

## 1. OBJETO DE LA ESPECIFICACIÓN

Establecer los requisitos generales que debe cumplir el suministro, fabricación, inspección y ensayos de las torres en celosía para líneas eléctricas de alta tensión de CODENSA S.A.

## 2. CONDICIONES DE SERVICIO

Las condiciones ambientales y eléctricas del sistema que se deben tener en cuenta para el diseño de las torres, son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	
a. Altura sobre el nivel del mar	2 650 m
b. Ambiente	Tropical
c. Temperatura máxima y mínima	40 °C y - 10 °C respectivamente.
d. Nivel de humedad	Mayor al 90 %
f. Nivel contaminación (IEC 60815)	Medio (II)
g. Radiación Solar máx (w/m <sup>2</sup> )	< 1000
h. Actividad Sísmica*	SI (0.3g para dirección horizontal y 0.2g para dirección vertical)

Las torres deben cumplir con los requerimientos sísmicos exigidos en el **Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-98**.

## 3. SISTEMA DE UNIDADES

En todos los documentos técnicos se deben expresar las cantidades numéricas en unidades del Sistema Internacional (S.I.).

## 4. NORMAS DE FABRICACIÓN Y PRUEBAS

Todos los materiales, diseño, fabricación, pruebas y ensayos deberán ajustarse a la última revisión de las siguientes normas o de sus equivalentes:

AISC American Institute of Steel Construction  
ASTM American Society for Testing Materials  
AWS American Welding Society  
ACI American Concrete Institute

<b>ELABORÓ</b> Subgerencia Planificación de la Red	<b>EMISIÓN</b> 16-11-2004	<b>REVISIÓN: 0</b> 16-11-2004
---	------------------------------	----------------------------------

Pueden emplearse otras normas internacionalmente reconocidas equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en la presente Especificación Técnica.

Las normas citadas en la presente especificación o cualquier otra que llegare a ser aceptada por CODENSA S.A., se refieren a su última revisión.

## 5. REQUERIMIENTOS GENERALES

Las torres metálicas deberán suministrarse completas incluyendo la superestructura, las extensiones de cuerpo y patas, los ángulos de espera, los cleats de anclaje a la cimentación o las parrillas metálicas, los pernos tuercas y arandelas de presión relleno y planas, escalera de pernos y dispositivos antiescalatorios, señales, los elementos necesarios para la instalación de las cadenas de aisladores de los conductores y cable de guarda.

Todas las estructuras deberán ser de acero galvanizado.

Las estructuras se entregarán en el sitio establecido por CODENSA S.A ESP, contadas y clasificadas de acuerdo con los planos definitivos y listados aprobados.

El fabricante deberá entregar memorias de cálculo (incluidas las reacciones en la base con cargas de trabajo), planos de la estructura y el listado composición en medio duro y magnético (autocad versión 14.)

## 6. DISEÑO

Los diseños deberán ser tales que el número de partes desiguales sea el menor posible, para facilitar su transporte, montaje e inspección.

El diseño de las estructuras deberá ser tal que la estructura ensamblada soporte las máximas cargas de diseño, con los factores de sobrecarga o seguridad aplicados sin experimentar sobreesfuerzo o deformación permanente en cualquier miembro individual.

Se deberá adoptar un sistema de arrostramiento preferiblemente triangular.

### 6.1 Aprobación de Diseños

El contratista deberá suministrar para aprobación los resultados de la simulación estructural incluyendo cálculo del peso de las torres, cargas de viento sobre la estructura y las cargas de montaje para cada tipo de estructura. También deberá entregar planos de siluetas, tabla de características de los perfiles. Utilizados en los diseños de las torres. Deberá presentar a una explicación detallada de la filosofía estructural de análisis y diseño del software utilizado, así como las fórmulas básicas de esfuerzos, relaciones de esbeltez de cada miembro y condiciones particulares en las extensiones.

<b>ELABORÓ</b> Subgerencia Planificación de la Red	<b>EMISIÓN</b> 16-11-2004	<b>REVISIÓN: 0</b> 16-11-2004
---	------------------------------	----------------------------------

## 7. DETALLES ESTRUCTURALES

Donde sea posible, las platinas de conexión deberán evitarse siendo preferibles las conexiones directas.

Deberá evitarse las juntas con excentricidades en miembros portando esfuerzos, calculados y en su lugar deberán utilizarse platinas de conexión que produzcan uniones concéntricas.

Deberán evitarse las platinas de conexión en miembros redundantes, usándose conexiones directas siempre que sea posible

## 8. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

Las torres serán de sección cuadrada y sus caras opuestas iguales. Las extensiones de pata deberán ser intercambiables entre las diferentes extensiones de cuerpo de un mismo tipo de torre.

## 9. MEMORIAS DE CÁLCULO

Para cada tipo de torre el contratista deberá presentar y someter a aprobación:

- a) Método de diseño y los esfuerzos máximos para cargas incluyendo el factor de seguridad.
- b) Planos de montaje en donde se indique la ubicación dimensiones de todos los elementos su numeración así como la longitud y diámetro de los pernos requeridos. En especial se indicarán los detalles de todas las conexiones. Deberá indicarse la ubicación de la escalera de pernos, ubicación de los dispositivos antiescalatorios y señales de numeración y peligro.
- c) Dimensiones, detalles e instrucciones para montaje de los ángulos de espera.
- d) Lista de materiales incluyendo los pesos calculados para los diferentes elementos de la estructura.

Las memorias de cálculo deben tener en cuenta lo siguiente:

- a) Las cargas mecánicas de diseño producidas por conductores y cable de guarda, se obtienen multiplicando las cargas de trabajo por los siguientes factores:
  - 1,65 para cargas transversales debidas al viento
  - 1,40 para cargas debidas al ángulo de deflexión.
  - 1,20 para cargas longitudinales
  - 1,10 para las cargas verticales excepto para el peso del poste, cuyo factor será 1,00
- b) Se tendrá en cuenta para carga de presión del viento 47,63 kg/m<sup>2</sup>
- c) Para Aceleración sísmica horizontal 0,3 g
- d) Para Aceleración sísmica vertical 0,25 g

<b>ELABORÓ</b> Subgerencia Planificación de la Red	<b>EMISIÓN</b> 16-11-2004	<b>REVISIÓN: 0</b> 16-11-2004
---	------------------------------	----------------------------------

e) El tipo de suelos donde instalaran los apoyos según Norma Colombiana de diseño y construcción sísmo resistente NSR - 98 en la Capitulo A.2 Tabla A.2.3

Los cálculos deben presentarse teniendo en cuenta las siguientes situaciones:

- Condiciones Normales
- Condición de rotura del cable de guarda en un sentido
- Rotura de un conductor en un sentido.
- Rotura de dos conductores en un sentido

Para cada uno de los casos anteriores se deberá indicar cuales son los puntos de mayores esfuerzos mecánicos y cuales los puntos de mayores momentos mecánicos de sus diseños, indicando cuales son las secciones que soportaran dichos esfuerzos y cuales sus características mecánicas.

## 10. ANÁLISIS DE FUERZAS EN TORRES DE CELOSÍA

El análisis de fuerzas debe comprender una distribución de fuerzas axiales entre los miembros principales de la torre, equivalente a la obtenida al suponer la torre como un conjunto especial de elementos rectos, prismáticos, esbeltos y elásticos, conectados entre sí mediante nodos articulados y cuyo comportamiento ante la acción de cargas externas y de peso propio se caracterice por lo siguiente:

- a) Estabilidad cinemática del conjunto estructural
- b) Relación lineal entre las cargas aplicadas y los desplazamientos de los nudos de la estructura.
- c) Magnitud de los desplazamientos de los nudos obtenida a partir de la rigidez de la estructura y de la hipótesis de carga considerada.
- d) Magnitud de las fuerzas axiales obtenidas a partir de la deformación axial del miembro según los desplazamientos de sus nudos extremos.

## 11. CONEXIONES EN TORRES

Todas las partes metálicas de las torres deberán conectarse por medio de pernos arandelas y tuercas que deberán cumplir con la última revisión de las normas ASTM A394 y ASTM A563 y deberán galvanizarse en caliente de acuerdo con la norma ASTM A153. Las tuercas y cabezas de los pernos deberán ser hexagonales. La rosca de los tornillos y tuercas debe ser simétrica (mm). No se aceptarán conexiones con remaches como tampoco con soldadura.

Las uniones de los elementos se proyectarán de tal manera que se reduzca en lo posible el momento de excentricidad. Los extremos de los miembros se deberán recortar donde sea necesario para eliminar o reducir la excentricidad en las uniones.

<b>ELABORÓ</b> Subgerencia Planificación de la Red	<b>EMISIÓN</b> 16-11-2004	<b>REVISIÓN: 0</b> 16-11-2004
---	------------------------------	----------------------------------

Los miembros sometidos a esfuerzos calculados se unirán por lo menos con dos pernos por conexión. Dichos miembros se podrán conectar con un solo perno solo en el caso en que constructivamente sea más adecuado y según cálculos ese perno único este cargado a menos del 50 % de su capacidad. Los miembros diagonales se unirán en el punto de intersección por uno o más pernos.

La parte roscada del perno deberá estar por fuera del plano de corte. El perno deberá tener una longitud tal que sobresalga de la tuerca, después de colocada, al menos tres roscas sin exceder de 10 mm.

Donde exista traslape de ángulos, la arista exterior del ángulo inferior deberá ser chaflanada para permitir un buen ajuste entre los ángulos. El chaflán deberá hacerse antes del proceso de galvanización.

Las roscas de todos los pernos y tuercas deberán ser limpiadas por centrifugación o con cepillo.

## **12. PLANOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN**

En los planos se señalará claramente la colocación, conexiones y secciones de todos los miembros de la estructura; la cantidad, tamaño y localización de los pernos en cada conexión, las propiedades mecánicas de los materiales empleados, tanto en los miembros como en sus conexiones, todos los demás detalles que sean necesarios para la correcta fabricación y montaje de las estructuras. El plano de fabricación y montaje deberá ser único, no aceptándose, la entrega de esquemas de fabricación individuales para cada pieza.

Deberán detallarse en los planos los siguientes aspectos:

- a) Miembros de diferentes tamaños
- b) Miembros con diferentes vistas, doblajes etc.
- c) Miembros con diferentes punzonados

Los detalles para las torres de transmisión deberá mostrarse en la siguiente secuencia:

- a) Un plano de montaje mostrando las dimensiones básicas, vistas necesarias marcas y cualquier otra nota aclaratoria
- b) Detalles de los ángulos de espera, pernos de anclaje y bases
- c) Los detalles de la torre
- d) Los detalles de la cruceta, con sus planos de montaje
- e) Los detalles de las extensiones de cuerpo y patas o extensiones con los planos de montaje correspondientes.

Adicionalmente se debe suministrar la lista de composición correspondiente a cada tipo de estructura con todas sus extensiones y partes de ellas, incluyendo los siguientes datos: Número de posición, clase de material y su dimensionamiento, cantidad y dimensiones de los pernos, arandelas etc.

<b>ELABORÓ</b> Subgerencia Planificación de la Red	<b>EMISIÓN</b> 16-11-2004	<b>REVISIÓN: 0</b> 16-11-2004
---	------------------------------	----------------------------------

### 13. MATERIALES Y FABRICACIÓN

#### 13.1 Calidad del Acero Estructural

Las torres de la línea de transmisión deben fabricarse con aceros de resistencia normal y/o alta de acuerdo con las fuerzas axiales resultantes en los miembros de la torre, provenientes de las hipótesis de montaje y al aprovechamiento más económico del material.

El acero de alta resistencia deberá cumplir como mínimo con la especificación ASTM A572 grado 50, con un punto de fluencia de 50000 psi o 3515 kg/cm<sup>2</sup>.

Para el inicio de la fabricación previamente deben haber sido aprobadas tanto las memorias de cálculo como los planos de diseño y fabricación.

Una vez terminadas todas las partes deberán quedar libres de abolladuras, torceduras, dobleces u otras deformaciones del material que dificulten el montaje de las estructuras o hieran las manos del personal que las maneje.

Los huecos de los pernos deberán quedar localizados en el sitio exacto, en forma tal que al estar los miembros en su posición de ensamblaje los huecos queden exactamente centrados. No se permitirá el escariado para corregir errores de localización, tolerándose una diferencia de 0.8 mm entre la localización de los huecos y la indicada en los planos.

Los huecos para pernos localizados cerca de los dobleces, deberán hacerse después, del doblaje, para evitar su distorsión. Cualquier rebaba que quede después del troquelado o taladrado de ser removida con una herramienta de biselar adecuada antes de la galvanización.

Los dobleces deberán hacerse preferiblemente en frío. De requerirlo el espesor del material o la dificultad del doblaje, se aceptará que este sea hecho en caliente previa aprobación.

Los cortes deberán hacerse normalmente con cizalla y deberán quedar limpios, sin rebaba ni bordes salientes o cortantes. No se aceptarán cortes con soplete.

Cada miembro de las torres deberá ser fabricado de una sola pieza, sin uniones del material, su longitud no deberá exceder de 9 metros.

El diámetro de los huecos debe exceder en 1.6 mm (1/16") al diámetro nominal de los pernos correspondientes.

Todos los materiales deben cumplir como mínimo con todas las tolerancias de fabricación estipuladas en la norma ASTM A6 antes y después de la fabricación de la torre.

### 14. MARCAS PARA EL MONTAJE

Antes de galvanizar todos los miembros incluyendo todas las platinas y partes, deberán ser estampados los números y letras definitivos, debiendo corresponder con los planos aprobados y la lista de materiales.

<b>ELABORÓ</b> Subgerencia Planificación de la Red	<b>EMISIÓN</b> 16-11-2004	<b>REVISIÓN: 0</b> 16-11-2004
---	------------------------------	----------------------------------

Las marcas para montaje deberán tener la forma de leyenda establecida en este numeral identificando el tipo de torres, la calidad del acero y número de identificación de ítem apropiado. No se permitirán letras sufijas indicando lado derecho o izquierdo.

Los números y las letras deberán ser por lo menos de 20 mm de altura y ser claramente legibles después de la galvanización.

Ejemplo: A160H  
Donde:

A tipo de torre  
160 Orden de localización del elemento estructural de la torre  
H H para acero de alta resistencia y sin letra para acero normal.

Los planos de montaje deben indicar claramente la posición de cada uno de los miembros de la estructura mediante el número de montaje correspondiente. Los miembros con un mismo número de montaje deben iguales e intercambiables.

## 15. GALVANIZACIÓN

Después de terminados todos los trabajos de fabricación y verificado el correcto armado de la estructura con todos sus elementos por parte de CODENSA, todas las piezas de acero deberán limpiarse de óxido, escamas, polvo, grasa, aceite y cualquier otra sustancia extraña, antes de ser galvanizadas en caliente.

Los ángulos de espera deberán galvanizarse totalmente.

Los trabajos de preparación del galvanizado y el proceso de galvanización en sí, no deberán afectar en forma adversa las propiedades mecánicas del acero. Se deberá evitar que se presenten pandeos y torceduras.

Para evitar pérdidas en la ductilidad y en la resistencia del acero que puedan producirse a causa del proceso de galvanización deberán seguirse las recomendaciones consignadas en la norma ASTM A143.

Los perfiles platinas y elementos similares para las estructuras, deberán ser galvanizados de acuerdo con lo especificado en la norma ASTM A123 y los dispositivos antiescalatorios, pernos, tuercas y arandelas de acuerdo con la norma ASTM A153, con un recubrimiento mínimo de 610 gr/cm<sup>2</sup>.

Las roscas de las tuercas deberán repasarse después de la galvanización y posteriormente deberán lubricarse con aceite. La tuerca deberá girar fácilmente sin flojedad excesiva a todo lo largo de la rosca del perno, permitiendo su atornillado a mano.

El galvanizado deberá quedar liso, limpio, uniforme, continuo y libre de defectos el exceso de zinc en pernos, tuercas, arandelas deberá ser removido por centrifugado.

<b>ELABORÓ</b> Subgerencia Planificación de la Red	<b>EMISIÓN</b> 16-11-2004	<b>REVISIÓN: 0</b> 16-11-2004
---	------------------------------	----------------------------------

Los defectos tales como variaciones excesivas en el espesor de la capa de zinc, falta de adherencia, aspereza excesiva, constituirán causa suficiente para que las piezas sean rechazadas.

La calidad del material empleado en el proceso de galvanización debe cumplir con la norma ASTM B6.

## 16. PRUEBAS E INSPECCIÓN GENERAL

Será responsabilidad del fabricante y a su cargo los costos por la ejecución de todas las pruebas incluidas en estas especificaciones y deberá someter a aprobación los certificados correspondientes a los reportes de prueba.

Los procedimientos a usarse en todas las pruebas y los lugares en donde se realizarán serán aprobados por CODENSA S.A, antes de las pruebas.

El fabricante presentará al Inspector todas las especificaciones técnicas usadas para la compra de la materia prima y suministro de componentes por sus subcontratistas y también los correspondientes certificados de aceptación y reportes de prueba.

El fabricante es responsable por el diseño y funcionamiento satisfactorio de cualquier material de él o suministrado por sus subcontratistas. Cualquier gasto que sea necesario hacer por reemplazo de material defectuoso o modificaciones al diseño serán a cargo del fabricante.

A menos que se especifique lo contrario el fabricante notificará al Inspector con anticipación:

- El inicio de la fabricación
- El producto está listo para ser probado
- El producto terminado está listo para las pruebas de aceptación final

### 16.1 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Se definen como todas las pruebas hechas sobre elementos o componentes totalmente terminados que están indicadas en esta sección con los niveles requeridos de aceptación y rechazo.

Las pruebas exigidas serán:

- Armado de la estructura para verificar el apropiado corte, perforación y conexión de cada elemento dentro de la estructura.
- Pruebas de espesor de galvanizado

Estas pruebas deberán ejecutarse de acuerdo con el programa de Control de Calidad incluido por el fabricante en su oferta y previamente aprobado.

Después de cada prueba el fabricante presentará al Inspector reporte de pruebas para su aprobación. Ningún material se liberará para embarque antes de recibir estos reportes, a menos que específicamente se indique por escrito para cada caso.

<b>ELABORÓ</b> Subgerencia Planificación de la Red	<b>EMISIÓN</b> 16-11-2004	<b>REVISIÓN: 0</b> 16-11-2004
---	------------------------------	----------------------------------

## 17. INFORMACIÓN PARA LA PROPUESTA

Cada proponente deberá entregar junto con su oferta, la información solicitada en esta especificación y cualquier otra información necesaria que permita a CODENSA poder seleccionar los equipos a adquirir. Deberá incluirse la siguiente información:

- Plazo de entrega y programa preliminar de fabricación e inspección. El proponente debe incluir en su programa el tiempo que el CODENSA requiere para aprobación de los planos de diseño y/o memorias de cálculo.
- Memorias de cálculo
- Experiencia de la firma
- Certificado de calidad
- Descripción del software de cálculo estructural utilizado.
- Certificados de las características de los materiales usados.

CODENSA podrá solicitar información adicional en caso que considere insuficientes los antecedentes presentados, para lograr una adecuada evaluación técnica de la oferta.

CODENSA podrá rechazar una propuesta si la información entregada no tiene el suficiente grado de detalle y claridad. El proponente debe indicar claramente en su propuesta todos los puntos que presenten diferencias con respecto a esta Especificación.

## 18. GARANTÍAS

Las torres, así como sus componentes y accesorios, deben ser cubiertos por una garantía respecto a cualquier defecto de fabricación, por un plazo de 2 años a partir de la fecha de entre

<b>ELABORÓ</b> Subgerencia Planificación de la Red	<b>EMISIÓN</b> 16-11-2004	<b>REVISIÓN: 0</b> 16-11-2004
---	------------------------------	----------------------------------