después de haber cumplido con el inciso anterior, se incrementan las cargas en intervalos de 5 % hasta 110 % manteniéndose por 1 min, tomando lecturas en ambos intervalos de carga, dando por terminada la prueba.

5.7.5.6 Rechazo del diseño

Es motivo de rechazo cualquiera de las condiciones siguientes:

- a) Cuando no soporte la aplicación de la carga máxima, ya sea que falle o se deforme permanentemente uno o varios de los elementos. En este caso el proveedor debe presentar a la CFE por escrito, una explicación de las causas que produjeron la falla (anexar fotografías) y la solución que propone. Aprobado lo anterior se puede continuar con las pruebas.
- b) El que la CFE apruebe una solución, no exime al proveedor de la responsabilidad si se produce otra falla.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

5.7.5.7 Identificación de los elementos de la torre probada

Una vez terminadas las pruebas, los elementos de la torre utilizados en la prueba de prototipo se deben identificar con pintura para las verificaciones requeridas por la CFE. Estos elementos no se consideran como parte del suministro.

5.7.5.8 Resultado de la prueba

Una vez terminada la prueba de prototipo se levanta el acta de reunión en base a la instrucción de trabajo NI8503, vigente, indicando el resultado de la misma.

5.7.6 Información requerida después de aprobar el diseño

Una vez satisfechas las pruebas del prototipo y aprobado el diseño, el proveedor debe entregar en 15 días naturales como máximo, contados a partir de la finalización de las pruebas, lo siguiente:

- a) Informe detallado de la prueba, anexando:
 - Protocolo de prueba que indique las combinaciones de carga probadas.
 - Listado con las deformaciones provocadas a la estructura en las combinaciones de carga probadas.
 - Fotografías de cada una de las combinaciones probadas.
 - Certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación de la torre probada.
 - Resultados de las pruebas hechas a las probetas de los perfiles estructurales y tornillos seleccionados por la CFE después de la prueba de prototipo. Las pruebas de las probetas comprenden:
 - De tensión.
 - Cortante directo en tornillos.
 - Físico-químicas.
 - Certificados e informes de calibración de los dispositivos de medición de las cargas.
- b) Copias en papel de los planos de taller, planos de montaje y listas de materiales definitivos de la estructura.

6 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las estructuras que se instalen en los proyectos de líneas de transmisión deben cumplir con las cargas a las que estará sujeta durante su vida útil, por lo que deben elegirse las estructuras que mejor se adapten a las condiciones de operación del sitio, como son:

- a) Tipo de corrosión (marino, industrial y química por excremento de aves).
- b) Condiciones de carga de viento y hielo.
- c) Temperaturas máximas y mínimas ambientales.
- d) Altitud sobre el nivel del mar.
- e) Distancias dieléctricas.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

El tamaño y geometría de la estructura debe considerar y dar facilidades para colocar los herrajes, protección contra defecación de aves y otros accesorios conectados a la estructura, además del equipo de línea viva utilizado para el cambio de aislamiento y ejecución de otros trabajos de mantenimiento de los componentes eléctricos y mecánicos de la línea. También debe cumplir con las distancias dieléctricas indicadas en el párrafo 5.2.

Las estructuras pueden ser:

- a) De suspensión con aisladores en posición "I".
- b) De suspensión con aisladores en posición "V".
- c) De tensión.
- d) De deflexión.
- e) De transposición.
- f) De remate.
- g) De transición.

Y estas pueden tener diferentes usos (deflexión/claro medio horizontal/claro medio vertical) con uno, dos, tres o cuatro conductores por fase y uno o dos cables de guarda.

7 CONDICIONES DE DESARROLLO SUSTENTABLE PROTECCIÓN AMBIENTAL

Es política de CFE, la protección al ambiente, por lo que en todas las actividades que desarrolla, evita o reduce, en la medida de lo posible, los impactos que de ella resulten, encaminadas a evitar y minimizar los aspectos negativos al ambiente, que puedan causar sus instalaciones, por lo que todas las actividades que generen residuos peligrosos, no peligrosos y aguas residuales, debe cumplir con la normativa ambiental vigente. Si derivado de las actividades que se desarrollen por la aplicación de esta especificación, se genera alguna contingencia o incumplimiento ambiental, el contratista lo subsanará.

8 CONDICIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

El licitante debe incluir en su propuesta, la normativa correspondiente a las condiciones y requisitos de seguridad industrial que se deben atender, durante las etapas de fabricación, transportación, entrega y manejo de materiales, condiciones de almacenaje, preparación de la superficie, aplicación de recubrimientos anticorrosivos y disposición de los residuos, y además cumplir con la especificación CFE L0000-57.

Se debe cumplir con las normas siguientes:

NOM-001-STPS, NOM-006-STPS, NOM-011-STPS, NOM-017-STPS, NOM-023-STPS, NOM-030-STPS, NOM-113-STPS, NOM-115-STPS, NOM-116-STPS, CFE H1000-17 y NOM-047-SSA1.

9 CONTROL DE CALIDAD

El proveedor debe entregar al inspector de CFE la información detallada de planos de fabricación y montaje, permitir el acceso a sus talleres y dar las facilidades necesarias al personal que CFE autorice para la inspección de los materiales y de los procesos de manufactura y prueba de las torres por suministrar.

Mientras el inspector de CFE no de la aprobación por escrito de las solicitudes de inspección, el proveedor no debe embarcar ni entregar el material.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

El plan de muestreo por atributos establece los niveles de calidad aceptables para cada tipo de defecto, como se indica en la tabla 5.

Para los defectos del galvanizado véase tabla 6.

TABLA 5 – Plan de muestreo sencillo para inspección reducida nivel S-4

Defectos	Nivel de calidad aceptable
Críticos	1.0
Mayores	4.0
Menores	10.0

TABLA 6 - Tipos y clasificación de defectos de galvanizado

Número	Tipo de defecto	Defecto crítico	Defecto mayor	Defecto menor
1	Falta de espesor de la capa de zinc	X	--	--
2	Falta de adherencia	X	--	--
3	Áreas desnudas	X	--	--
4	Inclusión de ceniza	--	X	--
5	Presencia de grumos	--	X	--
6	Escurecimiento	--	X	--
7	Rugosidad	--	X	--
8	Apariencia no uniforme	--	--	X
9	Residuos de fundente (flux)	X	--	--
10	Presencia de gotas	--	X	--
11	Presencia de manchas blancas (hidróxido y/o carbonato de zinc)	--	X	--
12	Presencia de manchas por proceso	--	--	X
13	Presencia de manchas por contaminación	X	--	--
14	Mal empacado o almacenado	X	--	--
15	Presencia de impurezas del fondo de la tina de galvanizado (dross)	X	--	--

El concursante debe entregar al inspector de CFE o quien ésta designe la información detallada de planos de fabricación, montaje y lista de materiales, permitir el acceso a sus talleres y dar facilidades necesarias al personal que CFE autorice para la inspección de los materiales y de los procesos de manufactura y prueba de las torres por suministrar.

Mientras que el inspector de CFE o quien ésta designe no de la aprobación por escrito de las solicitudes de inspección, el proveedor no debe embarcar ni entregar el material.

Presentar con el suministro los certificados de calidad de tipo de acero y galvanizados para todas las torres autosoportadas y de retenidas.

9.1 Pruebas de Rutina

Estas pruebas las debe definir y realizar el proveedor durante el proceso de fabricación, con la finalidad de verificar el cumplimiento de lo establecido en esta especificación.

9.2 Pruebas de Aceptación

- a) Inspección visual.

El material no debe presentar los defectos indicados en el punto 5.5.1, el marcado debe ser como se indica en el punto 5.5.4 y los dobleces deben cumplir con el punto 5.5.3 de esta especificación.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

b) Verificación dimensional.

Los barrenos deben cumplir con lo indicado en el punto 5.5.2 y las dimensiones de las placas y perfiles deben cumplir con lo indicado en los planos del proveedor revisados y/o aprobados por CFE. Las dimensiones de los tornillos deben cumplir con los documentos de referencia [2] y [3] del capítulo 12 de esta especificación.

c) Verificación de galvanizado.

El galvanizado debe cumplir con lo indicado en el inciso 5.6.1 de esta especificación.

Análisis químico del acero estructural.

Se debe verificar mediante certificados de calidad, que el material cumple con lo indicado en las referencias [5] y [8] del capítulo 12 de esta especificación. La CFE se reserva el derecho de obtener muestras para verificar la calidad de los materiales.

d) Pruebas mecánicas.

Se debe verificar mediante certificados de calidad o pruebas, que el acero empleado para las placas y perfiles cumpla con lo indicado en el punto 5.4.1, los tornillos cumplan con el inciso 5.4.3 y el cable estructural para retenidas cumpla con el inciso 5.4.2 de esta especificación. La CFE puede obtener muestras para verificar la calidad de los materiales.

e) Verificación del armado de la torre.

El proveedor debe presentar el armado de la torre completa o por secciones (cuerpos), una cara transversal y una cara longitudinal hasta la cintura de la torre, el cuerpo superior completo y crucetas completas, verificando que las piezas ensamblen adecuadamente.

9.3 Prueba Prototipo a las Torres de Nuevo Diseño

Se debe cumplir con lo indicado en el punto 5.3 de esta especificación.

Cualquier requisito no cumplido, es suficiente para que no se acepte la fabricación en serie de la estructura.

10 MARCADO

Cada pieza debe llevar una marca de identificación, igual a la indicada en los planos de montaje y de taller, además del logotipo del fabricante, esta se estampa antes del galvanizado. Los caracteres y su posición deben ser claramente legibles y tener 2 cm de altura. La marca, en bajo relieve, se debe formar como se indica a continuación:

a) Logotipo del fabricante.

Carácter que identifica al fabricante de la estructura.

b) Código.

Son dos caracteres que identifican a la estructura en cuestión. Los proporciona la Gerencia del LAPEM a través del departamento de control de calidad.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

c) Marca de la parte.

Son los dos caracteres que identifican la parte de la estructura a la que pertenece la pieza en cuestión. Se forma como se indica en la tabla 3.

d) Marca del elemento.

Número consecutivo de identificación del elemento.

11 EMPAQUE, EMBALAJE, EMBARQUE, TRANSPORTACIÓN, DESCARGA, RECEPCIÓN, ALMACENAJE Y MANEJO

Se debe cumplir con la norma CFE L1000-11.

El proveedor debe garantizar que el suministro llegue completo y sin deterioro.

11.1 Empaque

- a) Las estructuras se deben empacar en atados que faciliten un manejo rudo durante su transporte.
- b) Formar los atados con elementos similares en masa y longitud o por cuerpos o torres completas según se indique en el contrato.
- c) La tornillería (debe estar ensamblada) y materiales pequeños se deben empacar en cajas de madera y flejarse.
- d) El proveedor debe marcar los atados y cajas para su rápida identificación.
- e) EL fleje utilizado en el empaque de los atados debe soportar la manipulación ordinaria, en maniobras de carga, transporte, descarga y almacenamiento.
- e) Se debe tener cuidado durante el manejo de no dañar el galvanizado. Las piezas no se deben golpear, arrastrar, ni raspar.

11.2 Embarque

- a) El almacenamiento se hace con las barras dispuestas de tal modo que no acumule lluvia.
- b) Durante el almacenamiento o embarque, los elementos no deben descansar sobre el suelo y deben estar adecuadamente protegidos contra la corrosión.
- c) El suministro debe ser de acuerdo al proceso de construcción de las torres, salvo que CFE indique otra cosa.

11.3 Certificados

El proveedor debe proporcionar a CFE, los certificados de calidad de cada lote de materia prima utilizado en la fabricación y de la calidad y espesores del galvanizado.

12 BIBLIOGRAFÍA

[1]	Manual de Obras Civiles	Diseño por Viento, Edición 2018, CFE.
[2]	ANSI B18.1.1-1972	Small Solid Rivets 7/16 Inch Nominal Diameter and Smaller.
[3]	ANSI B18.2-1-1996	Square and Hex Bolts and Screws Inch Series.
[4]	ASCE 52-1990	Guide for Design of Steel Transmission Towers.- 2a. Edition.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- [5] **ASTM A36/A36M-2001** Standard Specification for Carbon Structural Steel.
- [6] **ASTM A394-2000** Standard Specification for Steel Transmission Tower Bolts, Zinc-Coated and Bare.
- [7] **ASTM A475-1998** Standard Specification for Zinc Coated Steel Wire Strand.
- [8] **ASTM A572/A572M-2001** Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel.
- [9] **ASTM E376-1996** Standard Practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy-Current (Electromagnetic) Test Methods.
- [10] International Electrotechnical Commission, Loading and Strength of Overhead Transmission Lines, reference No.: CEI/IEC 826:1991.
- [11] **Sag-Tension Calculation Methods for Overhead Lines, Task force B2.12.3** reference No.: WG B2-12 "Calculation of Sag-tension for Overhead Power Line", CIGRE, JUNE 2007.
- [12] **ASTM A307-14e1** Standard Specification for Carbon Steel Bolts, Studs, and Threaded Rod 60 000 PSI Tensile Strength.
- [13] **ANSI B.1.1-2003** Unified Inch Screw Threads (UN And UNR Thread Form).
- [14] **ANSI B 1. 13M-2001** Metric Screw Threads - M Profile.
- [15] **ANSI/ASME B18.22.2-2015** Nuts for General Applications: Machine Screw Nuts, Hex, Square, Hex Flange, and Coupling Nuts (Inch Series).
- [16] **ASTM A123/A123M-17** Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products.
- [17] **ASTM A153/A153M-16** Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware.

APÉNDICE A
(Informativo)

CÁLCULO DE PRESIONES DE VIENTO A PARTIR DE LA VELOCIDAD REGIONAL

A1 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR VIENTO

Las consideraciones que se señalan son aplicables al análisis de estructuras de soporte y cables sometidos a la acción del viento.

a) Direcciones de análisis.

Las estructuras de soporte se analizarán suponiendo que el viento puede actuar por lo menos en dos direcciones horizontales, perpendiculares e independientes entre sí. Se elegirán aquellas que representen las condiciones más desfavorables para la estabilidad de la estructura (o parte de la misma) en estudio. En el caso de los cables conductores e hilos de guarda, solo será necesario el análisis para el caso en que el viento incide perpendicularmente a sus ejes longitudinales, así como los efectos oscilatorios que se puedan presentar.

b) Análisis estructural.

A fin de llevarlo a cabo, principalmente para las estructuras de soporte, se deben aplicar los criterios generales del análisis elástico, con ayuda de un código de análisis computarizado que modele estructuras reticulares en forma tridimensional.

A2 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO

Es la velocidad con la cual se calculan los efectos del viento sobre estructuras de soporte, cables y aisladores.

La velocidad de diseño en km/h, se obtiene con la siguiente expresión:

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

Donde:

F_T = Factor que depende de la topografía del tramo de la línea de transmisión en estudios, adimensional.

F_α = Factor que toma en cuenta el efecto combinado de las características de exposición locales y de la variación de la velocidad con la altura, adimensional.

V_R = Velocidad regional que le corresponde el tramo de la línea en estudio, en km/h.

A2.1 Determinación de la Velocidad Regional del Viento

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

EL MOC-DV contiene 5 mapas con las velocidades regionales para la República Mexicana, con los periodos de retorno para 10, 50, 100, 200 y 2 000 años. Una vez localizada la línea de transmisión, se determina la velocidad regional para un periodo de retorno de 10 años y 50 años, a menos que en las **Características Particulares** se indique otro periodo.

Para la velocidad regional de viento máxima (V_M) se considera el periodo de retorno de 50 años. Para la velocidad regional de viento reducida (V_R) se considera la mitad de la velocidad regional de viento correspondiente a un periodo de retorno de 10 años.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

A2.2 Factor de Topografía (F_T)

Este factor toma en cuenta el efecto que produce la topografía local del sitio, específicamente donde se desplantan las estructuras en el tramo de la línea de subtransmisión o transmisión en estudio, así como el efecto que provoca éste en los cables. El factor a considerar debe ser 1.0 a menos que se indique otro valor en las **Características Particulares**.

TABLA A1 - Factor topográfico local

Sitios	Topografía	F_T
Protegidos	Base de promontorios y faldas de serranías del lado del sotavento.	0.8
	Valles cerrados.	0.9
Normales	Valle cerrados 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 y montañas terrenos con pendientes mayores del 10 %, cañadas cerradas, valles que formen un embudo o cañón e islas.	1.2

A2.3 Factor de Exposición (F_e)

Este factor refleja la variación del viento con respecto a la altura; así mismo considera las características de rugosidad que se presentan alrededor del tramo de la línea en consideración. La categoría del terreno debe ser tipo 2, a menos que se indique otro valor en las **Características Particulares**.

Si el tramo de la línea de subtransmisión o transmisión cruza diferentes tipos de terreno se debe seleccionar la que ocasione los efectos más adversos.

TABLA A2 - Categoría del terreno según su rugosidad

Categoría	Descripción	Ejemplos	Limitaciones
1	Terreno abierto, prácticamente plano y sin obstrucciones.	Franjas costeras planas, zonas pantanosas, campos aéreos, pastizales y tierras de cultivo sin setos o bardas alrededor superficies nevadas planas.	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser 2 000 m.
2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones.	Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como setos o bardas alrededor, árboles y construcciones dispersas.	Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 m a 10 m en una longitud mínima de 1 500 m.
3	Terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas.	Áreas urbanas, suburbanas, 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 m 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, altas y estrechamente espaciadas.	Bosques, centros de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados.	Por lo menos el 50 % de los edificios tienen una altura mayor de 20 m, las obstrucciones miden de 10 m a 30 m de altura. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser mayor de 400 m y/o 10 veces la altura de la construcción.

El factor de exposición F_{α} , se obtiene de acuerdo con las siguientes expresiones:

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

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

$$\text{Sí } z \geq \delta \quad F_{\alpha} = 1.56$$

Donde:

δ = Altura, medida a partir del nivel del terreno de desplante, a esta altura se le conoce como altura gradiente; y debe estar expresada en metros. Por encima de ésta, la variación de la velocidad el viento no es importante y se puede suponer constante.

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

- z** = Altura a la que se requiere determinar la presión, en metros. Normalmente para cables y estructura se define a 2/3 de la altura total de la estructura, a menos que en **Características Particulares** se indiquen otros valores.

TABLA A3 - Valores de los coeficientes α y δ , que están en función de la rugosidad del terreno

Coeficientes	Categoría de terreno			
	1	2	3	4
α	0.099	0.128	0.156	0.170
δ	245	315	390	455

A3 CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA DE BASE

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

$$q_z = 0.0000471 G V_D^2$$

Donde:

q_z = Presión dinámica de base a una altura z sobre el nivel del terreno, en kPa.

El factor de 0.0000471 corresponde a un medio de la densidad del aire ($\rho=1.2255 \text{ kg/m}^3$ para 15°C y al nivel del mar).

G = Factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar, adimensional.

V_D = Velocidad de diseño, en km/h. definida en la sección A2.

A3.1 Cálculo del Factor de Corrección por Temperatura y Altitud con Respecto al Nivel del Mar

El factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar se obtiene con la siguiente expresión. En la tabla A4 se presenta la relación entre los valores de la altitud, en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) y la presión barométrica.

$$G = \frac{2.94\Omega}{273 + \tau}$$

Donde:

Ω = Presión barométrica, está en función de la altura sobre el nivel del mar y se indica en la tabla A4.

τ = Temperatura ambiental en $^\circ\text{C}$, en la tabla III.1 (b) del MOC-DV, se indica la ubicación, altitud y temperatura media anual de las ciudades más importantes de la República Mexicana.

TABLA A4 - Relación entre la altitud y la presión barométrica en kPa

Altitud (m s.n.m.)	Presión barométrica (Ω) (kPa)
0	101.32
500	95.99
1 000	89.92
1 500	84.66
2 000	79.99
2 500	75.33
3 000	70.66
3 500	65.99

Para valores intermedios se deben interpolar la altitud, así como la presión barométrica.

A4 PRESIÓN DEL VIENTO SOBRE COMPONENTES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Las presiones del viento sobre estructuras de soporte y cables de la línea de subtransmisión o transmisión se obtienen considerando el efecto dinámico del viento. Estas presiones se pueden obtener a partir de presiones equivalentes que emplean factores de respuesta dinámica, los cuales dependen de las condiciones del flujo y de las propiedades dinámicas de los componentes.

La presión dinámica se calcula con la siguiente expresión:

$$P_z = F_g C_a q_z$$

Donde:

P_z = Presión dinámica equivalente a la altura z , que se aplica en forma estática, en kPa.

F_g = Factor de respuesta dinámica, dependiendo si se trata de la estructura de soporte o del cable, es adimensional.

C_a = Coeficiente de arrastre, si se trata de la estructura de soporte o del cable, es adimensional.

q_z = Presión dinámica de base a la altura sobre el terreno z en metros.

A4.1 Cálculo de presiones equivalentes sobre la estructura de soporte

La presión equivalente que ejerce el viento sobre una estructura de soporte, de celosía, se calcula con la siguiente expresión:

$$P_{ze} = F_{ge} C_{ae} q_z$$

Donde:

P_{ze} = Presión dinámica equivalente a la altura z , que se aplica en forma estática, en kPa.

F_{ge} = Factor de respuesta dinámica, de estructuras.

C_{ae} = Coeficiente de arrastre de la estructura en la dirección del flujo del viento, adimensional.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

q_z = Presión dinámica de base a la altura sobre el terreno z .

A4.1.1 Factor de respuesta dinámica de estructuras de soporte

Este factor corrige el valor de la presión del viento y se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$F_{ge} = \frac{1}{g_z^2} \left[1 + 12.86 \sqrt{K} \left(\frac{10}{h_0} \right)^\alpha \left[\frac{1}{1 + 0.563 \frac{h_0}{L_s}} \right]^{\frac{1}{2}} \right]$$

Donde:

g_z = Factor de ráfaga, variable según la altura z y se calcula de acuerdo al inciso A4.3 de esta especificación.

α' = Factor de variación de potencia, es adimensional y se toma en función de la categoría del terreno de la tabla A5.

L_s = Escala de turbulencia del viento, en metros y se toma en función de la categoría del terreno de la tabla A5.

K = Factor de rugosidad del terreno, es adimensional y se toma en función de la categoría del terreno de la tabla A5.

h = Altura total de la estructura sobre el nivel del terreno, en metros.

h_0 = Altura de referencia de la estructura en metros, debe tomarse como $2/3 h$.

TABLA A5 - Factor de variación de potencia, de turbulencia del viento y rugosidad del terreno

Terreno tipo	K	Ls	α'
1	0.0030	72.10	0.121
2	0.0065	63.70	0.164
3	0.0142	53.50	0.216
4	0.0318	44.50	0.262

A4.1.2 Cálculo del coeficiente de arrastre

El valor del coeficiente de arrastre para cada sección de una estructura formada con celosía de elementos con caras planas, se obtiene de la tabla A6 en función de su relación de solidez ϕ , definida como:

$$\phi = \frac{A_s}{A_t}$$

Donde:

A_s = Área sólida total de la cara de la sección considerada de la estructura y expuesta a la acción del viento, en un plano vertical y perpendicular a la dirección del flujo del viento.

A_t = Área bruta circunscrita por el perímetro de la sección correspondiente, proyectada sobre el plano mencionado.

NOTA: Dado que ϕ es adimensional, las unidades de las dos áreas tienen que ser consistentes.

TABLA A6 - Coeficiente de arrastre, C_{ae} de torres de celosía con elementos planos

Relación	C_{ae} en sección	
	Cuadrada	Triangular
$\phi < 0.025$	4.00	3.60
$0.025 \leq \phi \leq 0.44$	$4.10 - 5.20 \phi$	$3.70 - 4.50 \phi$
$0.45 \leq \phi \leq 0.69$	1.80	1.70
$0.70 \leq \phi \leq 1.00$	$1.30 + 0.70 \phi$	$1.00 + \phi$

A4.2 Cálculo de Presiones Equivalentes Sobre los Cables

La presión equivalente que ejerce el viento sobre los cables se calcula con la siguiente expresión:

$$P_z = 0.6 F_{gc} C_{ac} q_z$$

Donde:

P_z = Presión dinámica equivalente a la altura z , que se aplica en forma estática, en kPa.

0.6 = Factor que se aplica en base a las recomendaciones de la Norma IEC (Comisión Nacional de Electrotécnica) documento de referencia [10] del capítulo 12 de esta especificación.

F_{gc} = Factor de respuesta dinámica de cables, adimensional.

C_{ac} = Coeficiente de arrastre del cable, igual a la unidad y es adimensional.

q_z = Presión dinámica de base a la altura a la que se encuentran los cables sobre el terreno en kPa. Se debe tomar $z = 2/3$ de la altura total de la estructura en el nivel y extensión más alto.

A4.2.1 Cálculo del factor de respuesta dinámica para cables

Este factor corrige el valor de la presión del viento, para tomar en cuenta las características dinámicas de los cables y del viento. Se calcula como:

$$F_{ge} = \frac{1}{g_z^2} \left[1 + 12.86 \sqrt{K} \left(\frac{10}{h_0} \right)^\alpha \left[\frac{1}{1 + 0.8 \frac{L}{L_s}} \right]^{\frac{1}{2}} \right]$$

Donde:

g_z = Factor de ráfaga, para convertir velocidades de un tiempo de promediación de 3 segundos a un tiempo de 10 min, adimensional y se calcula de acuerdo al inciso A.4.3 de esta especificación.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

- α' = Factor de variación de potencia, es adimensional y se toma en función del tipo de terreno de la tabla A5.
- L_s = Escala de turbulencia del viento, en metros y se toma en función del tipo de terreno de la tabla A5.
- K = Factor de rugosidad del terreno, es adimensional y se toma en función del tipo de terreno de la tabla A5.
- L = Claro libre entre apoyos del tramo en consideración, en metros.

A4.3 Cálculo del Factor de Ráfaga, para Convertir Velocidades de un Tiempo de Promediación de 3 s a un Tiempo de 10 Min

El factor de ráfaga g_z , es la relación entre la velocidad máxima promediada de un lapso de tiempo t_1 y otra promediada sobre un lapso de tiempo mayor t_2 , el cual debe ser suficientemente largo para que las condiciones del flujo no afecten el valor promedio; se recomienda emplear un valor de una hora. Este factor puede obtenerse con la siguiente expresión:

$$g_z = \left\langle \frac{1 - \left\{ 0.6226 \left[k \left(\frac{z}{\delta} \right)^n - \xi \right]^{1.2716} * \ln \left(\frac{3}{3600} \right) \right\}}{1 - \left\{ 0.6226 \left[k \left(\frac{z}{\delta} \right)^n - \xi \right]^{1.2716} * \ln \left(\frac{3}{3600} \right) \right\}} \right\rangle$$

En donde κ , η y ξ , son valores adimensionales, dependen de la turbulencia y de la rugosidad del sitio; δ es la altura gradiente en metros.

TABLA A7 - Valores de κ , η , ξ y δ

	Categoría del terreno			
	1	2	3	4
κ	0.391	0.382	0.369	0.363
η	-0.032	-0.054	-0.096	-0.151
ξ	0.295	0.265	0.227	0.195
δ	245	315	390	455

**APÉNDICE B
INFORMACIÓN TÉCNICA**

Se debe cumplir con la especificación CFE L1000-32, para la licitación y al formalizar el contrato, lo siguiente:

B1 PARA LA LICITACIÓN

La propuesta del proveedor debe incluir la siguiente información:

- a) Cuestionario comercial.
- b) Cuestionario técnico.
- c) Planos de dimensiones generales de la(s) estructura(s).
- d) Las reacciones de la (s) torre para todos los niveles.
- e) Las masas de la (s) torre para todos los niveles.
- f) Carta en la que acepta, en caso de resultar ganador, que el diseño o los diseños de la(s) estructura(s) deben ser propiedad de CFE y se compromete a entregar la información necesaria, relacionada con el diseño o los diseños, como planos de taller y memorias de cálculo.

B2 AL FORMALIZAR EL CONTRATO

El proveedor que resulte ganador debe entregar un programa calendarizado de las actividades por desarrollar para cumplir con el suministro de las torres, en los plazos indicados en su propuesta. Este programa incluye entre otros conceptos los siguientes:

- a) Cálculos y planos para la revisión por parte de CFE.
- b) Entregas de memorias de cálculo y planos para revisión por parte de CFE.
- c) Planos definitivos.
- d) Fabricación de las torres de nuevo diseño.
- e) Pruebas de prototipo.
- f) Fabricación en serie.
- g) Inspección.
- h) Embarque.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

APÉNDICE C

SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS POR CORROSIÓN EN TORRES EXISTENTES

Cuando se indique en las **Características Particulares** la revisión física o estado de corrosión en torres existentes por el tendido de cable de guarda con fibras ópticas o recalibración de los cables conductores o maniobras por cambio o sustitución de estructuras, el concursante debe incluir en su oferta la realización de los trabajos siguientes:

- a) La evaluación física de las conexiones y de los elementos principales de las torres (montantes de horquillas, cuerpo recto y piramidal, aumentos, cerramientos y extensiones; cuerdas de traveses, crucetas de conductor y de guarda, diagonales de extensiones, hierro de anclaje(stubs) y cuadros de cerramientos) de cada elemento estructural, incluyendo elementos estructurales o tornillería faltante.
- b) Levantamiento físico de la geometría y espesores de los perfiles, conexiones, placas y tornillería de cada uno de los elementos principales de la torre, estimando las características mecánicas de los materiales (principalmente el límite de fluencia) en el caso de que CFE no proporcione esta información.
- c) La determinación por tipo de estructura de los árboles de carga del Proyecto en el caso de que CFE no proporcione esta información.
- d) Elaborar un informe de inspección y estado de la corrosión que guardan elementos principales y sus conexiones conforme se indica en la especificación CFE MMA00-01, el informe debe incluir los procedimientos de reparación o sustitución de los elementos estructurales por corrosión tipo C y D de acuerdo a la misma especificación. El cual debe ser entregado a la CFE para su revisión y aceptación.
- e) El suministro de los materiales a sustituir, así como la ejecución de las reparaciones de los elementos estructurales que se dictaminen del informe de inspección y estado de la corrosión, se deben de incluir en este concepto, los perfiles y tornillería faltante en las estructuras existentes.
- f) El desmantelamiento, montaje y ejecución de los trabajos de sustitución y reparación de los elementos estructurales se deben de incluir en este concepto.
- g) Todos los materiales por suministrar o sustituir deben cumplir con los requerimientos de esta especificación, incluyendo el galvanizado.
- h) El contratista debe de entregar la ingeniería de detalle (planos de taller, montaje y lista de materiales) de las secciones de la torre con el refuerzo producto del informe de inspección y estado de la corrosión.

El análisis, diseño e ingeniería de detalle deberá de cumplir con indicado en esta especificación y lo indicado en las **Características Particulares**.

Los trabajos indicados pueden ser concentrados en un lote para la oferta correspondiente.

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES PARA: TORRES PARA LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN Y TRANSMISIÓN DE 69 kV Y MAYORES

Correspondientes a la especificación CFE J1000-50

46 de 46

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO

Líneas de subtransmisión y transmisión: _____

Tensión de operación: _____

Número de circuitos: _____

Tipo de conductor: _____

Tensión mecánica máxima del conductor: _____

Tipo de cable de hilo de guarda: _____

Tensión mecánica máxima del cable de hilo de guarda: _____

Número de conductores por fase: _____

Número de aisladores: _____

Número de cadenas de aisladores: _____

DESCRIPCIÓN DEL SITIO

Altitud : _____

Periodo de retorno de la velocidad del viento: _____

Factor de topografía, diferente de 1.0: _____

Factor de terreno, diferente al tipo 2: _____

Velocidad regional del viento (km/h): _____

Presión del viento en cables (Pa): _____

Presión del viento en estructura (Pa): _____

Presencia de hielo: _____

Ambiente marino o industrial: _____

CPE- 268

CARACTERÍSTICAS DE LAS TORRES

Nombre, uso y utilización: _____

Protección anticorrosiva: _____

Niveles de cuerpos: _____

Niveles de extensiones: _____

Condiciones de apoyo: _____

Altura para la que se requiere determinar la presión debida al viento, diferente de 2/3 de la altura total de la estructura (m): _____

MEMORIA DE CÁLCULO

Medio electrónico en el que se debe entregar: _____

900622	Rev	940805	970403	000731	010221	021115	060127	110919	160606	190611	
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--