

# CAPITULO 2

## 2. BASES TÉCNICAS PARA DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

### 2.1 Características generales para el diseño

Se diseñarán tres modelos de torres SDH, cada modelo para alturas de 60 metros, con la versatilidad de ser modulares a 54 y 48 metros (ver figura 2.1), -al ir sustrayendo los tramos inferiores-; sin que esto reduzca las capacidades de carga de la estructura. Cada altura de torre será capaz de cumplir para los mismos criterios de diseño y condiciones de carga. En función de la velocidad de viento regional considerada para el diseño de las torres, los modelos se denominarán:

Normal (N): 140 Km/hr

Expuesta (EX): 160 Km/hr

Muy Expuesta (ME): 190 Km/hr

La designación completa de este tipo de estructuras será:

M3-SDH / CEL-EX (HH)

Donde:

M3: Indica que se trata de una estructura de tres montantes (sección triangular).

SDH: Define la capacidad de carga de antenas para la cual se diseña la estructura (9 antenas celulares de 160N. c/u en la plataforma de trabajo, 6 antenas sólidas de 500N c/u y 4 antenas de 6000N c/u)

CEL: Indica que la torre se fabrica en celosía (Tejido tipo X).

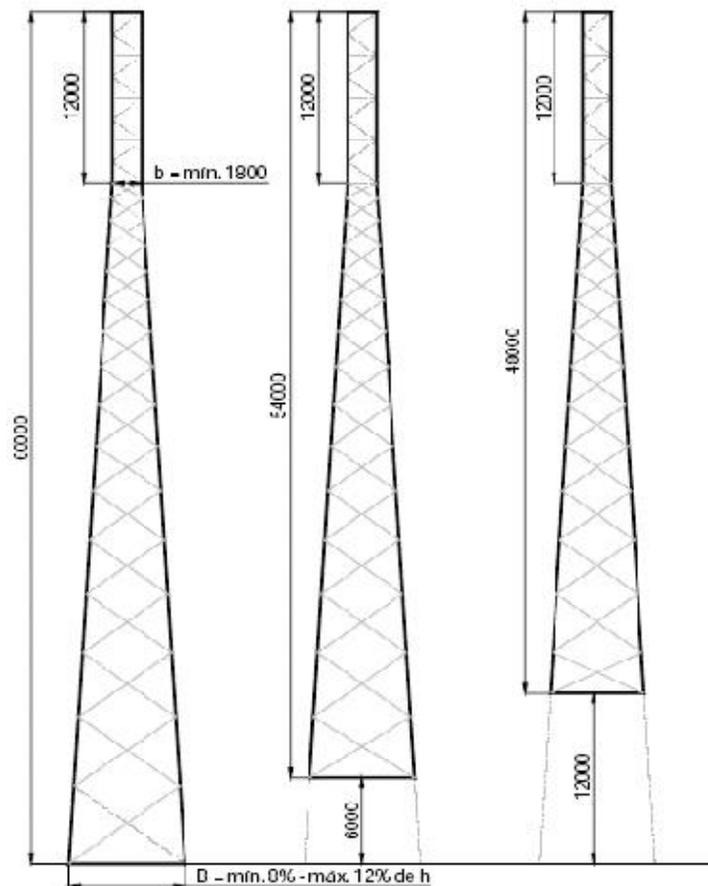


FIGURA 2.1 GAMA DE ALTURAS DE LAS TORRES

EX: Se refiere al modelo de torre que corresponda, %N+ normal, %EX+ expuesta y %ME+muy expuesta.

(HH): Señala la altura de la estructura en metros.

La geometría de la torre será justificada según el cálculo, con las siguientes limitaciones:

La separación entre montantes será mínimo el 8% de la altura de la torre y máximo el 12%.

La configuración de la torre será piramidal, considerando un tramo recto en los últimos 12m de la altura de la estructura.

Los 12m de tramo recto tendrán una separación mínima entre montantes de 1,8 m

Se dimensionarán placas base, montantes, cartabones, celosía (diagonal, horizontal, diafragmas, etc.) placas de conexión, pernos de anclaje y soldaduras

La elección del tipo de cimentación se determinará según resultados del Estudio de Mecánica de Suelos y su diseño deberá cumplir con las normativas locales vigentes del país donde se construya.

## 2.2 Normativa Aplicada en Ecuador

El diseño, fabricación e instalación de las estructuras soporte de antenas en celosía tipo M3, así como el diseño de su cimentación, deberán cumplir con todas y cada una de las normativas vigentes en cada país.

### Normativa Ecuador

- “ Código Ecuatoriano de la Construcción. Basado en las especificaciones AISC-LRFD
- “ ANSI/TIA/EIA-222-F Structural Standard for Antenna Towers and Antenna Supporting Structures
- “ AISC - American Institute of Steel Construction . Reglamento para la construcción en acero, octava edición.
- “ ACI - American Concrete Institute . Reglamento para la construcción en concreto

## **2.3 Características Generales de la Estructura**

Las torres SDH que se especifican en este documento son estructuras autosoportadas metálicas de sección triangular, construidas con perfiles angulares ó placas roladas (plegadas) y, se montan mediante la unión tramos, por medio de placas atornilladas (cubrejuntas), destinadas al soporte de antenas de Telefonía Móvil. Se pretenden torres limpias en sus tres costados, por lo que todas las estructuras SDH estarán preparadas para instalar por su interior -y en trayectoria vertical- el sistema de acceso y la cama guía ondas.

### **2.3.1 Elementos y Accesorios**

Se definen en este apartado los accesorios a instalar sobre la torre. El sistema de acceso es el medio que permite la inspección y el control de las antenas y de la propia torre.

El sistema de acceso será mediante escalera que se extiende por la torre dispuesta en posición vertical en toda su longitud. La fijación a la estructura se realiza a cada 5m, máximo. La escalera está formada por ángulos verticales (largueros) de LI 51 x 6mm,

unidos por peldaños formados por redondos sólidos (OS) de 19 mm, soldados a los ángulos verticales, y separados 250 mm entre sí. El ancho de la escalera será de 400 mm. (a paños exteriores).

Los peldaños de ascenso deben ser de textura antiderrapante, ya sea por medio de arenas silíceas en la pintura ó usando varillas corrugadas. Como medida de seguridad, para evitar la caída de personas durante las operaciones de ascenso y descenso, se instalará un sistema de protección anticaídas homologado por cada país, por lo que será necesario dejar las preparaciones pertinentes para la instalación de cualquiera de estos sistemas.

Cuando así se requiera se instalarán aros guarda hombre como se muestra en la figura 2.2, por lo cual, se deben considerar las preparaciones necesarias para su fijación a la escalera de acceso, la separación máxima entre aro y aro será de 1200mm.



FIGURA 2.2 ANILLOS DE SEGURIDAD

En los niveles de acceso a plataformas se prescindirá de la instalación de los aros cuando estos obstruyan el libre paso del usuario. El proveedor del sistema de protección anticaídas entregará por cada sistema instalado un certificado original de garantía, con el número de referencia del equipo y la fecha de instalación, que se incluirá en el proyecto específico.

### **2.3.2 Sistema de Sujeción de Cables**

Los guíaondas o coaxiales son cables de radiofrecuencia (RF), relativamente rígidos y con ciertas limitaciones a las curvaturas, no inferiores a 500 mm, que unen las antenas con los equipos de

radio situados en el interior de las casetas destinadas a sitios celulares ó a equipos, de intemperie. Su trayectoria se extiende por el interior de la torre, cama guíaondas vertical y por el espacio comprendido entre torre y caseta ó equipo de intemperie, cama guíaondas horizontal como se muestra en la figura 2.3.



FIGURA 2.3 GUÍA HORIZONTAL

La trayectoria vertical se diseña para fijar los cables en un perfil de 51 x 5mm, de 1400 mm de longitud, dispuesto horizontalmente y paralelo a la escalera de ascenso como se muestra en la figura 2.4.



FIGURA 2.4 GUÍA VERTICAL

Estos perfiles se instalan en toda la vertical separados cada 1.4 metros. La trayectoria horizontal se diseña para que se puedan fijar los cables guíaondas a un perfil transversal L 51 x 5mm, soportados sobre dos perfiles (largueros) L 76 x 9mm. En la parte superior y para proteger los coaxiales de cualquier impacto, se utilizará una lámina galvanizada de calibre 14 (1.89 mm) de espesor. La tapa protectora deberá diseñarse para permitir el paso de los cables.

Los tramos de la ~~es~~ escalerilla tendrán una longitud de 6000 y 3000 milímetros y un ancho de 600mm, ó 1000mm según los requerimientos de cada país. Se diseñarán también tramos curvos para cambios de trayectoria a 90° y 45°. La cama guíaondas

horizontal podrá instalarse directamente a la torre por medio de un sistema de atirantado, para el cuál se diseñaran los accesorios necesarios. Para el caso de sujetar la %escalera+ mediante postes de acero, estos se diseñarán telescópicos y los perfiles largueros de la %escalera+ podrán aligerarse. La cama guíaondas se instalará de forma tal, que la pendiente quede hacia la estructura evitando que los escurrimientos de agua, en caso de lluvia, afecten la caseta o equipos de intemperie.

### **2.3.3 Sistema de Protección de Puesta a Tierra**

El aterrizaje de la estructura, de las antenas y del pararrayos se realiza según las especificaciones de sistema de tierras vigente en cada país. El soporte del pararrayos se resuelve con un tubo OC de 50mm cedula 40, tendrá una longitud de 6000 mm, y se diseña de manera tal que permita el deslizamiento para facilitar los trabajos de mantenimiento, como se muestra en la figura 2.5



FIGURA 2.5 PARARRAYO

#### **2.3.4 Balizamiento Nocturno**

El sistema de balizamiento nocturno se instalará siguiendo normativas de la Dirección General de Aviación Civil ó el organismo regente en cada país.

Se proveerán como accesorios los soportes metálicos necesarios para instalar a la estructura los diferentes tipos de luminarias dictaminadas por la DAC ó el organismo oficial regulatorio en cada país. Debe considerarse también el soporte para la fotocelda como se muestra en la figura 2.6



FIGURA 2.6 BALIZAMIENTO NOCTURNO

### **2.3.5 Plataformas de Descanso y Trabajo**

Constituyen la zona de la torre destinada a la instalación, supervisión y mantenimiento de las antenas y de la propia torre, o al descanso de los trabajadores durante la realización de las tareas anteriores o durante su ascenso por dicha torre. Su construcción se efectúa mediante rejilla tipo Irving para evitar el deslizamiento del calzado, al mismo tiempo que permite el paso de agua evitando estancamientos y acumulaciones sobre la misma.

#### **Plataformas de descanso interiores**

En la torre de 60m, se dispondrá de 3 plataformas de descanso interiores, la primera a 15m de altura aproximadamente, la segunda a 30m aproximadamente, y la tercera a 45m

aproximadamente. La superficie se diseña con suficiente dimensión para permitir la estancia de una persona, además a 0.85 metros de altura de cada plataforma, se dispondrá de un barandal de protección.

### **Plataformas de trabajo interiores**

La zona de instalación de antenas, -tramos rectos de la torre- se dotará de dos plataformas de trabajo. Su construcción es similar a la de descanso. Los tramos rectos disponen de celosía horizontal a cada dos metros y, estas barras, se dejarán preparadas, para recibir plataforma de trabajo en los niveles que así convenga, como se muestra en la figura 2.7



FIGURA 2.7 PLATAFORMA INTERIOR

## Plataforma de trabajo exterior

Se diseñaran 2 tipos de plataformas de trabajo exteriores de sección triangular, una con longitud de caras de 3m y otra para 4m. Dispondrán de sectores andadores para el paso hombre que permitan a la vez trabajos de instalación y mantenimiento de equipos. Servirán de soporte de antenas de RF: La plataforma de 3m, permitirá instalar hasta 3 antenas por sector, separadas equidistantemente en toda la longitud del sector. La plataforma de 4m, permitirá instalar hasta 5 antenas por sector separadas equidistantemente en toda la longitud del sector como se muestra en la figura 2.8. Todas las plataformas se diseñan para soportar una carga de 250kg/m<sup>2</sup>

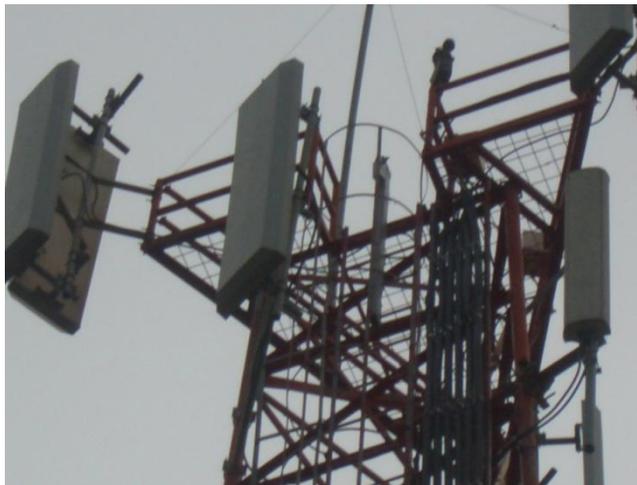


FIGURA 2.8 PLATAFORMA EXTERIOR

### 2.3.6 Soportes para Antenas Radio Frecuencias y Microondas

Los soportes de antenas son los elementos necesarios para la instalación de los sistemas radiantes sobre la torre de la forma más adecuada para que, en cada caso particular se consigan los objetivos de cobertura. Para sujetar las antenas en los soportes, se utilizarán tubos de amarre de diámetro variable según se trate de antenas de RF ó microondas que irán fijados mediante abrazaderas roscadas en su totalidad. Para sujetar las antenas RF en los soportes se utilizan tubos de amarre  $\varnothing C+ de =50$  m.m. cédula 40 ( $=60.3 \times 3.91$  mm) de 1800 y 2400 milímetros de longitud, según el modelo de antena a instalar y, para sujetar las microondas tubos de amarre  $\varnothing C+ de =100$ mm cédula 40 ( $=114 \times 6.02$  mm) de 1200 milímetros para antenas de hasta 1220mm. Para antenas de diámetros superiores la longitud del tubo será de 1800mm. Los soportes a diseñar para esta estructura son los siguientes:

- Ménsula fija para antena de RF
- Soporte delta para antenas de RF
- Ménsula fija para antena de microonda de 610 a 1220mm

- Ménsula fija para antena de microonda de 1830 a 2440mm
- Soporte universal para antena de microonda de 1830 a 2440mm

### **Ménsula Fija Para Antena**

Las ménsulas fijas para antenas de RF se diseñan para los tramos rectos y piramidales de la estructura, en ambos casos el tubo de amarre se instala en posición vertical. Consiste en una estructura de acero galvanizado que sirve para soportar antenas tipo panel, cuyo sistema radiante no está condicionado a separarse de la estructura como se muestra en la figura 2.9.



FIGURA 2.9 MÉNSULA O SOPORTE

La sujeción a la torre se efectúa a través de dos ménsulas, sujetas por herrajes mediante unión tipo sánduche a una pierna o montante vertical, y separadas entre sí una distancia de 1 metro como se muestra en la figura 2.10.



FIGURA 2.10 UNIÓN TIPO SÁNDUCHE

En sus extremos se sujeta el tubo amarre de antena, que estará separado respecto del montante vertical 300mm para facilitar las tareas de instalación de antenas, pudiendo ser esta longitud mayor en función de las dimensiones de la antena.

En este soporte el tubo amarre se considera incluido dentro del propio soporte. Los herrajes de sujeción del soporte deberán diseñarse para poder instalarles a cualquier nivel de la torre, lo cuál implica adaptarlos a los diferentes perfiles de las piernas.

Se montará una plataforma de trabajo interior de forma que se acceda con facilidad a la instalación y mantenimiento de las antenas.

### **Aceros Estructurales**

Las placas estructurales y perfiles utilizados, se ajustarán en cuanto a su composición química, condición de suministro, recepción, dureza y tolerancias conforme a la normativa A.S.T.M. para estructuras metálicas.

Los materiales empleados en la construcción e instalación de las estructuras soporte de antenas presentarán las siguientes características:

El acero estructural utilizado puede ser de dos tipos que corresponden a las siguientes características mecánicas:

**TABLA I.- PROPIEDADES FÍSICAS ACERO A-36**

<b>A-36(36,000 lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>ST</b>	<b>SI</b>
Límite elástico a tensión (F <sub>TY</sub> )	2,530 kg/cm <sup>2</sup>	248 MPa
Límite elástico a compresión (F <sub>CY</sub> )	2,530 kg/cm <sup>2</sup>	248 MPa
Módulo elástico a tensión (E <sub>T</sub> )	2,1x10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>	200,000 MPa
Módulo elástico a compresión (E <sub>C</sub> )	2,1x10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>	200,000 MPa
Coefficiente de Poisson ( )	0.3	0.3
Densidad (peso específico)	7,800x10 <sup>-6</sup> kg/cm <sup>3</sup>	76,518 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad transversal G = E/2(1+ )	0.787x10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>	77,204 MPa

## 2.4 CIMENTACIÓN

Los materiales componentes del concreto deberán cumplir en todo momento con lo establecido las normativas para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, del país donde se construya.

La dosificación elegida para la preparación de las mezclas destinadas a la construcción de las cimentaciones de las torres se estudiará para que sea capaz de proporcionar concretos cuyas características mecánicas, estructurales y de durabilidad satisfagan sobradamente las condiciones indicadas en este pliego. Estos estudios se realizarán teniendo en cuenta, en todo lo posible las condiciones reales de obra.

Las características mecánicas de los concretos empleados en la cimentación deben cumplir con la resistencia de proyecto solicitada.

La resistencia de proyecto  $f'_c$ , no será inferior a 200 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto en masa de la cimentación. Para los casos especiales de cimentación a base de losas rígidas o zapatas aisladas, los concretos a utilizar serán armados con un valor mínimo de  $f_{\phi} = 250$  kg/cm<sup>2</sup>, excepto los concretos para plantillas que será  $f_{\phi} = 100$  kg/cm<sup>2</sup>.

Las dimensiones máximas y mínimas del agregado y de los finos deberán cumplir con lo especificado en las normativas que apliquen en el país donde se construya la cimentación.

Por otra parte, el recubrimiento libre entre el plano exterior del acero de refuerzo y el límite del elemento no será menor de 50 mm. La parte de relleno que se debe colocar será a base de tepetate compactado.

En cuanto al control de calidad, factores de proporcionalidad para los ensayos de probetas, así como para la manejabilidad y trabajabilidad del concreto, se cumplirá con lo establecido en las normativas de aplicación de cada país y, será responsabilidad de la empresa suministradora de la estructura, comprobar a través de ensayos de laboratorio (cilindros de concreto ó extracción de corazones), que la resistencia del concreto sea la misma que se especifica en el diseño de cimentación.

El refuerzo del concreto, para el caso de tratarse de una cimentación a base de losa maciza o zapatas aisladas, pilotes, pilas etc. se realizará a base de barras de acero de corrugado grado 42, de acuerdo a los cálculos de proyecto.

Se define la cimentación por losa de concreto armado. Sin embargo, cada país podrá definir la tipología de cimentación que mejor convenga.

#### **2.4.1 Tipología de Cimentación**

Las estructuras muy esbeltas y de gran altura como es el caso de las torres, están sometidas a fuertes empujes horizontales de viento y en muchos casos resisten acciones sísmicas. Los momentos de vuelco transmitidos a la base dan lugar a fuertes tensiones de borde, unas de tracción y otras de compresión que, en terrenos deformables pueden producir giros o inclinaciones irreversibles.

Se definirá la cimentación para que el terreno sea capaz de absorber estas cargas, bien aumentando la superficie de apoyo,

bien contando con la colaboración del terreno en los laterales y en la base mediante una cimentación profunda. Además, la cimentación constituye una condición de borde de la superestructura y no siempre puede suponerse un empotramiento perfecto entre ambas.

La rigidez de la cimentación y sus posibilidades de giro o movimiento influyen sobre la distribución de esfuerzos en la torre y sobre las deformaciones que pueda sufrir el terreno en la zona de influencia de la cimentación causadas por la compresión del macizo sobre el mismo.

Para terrenos con un grado de sismicidad importante, estos movimientos se transmitirán a la estructura afectando a su comportamiento dinámico. Se trata por tanto de prever la forma en que las vibraciones del sustrato se transmiten a la estructura a través de su cimentación.



FIGURA 2.11 MEJORAMIENTO DEL SUELO

En general, las cimentaciones muy rígidas hacen que toda la estructura se mueva en la misma fase, con lo que movimientos diferenciales o efectos dinámicos inesperados quedan muy atenuados.

Se hace necesario rigidizar convenientemente la unión de la placa base y la cimentación (figura 2.11) para que el conjunto trabaje de manera solidaria. Se dimensionará los elementos de unión (anclas) que quedan empotrados en el concreto, para evitar desgarres por falta de adherencia.

## 2.4.2 Cimentación por Losa de Concreto Armado

Con este tipo de cimentación, figura 2.12; 2.13; 2.14 se reducen las tensiones de apoyo recurriendo a una zapata o losa de concreto armado de mayores dimensiones en planta ampliando así la superficie de contacto con el terreno. Su peso sirve también para centrar la resultante de cargas.



FIGURA 2.12 LOSA DE CONCRETO ARMADO



FIGURA 2.13 CIMENTACIÓN

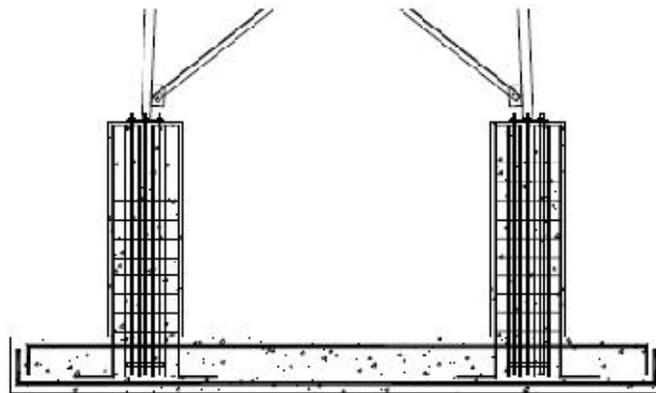


FIGURA 2.14 LOSA DE CONCRETO ARMADO

Existen diversos tipos de terrenos que presentan una problemática especial en los que habrá que realizar estudios detallados y requerirán rediseño de la cimentación

Suelos con materia orgánica: en zonas pantanosas, lacustres, marismas, estuarios. Se pueden producir asientos importantes. Se

emplearán soluciones especiales de cimentación cuando el contenido en materia orgánica supera el 20%.

Suelos colapsables: como los limos yesíferos, sufren asentamientos importantes es decir colapsan por humedecimiento (lluvia) al estar bajo carga.

Suelos expansivos: materiales arcillosos preconsolidados con apreciables cambios de volumen por variaciones de humedad.

Terrenos Karsticos: formaciones calizas con problemas de disolución, es decir sales disueltas en el agua pueden volverse a solidificar. Se pueden producir hundimientos bruscos.

Rellenos: de elevada compresibilidad, generalmente muy errática. La solución más aconsejable es atravesarlos con pozos o pilotes.

Laderas inestables: Exigen una fijación previa a cualquier obra de cimentación.

Terrenos agresivos al hormigón: con un porcentaje apreciable de sales o elementos nocivos para el concreto como sulfatos y magnesio. Se emplearán cementos especiales.

## 2.5 Recubrimientos

Los recubrimientos que se efectuarán a toda la estructura metálica y los accesorios serán

### 2.5.1 Galvanizado en Caliente

Todos los elementos que configuran el mástil estarán galvanizados en caliente según la norma A.S.T.M. A-123.

La galvanización en caliente es el procedimiento de un recubrimiento de zinc y/o de aleaciones de zinc-hierro sobre los productos de hierro y acero, mediante inmersión de los mismos en zinc fundido.

El espesor del recubrimiento galvanizado para el acero estructural será:

Para perfiles con espesor Acero  $\geq$  6 mm: recubrimiento medio 85  $\mu$ m (equivalente a 600 gr / m<sup>2</sup>) y espesor local de 70  $\mu$ m.

Para perfiles con espesor Acero  $\geq 3$  mm hasta  $< 6$ mm:  
recubrimiento medio 70  $\mu$ m y espesor local de 55  $\mu$ m.

El espesor del recubrimiento sobre los elementos roscados  
centrifugados será:

Para roscas con diámetro  $d \geq 20$  mm: recubrimiento medio 55  $\mu$ m  
y espesor local de 45  $\mu$ m.

Para roscas con diámetro  $d \geq 6$  mm hasta  $< 20$  mm: recubrimiento  
medio 45  $\mu$ m y espesor local de 35  $\mu$ m.

Para roscas con diámetro  $d < 6$  mm: recubrimiento medio 25  $\mu$ m y  
espesor local de 20  $\mu$ m.

El aspecto del recubrimiento debe estar exento de ampollas,  
excesiva rugosidad, zonas desnudas y gotas punzantes. Tampoco  
debe contener residuos del flux de galvanización.

La galvanización debe efectuarse con una calidad de zinc que permita mantener por debajo del 1,5 % el nivel de impurezas, distintas del hierro y estaño, en el baño.

No se admitirán piezas que no estén cubiertas por el recubrimiento galvanizado, que se produzcan por contaminación de la superficie del acero con sustancias que no se eliminan durante los tratamientos previos de desengrase y decapado, o por cualquier otra circunstancia que no esté debidamente documentada y justificada. Antes de efectuarse la galvanización el suministrador comprobará que la calidad, tamaño, orificios de ventilación y drenaje, acabado superficial, etc., son los correctos para que los espesores del recubrimiento de galvanizado sean los requeridos. En el caso de pequeñas piezas, como los tornillos, tuercas, arandelas, etc., la galvanización deberá centrifugarse debido a su pequeño tamaño. Bajo ningún concepto se efectuarán soldaduras después del proceso de galvanizado.

### **2.5.2 Sistema de Pintado**

El sistema de pintado cumplirá con la especificación actualizada de pintado de estructuras metálicas del país donde se instale la

estructura. La torre y todos sus accesorios, podrán pintarse una vez instalados y montados en sitio ó desde fábrica, según los requerimientos de cada país. El sistema de pintado en la estructura se utilizará por tres motivos: por motivos de minimizar el impacto visual, por señalización y camuflaje, y para aumentar su duración. En nuestro país por disposición de la DAC, se pinta las torres de colores Blanco y Naranja intercalados, empezando en naranja y terminando en naranja

## **2.6 Montaje de la Estructura**

Los elementos que componen la estructura estarán de acuerdo con las dimensiones, detalles y prescripciones indicadas en los planos. Las manipulaciones necesarias para la carga, descarga, transporte y almacenamiento, así como el montaje se realizarán con el cuidado suficiente para no provocar solicitaciones excesivas en ninguno de los elementos constructivos. El montaje de la estructura se efectuará con el equipo humano y material de montaje adecuado (figura 2.15). El armado de los diferentes tramos se efectuará in situ, verificando que todos los elementos se montan en su posición correcta, fundamentalmente, montantes y diagonales.



FIGURA 2.15 MONTAJE DE TORRE

Asimismo, se verificará que los diferentes elementos de unión, tornillos, arandelas, forros sean los apropiados. Se verificará que la unión entre tramos se efectúe con junta interior y cubrejuntas exteriores. Previo a la colocación del tramo de arranque (ver figura 2.16), se colocarán las calzas o alzados necesarios para lograr el espacio que hay que respetar entre la parte inferior de la estructura y el fondo de la excavación.



FIGURA 2.16 COLOCACIÓN DE PATA DE TORRE