

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Guía para la Normalización del Proceso Constructivo en  
Torres Autosoportadas para Telecomunicaciones.”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

(Proyecto de Graduación)

Previo a la obtención de Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

John Alejandro Rayo Cedillo

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

## **AGRADECIMIENTO**

Primero a Dios, quien día a día me da la fuerza de seguir adelante a pesar de mis errores.

Este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo de mi tutor el ingeniero Julián Peña que fue mi mentor y pilar principal para poder crecer profesionalmente.

Al ingeniero Ignacio Wiesner quien ha sido y será mi maestro, de quien aprendí muchos conocimientos y experiencias importantes para el futuro.

Al Ingeniero Javier Granados quien con mucho profesionalismo y su vasta experiencia en el tema de torres de telecomunicaciones, compartió conmigo los conocimientos necesarios para realizar un excelente trabajo.

Al ingeniero Enrique Toledo quien me ayudo en los momentos críticos del trabajo con su amplia experiencia y espíritu colaborador.

Por último, no puedo dejar de mencionar a mi familia, por su apoyo incondicional y su esperanza en que algún día este proyecto se llevase a cabo, especialmente a mi madre quien toda la vida dio todo de ella por llegar ver a su primogénito ser un profesional, a mi padre por su capacidad de motivación que me llevaba a cumplir mis metas, a mi esposa quien con su paciencia me alentaba a seguir adelante y a mi querida hija que fue la inspiración para lograr esta meta.

***John Alejandro Rayo Cedillo***

## DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi madre y padre quienes me brindaron toda la ayuda necesaria tanto económica como afectiva todo el tiempo.

A mi esposa quien me apoyo y alentó para continuar en el cumplimiento de mis metas.

A mi hija quien con su amor y sonrisas me daba la fuerza para seguir adelante con lo que me proponga.

A mis maestros quienes me enseñaron todo lo que sé sobre ingeniería mecánica y por quienes me siento un profesional de muy alto nivel gracias a sus conocimientos.

A mis amigos y al G-team quienes siempre estuvieron en las buenas y en

las malas para darnos el apoyo como grandes hermanos que somos y seremos a lo largo de nuestras vidas dejando un ejemplo para nuestras futuras generaciones.

A todos los que me apoyaron para escribir y concluir este proyecto de graduación.

Para ellos es esta dedicatoria del proyecto, pues es a ellos a quienes les doy mis más sinceros agradecimientos por su apoyo incondicional.

***John Alejandro Rayo Cedillo***

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Ing. Jorge Duque R.,  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Julián Peña E.  
DIRECTOR DEL TFG

---

Ing. Ernesto Martínez L.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

John Alejandro Rayo Cedillo

## RESUMEN

Las telecomunicaciones y tecnologías de la información han vivido un avance sorprendente con un desarrollo significativo tanto a nivel de los usuarios como el de la tecnología a la que se puede acceder hoy en día. Así mismo el número de antenas de telefonía celular que contienen dispositivos de transmisión para teléfonos celulares, servicios de radio, teledifusión y comunicaciones tienen un progresivo incremento en las terrazas de casas, edificaciones, y zonas alejadas.

Las torres de telecomunicaciones son estructuras que se vuelven vulnerables frente a los fuertes cambios climatológicos y agentes externos que soportan, debido a sus propias características de geometría, condiciones de ligereza y esbeltez. Es por esta razón que en el Ecuador y el mundo es importante mantener la calidad de cada uno de los componentes que juntos forman una torre de telecomunicaciones.

En el presente documento se realizó un estudio en campo donde se recaudó información e identifiqué que muchos de los componentes de distintas torres, en diferentes Estaciones Bases estaban siendo afectados por la corrosión u otros fenómenos que podrían causar un sin número de problemas que no solo afectarían económicamente al dueño del lote o edificio, sino también de



manera directa e indirecta a las empresas de telecomunicaciones y a los usuarios de estos servicios.

Es por esto que el objetivo de este proyecto fue la creación de una guía que describa la correcta selección de materiales, manipulación, transporte, montaje, instalación, pintura y demás procesos que intervienen en la construcción de torres autoportadas garantizando la calidad del servicio que brindan los contratistas responsables de la construcción de torres autoportadas para telecomunicaciones.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vi
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1 TORRES AUTOSOPORTADAS EN EL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES.....	3
1.1 Auge de la Telefonía Móvil en el Ecuador.....	3
1.2 Descripción de Torres para Telecomunicaciones.....	7
1.3 Tipos de Torres.....	10
1.4 Componentes Principales de las Torres Autosoportadas.....	14
1.5 Normativas Aplicables para Torres Autosoportadas.....	20
<b>CAPÍTULO 2</b>	
2 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS TORRES AUTOSOPORTADAS EN LAS ESTACIONES BASE.....	25

2.1 Estaciones Base.....	25
2.2 Principales problemas en el Proceso Constructivo y Servicio.....	27

### **CAPÍTULO 3.**

3 GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y FICHAS TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRES AUTOSOPORTADAS.....	36
3.1 Selección y Aceptación de Materia Prima.....	36
3.2 Manipulación y Transporte.....	49
3.3 Proceso Constructivo y Montaje.....	58
3.4 Comisionado de la Obra.....	104

### **CAPÍTULO 4**

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	123
---------------------------------------	-----

### **APÉNDICES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

## ABREVIATURAS

1G:	Primera Generación
2G:	Segunda Generación
3G:	Tercera Generación
3GPP:	Proyecto Asociación de Tercera Generación
4G:	Cuarta Generación
ACI:	American Concret Institute
AISC:	American Institute of Steel Construction
AMPS:	Advanced Mobile Phone System
ANSI:	American National Standards Institute
ASTM:	American Society for Testing and Materials
AWG:	American Wire Gauge
CDMA:	Code Division Multiple Access
CNT:	Corporación Nacional de Telecomunicaciones
DGAC:	Dirección General de Aviación Civil
e:	Espesor
EDGE:	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIA	Electronic Industries Association
EN:	Norma Europea
EPP'S:	Equipos protección personal
FDMA:	Frequency Division Multiple Access
GPRS:	General Packet Radio Service
GSM:	Global System for Mobile communications
HSCSD:	High-Speed Circuit-Switched Data
IMT	International Mobile Telecommunications
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
IP:	Protocolo Internet
ISO:	International Organization for Standardization
LTE:	Long Term Evolution
MSDS:	Hojas de Datos de Seguridad de Materiales

NTE:	Norma Técnica Ecuatoriana
OSHAS:	Occupational Health and Safety Assessment Series
PDC:	Dispositivo cebado de pararrayo
PVC:	Policloruro de vinilo
R:	Resistencia
RF:	Radio frecuencia
SAE:	Sistema Avanzado de ayuda a la Explotación
SCH:	Schedule (tamaño estándar de tuberías)
SDR:	Software Defined Radios
SPT:	Sistema puesta a tierra
TDMA:	Time division multiple access.
TIA:	Telecommunications Industry Association
UIT:	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UMTS:	Universal Mobile Telecommucations System
UNE:	Una Norma Española
UV:	Ángulo de metal para construcción
V:	Voltaje
WAP:	Wireless Application Protocol
WPS:	Welding Procedures Specification

## SIMBOLOGÍAS

Mbits/s	FLujo o caudal de datos equivalente a 1024 kb/s
MHz	Megahercio, unidad de medida de la frecuencia
mm	Milímetro, unidad de longitud
%	Porcentaje
Mpa	Mega Pascal, unidad de presión
Pa	Pascal, unidad de presión
Kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramos sobre centímetro cuadrado, unidad de presión
"	Pulgadas, unidad de longitud
Kg	Kilogramo, unidad de peso
Ø	Diámetro
Mils	Milésima de pulgada, unidad de longitud
Micrones	Micra, Unidad de longitud equivalente a una millonésima metro
VAC	Voltaje corriente alterna, unidad de potencia
Watts	Vatio, unidad de potencia equivalente a 1Joule/s

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Evolución de la Tecnología Móvil.....	4
Figura 1.2 Red Inalámbrica Celular.....	8
Figura 1.3 Tipos de Antenas.....	9
Figura 1.4 Torre Arriostrada.....	11
Figura 1.5 Tipos de Torres Autosoportadas.....	12
Figura 1.6 Tipos de Monopolos.....	14
Figura 1.7 Cimentación Torre Autosoportada.....	15
Figura 1.8 Sistema de Conexión a Tierra y Pararrayo.....	17
Figura 1.9 Plataforma de Descanso Torre Autosoportada.....	19
Figura 1.10 Luces de Señalización Nocturna de Torres.....	19
Figura 2.1 Diagrama de Pareto de Principales Problemas en Torres Autosoportadas .....	31
Figura 2.2 Diagrama de Ishikawa - Análisis Causa Efecto del Desprendimiento de Pintura.....	33
Figura 2.3 Diagrama Ishikawa - Análisis Causa Efecto de Elementos Corroídos.....	33
Figura 2.4 Diagrama Ishikawa - Análisis Causa Efecto de Elementos Fisurados.....	34
Figura 2.5 Diagrama Ishikawa - Análisis Causa Efecto de Pernos Flojos.....	34
Figura 3.1 Tarimas para material Estructural (Láminas, Perfiles y Barras, Entre Otros).....	53
Figura 3.2 Tamaño Agujeros Std Estándar.....	74
Figura 3.3 Proceso de Galvanizado.....	76
Figura 3.4 Etapas del Montaje de la Torre Autosoportada.....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Tipo Calibre Awg..... 18
Tabla 2	Estaciones Bases de las que se Obtuvo Información..... 28
Tabla 3	Repetitividad de los Problemas en las Estaciones Bases..... 29
Tabla 4	Frecuencia, Acumulado y Porcentaje de los Problemas en las Estaciones Bases..... 30
Tabla 5	Especificación Técnica Acero Astm A36..... 37
Tabla 6	Especificaciones de Diferentes Tipos de Aceros Usados para Pernos y Anclaje.....39
Tabla 7	Especificación Técnica Tuercas Astm A563..... 40
Tabla 8	Alturas de Instalación de Lunas de Señalización..... 47
Tabla 9	Relación de Esbeltez y Espesor Mínimo Elementos de la Estructura Tomada de la Norma EIA-222G..... 65
Tabla 10	Identificación de Elementos..... 75
Tabla 11	Espesores de Recubrimiento Galvanizado Artículos no Centrifugados..... 76
Tabla 12	Espesores de Recubrimiento Galvanizado Artículos Centrifugados..... 76
Tabla 13	Métodos de Verificación del Galvanizado ..... 79
Tabla 14	Sistemas de Pinturas para Acero Galvanizado Zona Rural.....81
Tabla 15	Sistemas de Pinturas para Acero Galvanizado Zona Urbana...81
Tabla 16	Sistemas de Pinturas para Acero Galvanizado Zona Marina... 82
Tabla 17	Sistemas de Pinturas para Acero Galvanizado Zona Costera e Industrial..... 82
Tabla 18	Características Básicas de Pinturas Utilizadas en los Sistemas de Pinturas..... 82
Tabla 19	Proporciones Típicas del Concreto..... 87
Tabla 20	Torques Recomendados para Uniones Empernadas..... 89
Tabla 21	Símbolos de Seguridad..... 98
Tabla 22	Ficha de Control para el Hormigón..... 107
Tabla 23	Ficha de Control para el Acero..... 108
Tabla 24	Ficha de Control para Elementos de Sujeción..... 109
Tabla 25	Ficha de Control para Conexión a Tierra y Pararrayo..... 110
Tabla 26	Ficha de Control para Escalera Acceso porta Hombre..... 111
Tabla 27	Ficha de Control para Plataforma de Descanso..... 112



Tabla 28	Ficha de Control para Guía Ondas Verticales.....	113
Tabla 29	Ficha de Control para Guía Ondas Horizontales.....	114
Tabla 30	Ficha de Control para Carga/Descarga.....	115
Tabla 31	Ficha de Control en Obra.....	116
Tabla 32	Ficha de Control para Control Adherencia y Espesores del Galvanizado.....	117
Tabla 33	Ficha de Control para Pintura.....	118
Tabla 34	Ficha de Control para el Suelo.....	119
Tabla 35	Ficha de Control para de Torques.....	120
Tabla 36	Ficha de Control Ambiental.....	121
Tabla 37	Ficha de Control de Trabajo en Altura y Seguridad Ocupacional.....	122

# INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía para el proceso de construcción de torres autoportadas de telecomunicaciones la cual sirve de apoyo para brindar todos los requerimientos necesarios que ayuden a cumplir con los estándares y normas internacionales con el fin de salvaguardar los intereses tanto de los usuarios como de las empresas que hacen uso de las torres de telecomunicaciones alargando la durabilidad de la torre.

En el capítulo uno se describió el desarrollo de las telecomunicaciones en el Ecuador, con el fin de dar relevancia al gran crecimiento de la telefonía celular; también se identificaron cada uno de los componentes principales que conforman a una torre de telecomunicaciones y la importancia de estos. El uso de las normas nacionales e internacionales que sirven para controlar, estandarizar y garantizar los procedimientos en las diferentes etapas para la construcción de torres autoportadas también son de gran importancia por lo que se mencionaron las principales al final de este capítulo.

El capítulo dos es una recopilación de datos que se adquirieron de 15 diferentes Estaciones Bases en las que se encontraron distintos tipos de problemas que están afectando las condiciones de dichas estructuras disminuyendo su tiempo de vida útil, por esta razón se realizó un análisis de

la repetitividad del problema donde se realizaron varios diagramas para determinar los principales problemas y sus posibles causas.

En el capítulo tres se detallaron cada una de las etapas que se deben realizar para poder construir una torre autosoportada que cumpla con todos los requisitos exigidos por los estándares internacionales. En este apartado se explicaron las etapas de selección de materiales en donde se especificó cada uno de los materiales y tratamientos que deben cumplir, además de la fabricación en taller, los procedimientos a utilizar, el tipo de galvanizado, la pintura, el embalaje, el transporte y montaje de torres. Aquí también se desarrollaron fichas de control que contienen las especificaciones y oficios de los fiscalizadores o el personal encargado para controlar de manera exigente todos los detalles de la obra con el fin de obtener un producto de calidad.

En el capítulo cuatro fueron descritas las conclusiones de acuerdo a lo realizado en el presente documento, también se plantearon las recomendaciones para el personal y para cada una de las etapas de trabajo que intervienen en la obra.

# CAPÍTULO 1

## 1. TORRES AUTOSOPORTADAS EN EL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES.

### 1.1 Auge de la Telefonía Móvil en el Ecuador.

La telefonía móvil ha evolucionado en distintas etapas a las cuales se las ha llamado GENERACIONES. En la década de los 70 se introdujo el primer radioteléfono, el cual es considerado el primer eslabón de las comunicaciones móviles que sin duda alguna han experimentado un gran desarrollo en diversas tecnologías de la comunicación inalámbrica.

En 1993 inicia el servicio móvil celular en el Ecuador con la entrada de CONECEL S.A. (Porta → Claro) y OTECEL S.A. (Celular Power → Bellsouth → Movistar) las cuales se mantuvieron en un duopolio hasta el 2003 cuando se integra al servicio de comunicaciones la operadora TELECSA (Alegro → CNT E.P.).

El constante desarrollo tecnológico en cuanto a tecnología celular hasta la actualidad se lo puede dividir en 4 Generaciones:



**FIGURA 1.1 EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÓVIL. [15]**

**Primera Generación:** Se caracterizó por la transmisión tipo analógica para servicios de voz, pero contaban con niveles bajos de calidad cuya técnica para el funcionamiento era la FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia), lo que ocasionaba congestiones por la demanda de usuarios que crecía constantemente, por lo que se desarrolló la AMPS (Sistema de teléfonos móviles avanzados) pero con resultados no muy buenos.

**Segunda Generación:** Se caracterizó por ser digital, lo cual redujo el costo, tamaño y consumo de potencia de los celulares haciéndolos más ligeros ya que no necesitaban baterías muy grandes. Transmitían voz y también datos digitales de volúmenes

bajos como mensajes de texto, mensajes multimedia, identificador de llamadas, entre otros. Esta generación destaca los sistemas:

- TDMA —► Multiplicación por División de Tiempo.
- GSM —► Sistema Global para Telecomunicaciones Móviles.
- CDMA —► Acceso Múltiple por División de Código.

Además se realizaron mejoras respecto la segunda generación la cual fue llamada Generación 2.5. Entre las mejoras se destacan:

- HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data) que mejora el mecanismo de transmisión de datos.
- GPRS (General Packet Radio Service) que es la transmisión por paquetes que utiliza servicios WAP.
- EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) son (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM) que es una evolución de GPRS.

**Tercera Generación:** Se basa en los estándares de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones establecido en la IMT-2000 UMTS (Sistema Mobile Universal de Telecomunicaciones) de lo cual se puede destacar:

- Conectividad virtual en todo momento.
- Diferentes formas de tarificación.

- Ancho de banda asimétrico tanto de subida como de bajada.
- Configuración de la calidad de servicio.
- Integración de tecnología y estándares de redes fijas y móviles.
- Entorno de servicios personalizados.

**Cuarta Generación:** Cuenta con la base de las tecnologías 2G y 3G, trae velocidades mayores a las de 301Mbits/s con un radio de 8MHz, dos de los términos que definen su evolución de la 3G siguiendo la estandarización del 3GPP (Proyecto Asociación de Tercera Generación) serán LTE (Evolución a largo plazo) para el acceso radio y SAE (Sistema Avanzado de ayuda a la Explotación) para la parte núcleo de la Red. Los requisitos técnicos están dados por el comité IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications-Advanced) de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), entre los cuales están:

- Para el acceso radio abandona el tipo CDMA (Acceso Múltiple por División de Código).
- Usa el SDR (Software Defined Radios) que optimiza el acceso de radio.
- La red completa es todo IP (Protocolo Internet).
- Las velocidades máximas previstas son de 100 Mbits/s en enlace descendente y 50 Mbits/s en enlace ascendente.

La cuarta generación “4G LTE” fue oficialmente lanzada en diciembre del 2013 por parte de la operadora CNT; hasta julio del 2014 se registraron 4973 usuarios a la red solo en las ciudades de Guayaquil, Quito, Ambato, Santo domingo, Manta y Portoviejo; las cuatro últimas se unieron este año.

A través de un comunicado de prensa emitido por CNT el martes 26 de agosto del 2014 informa que cuenta con 400 radio bases y una inversión de USD 36 millones para desplegar la red móvil LTE 4G.

## **1.2 Descripción de Torres para Telecomunicaciones.**

### **Descripción de Estación Base**

La Estación Base es el conjunto de transmisores y receptores que envían ondas electromagnéticas, microondas, etc., las cuales hacen posible la comunicación de una red de servidores y usuarios en cualquier parte del mundo.





**FIGURA 1.2 RED INALAMBRICA CELULAR. [16]**

Las estructuras que las soportan varían de acuerdo a la necesidad, altura y lugar de instalación. Existen desde Mástiles, Monopolos, Torres tirantes o arriostradas, Torres Autosoportadas, entre otras, las cuales se componen de varios elementos como perfiles, ángulos, octógonos, pernos, soldadura, etc., que entre si le dan el soporte necesario a la estructura para cumplir con su correcto funcionamiento.

Las diferentes partes de una estación base son:

**Equipos de radio frecuencia:** son los generadores de radiaciones y se sitúan en el interior de una caseta prefabricada o en el exterior siendo expuestos a la intemperie, son de diferentes formas y tipos.

**Antenas:** Tienen la función de transmitir las ondas generadas por los equipos de radiofrecuencia y los 3 tipos más comunes son:

1. Omnidireccionales: estas cubren todas las direcciones los  $360^\circ$  y son especiales para dar cobertura a grandes áreas.
2. Sectoriales o panel: son comúnmente las más utilizadas y su cobertura horizontal va desde los  $60^\circ$  hasta los  $120^\circ$  y para obtener una cobertura en todas las direcciones se suele instalar 3 antenas de  $120^\circ$  o 4 de  $90^\circ$ .
3. Microondas o radioenlaces: Este tipo de antenas permiten la comunicación entre puntos fijos proporcionando capacidad de información en la transmisión de datos de cada punto de conexión. Existen tamaños desde los 200mm, hasta los 1200mm teniendo las de mayor tamaño una mayor parábola de alcance.



**FIGURA 1.3 TIPOS DE ANTENAS. [17]**

**Estructura:** Es el elemento principal que da soporte a los elementos mencionados anteriormente, existen torres de diferentes alturas según la necesidad de las antenas y radioenlaces para brindar una excelente cobertura y calidad de señal. El material que se usa para la construcción de ellas es el acero.

### 1.3 Tipos de Torres.

Existen diferentes tipos de torres entre ellas las más comunes son:

**Torres Arriostradas o Atirantadas:** Es denominada así a aquella estructura metálica que requiere de riostras, tirantes en cada una de sus aristas para poder mantenerse en pie, además tienen unos dados de hormigón o vigas metálicas que sus tamaños dependen del peso de la torre ayudando a contrarrestar las cargas ejercidas por agentes externos como el viento, hielo, etc.

Los tirantes sufren esfuerzos de tracción mientras que la base sufre esfuerzo de compresión debido al peso de la torre.



**FIGURA 1.4 TORRE ARRIOSTRADA. [18]**

**Torres Autoportadas:** Se denominan así a las estructuras metálicas que son capaces de mantenerse estables por medio de su estructura articulada capaz de soportar a si misma sin la utilización de elementos externos como el caso de los tirantes en las torres arriostradas o atirantadas. Debido a su reducido espacio y capacidad de diseño a grandes alturas son las más utilizadas para telecomunicaciones siendo normalmente construidas en áreas urbanas o cerros.

Se dividen según el tipo de sección, ya sea en triangulares y cuadradas que a la vez se dividen en rectas y piramidales. Entre las más comunes están:



**FIGURA 1.5 TIPO DE TORRES AUTOSOPORTADAS. [19]**

**Tipo Pata de tubo:** Es el diseño más común siendo de fácil instalación, la resistencia depende del diámetro y cedula del tubo. Es económica debido a su diseño tubular.

**Tipo Pata sólida redonda:** Son comunes en áreas de ambientes más agresivos como la salinidad de las zonas costeras debido a su mayor resistencia a la corrosión que una tipo tubular.

**Pata angular:** Normalmente son utilizadas para los radares meteorológicos, su instalación es más compleja debido a la cantidad de puntales que se deben colocar en su interior.

**Torres tipo Monopolo:** Son definidas así a las estructuras con sección poligonal fabricadas de acero, por lo general se instalan en áreas urbanas donde se requiere conservar la estética sin causar un impacto visual significativo y que muchas veces son mimetizadas según el área donde se encuentran para que pasen desapercibidas.

Existen 2 tipos de Monopolos:

**Tipo Telescópica Ahusado:** Están constituidos por planchas de acero de alta resistencia que se pliegan haciendo cilindros con 12, 16, o 18 lados, los cuales se deslizan y unen entre sí sin tornillos de conexión dando un acabado más estético.

**Tipo Tubo Bridado:** Son tubos de acero de alta resistencia que se montan unos con otros mediante bridas soldadas en sus extremos y a través de la colocación de pernos brindando mayor facilidad en la instalación.



**FIGURA 1.6 TIPOS DE MONOPOLOS. [20]**

#### **1.4 Componentes Principales de las Torres Autosoportadas.**

**Cimentación:** Cumple la función de apoyo y anclaje, es el principal soporte de cargas de momento de vuelco dando la resistencia necesaria a la torre para soportar las fuerzas que se dan en toda la estructura sobre la construcción del terreno. Su cálculo para diseñar su forma y volumen de acuerdo al tipo de torre, debe ser preciso lo que lo vuelve muy complejo, para esto existen programas que ayudan a seleccionar el diseño siempre y cuando exista la supervisión del ingeniero civil calculista.



**FIGURA 1.7 CIMENTACIÓN TORRE AUTOSOPORTADA. [21]**

**Estructura:** Proporciona el soporte adecuado para resistir el peso de antenas y demás elementos que constituyen una torre de telecomunicaciones. Existen torres de varias alturas para que las antenas cumplan con su función específica sin verse obstaculizadas por árboles, edificios, etc.

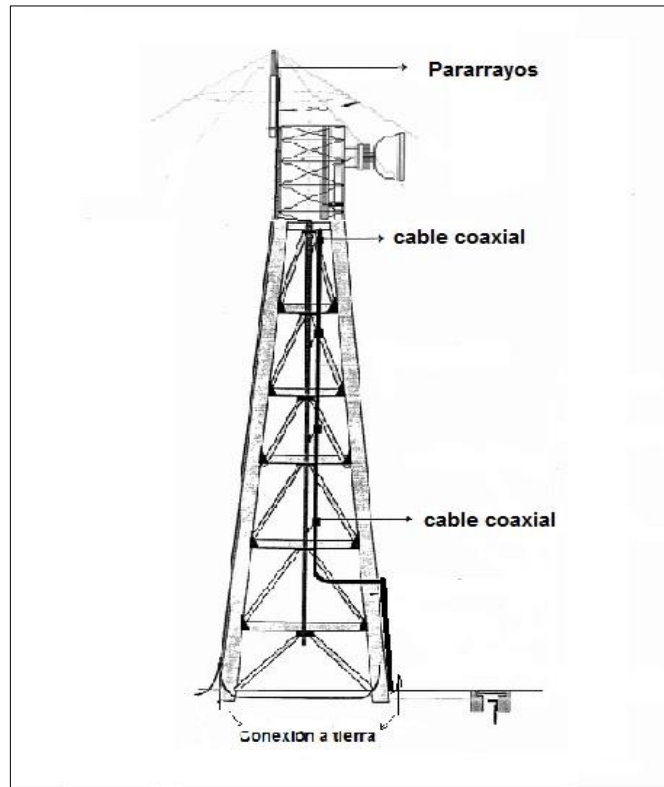
**Los montantes:** Son elementos metálicos generalmente de acero A 36 que se encuentran ubicados en el vértice del triángulo o cuadrado, siendo ángulos del tipo UV de diferentes calibres dependiendo la ubicación de las mismas ya sea en la base, en los tramos intermedios o en la parte más alta de la torre por lo que sus características dependerán del peso y viento al cual van a estar sometidos.



**Las Diagonales:** Son usadas para unir los montantes formando las tres o cuatro caras de la torre, permitiendo asegurar la inmovilidad de los elementos y evitar posibles deformaciones; se construyen en ángulo, su longitud y sección van disminuyendo a medida que los esfuerzos que deben soportar son menores por lo que en la base son robustas y en lo más alto de la torre son más delgadas.

Las diagonales van unidas a los montantes mediante pernos de fijación que lo sujetan a las cartelas.

**Las Cartelas:** Son platinas o chapas metálicas que fijan los montantes y las riostras, unas van soldadas directamente al montante y sirven de refuerzo junto a las riostras en el centro de cada cara de la torre.



**FIGURA 1.8 SISTEMA DE CONEXIÓN A TIERRA Y PARARRAYO.**

**Conexión a tierra y Pararrayo:** Esta conexión permite que cualquier posible descarga eléctrica que pueda recibir la torre sea enviada a la conexión a tierra para minimizar el impacto y el daño que reciban los equipos que funcionan en la estación base; a continuación se presenta la tabla 1 de los diferentes tipos de calibres AWG.

**TABLA 1**  
**TIPO CALIBRE AWG**

Calibre AWG	Sección Real (mm <sup>2</sup> )	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2,1	20
12	2,3	25
10	5,3	30
8	8,4	40
6	13,3	55
4	21,15	70
2	33,63	95
1/0	53,48	125
2/0	67,43	145
3/0	85,1	165
4/0	107,2	195

**Escalera de Acceso porta hombre:** Es la escalera vertical situada a lo largo de la torre, permitiendo el acceso para cualquier labor de mantenimiento, instalación de antenas, etc.

**Plataforma de descanso:** Se encuentran situadas a lo largo de la torre para permitir la correcta instalación y mantenimiento de los diversos tipos componentes de telecomunicaciones.



**FIGURA 1.9 PLATAFORMA DE DESCANSO TORRE  
AUTOSOPORTADA**

**Señalización diurna y nocturna:** Para el balizamiento diurno se utiliza un sistema de pintura conforme lo indica la Aviación civil del Ecuador con colores alternados de blanco y naranja.

Para el balizamiento nocturno se instalan en la cúspide de la torre un equipo de baliza con foto control y sistema intermitente gradual, como lo indica la Aviación civil del Ecuador para evitar el impacto de aeronaves en estructuras que superan los 25m.



**FIGURA 1.10 LUCES DE SEÑALIZACIÓN NOCTURNA DE  
TORRES. [22]**

## 1.5 Normativas Aplicables para Torres Autosoportadas.

Entre las normativas más importantes con respecto a torres autosoportadas están:

**Norma TIA-EIA222-G** (Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures).

El objetivo principal de esta norma es proporcionar todos los criterios y especificaciones mínimas para el diseño de estructuras de acero para antenas, sin embargo la norma recalca que debe existir un examen y verificación profesional de la exactitud del diseño por parte de un ingeniero habilitado.

Sus especificaciones se basan en probabilidades y está sujeta a acontecimientos naturales accidentales como terremotos, cargas de hielo, etc.

Se la puede adaptar a nivel internacional para cualquier país proporcionando la correcta velocidad del viento y las cargas de hielo en el sitio de cada país que vaya a ser instalada la torre basándose en datos meteorológicos exactos.

**Coding AISC-2005 (Manual of Steel Construction).**

Esta Norma se aplica al diseño de sistemas estructurales de acero cuyos componentes de acero están definidos en el AISC Código de Prácticas estándares para edificaciones y puentes de acero, en la cual se establecen los criterios para el diseño, fabricación y montaje que son muy similares al de edificios con sus elementos que resisten cargas verticales y laterales. También permite que el diseño se realice basado en ensayos o análisis aprobados debidamente por la autoridad competente de cada país.

**Standard ASCE 10-97** (Diseño de torres de transmisión de acero tipo celosía).

Esta norma establece todos los requisitos y técnicas de análisis descritas para las configuraciones geométricas actualmente en uso para el diseño de estructuras de transmisión eléctrica de acero de celosía arriostradas y autosoportadas. Son aplicables para las formas de acero laminado en caliente y frío.

Existen procedimientos para:

- El diseño de los miembros individuales.
- El diseño de conexiones.

- El diseño de portada de los miembros estructurales de acero y conexiones utilizadas en las fundaciones que permiten al ingeniero para que coincida con la capacidad de conexión a las distancias de extremo y de borde más adecuados para detallar.

**Standard ASCE 10-97 (Diseño de torres de transmisión de acero tipo celosía).**

Establece todos los requisitos y técnicas de análisis descritas para las configuraciones geométricas actualmente en uso para el diseño de estructuras de transmisión eléctrica de acero de celosía arriostradas y autosoportadas. Cuenta con procedimientos para el diseño de miembros individuales, miembro de conexión que permiten al ingeniero coincidir con la capacidad de conexión entre el agujero y la distancia con el borde, etc.

**Coding IBC 2006 (International Building Code).**

Este código integral de la edificación establece las reglas y especificaciones mínimas utilizando disposiciones prescriptivas y de desempeño para los sistemas de edificaciones, lo que provee muchos beneficios debido a sus actualizaciones y foros en los que se discuten los requisitos preceptivos y de desempeño del código.

### **Código AWS D1.1 (American Welding Society).**

Este código provee de todos los requisitos necesarios para la fabricación y armado de estructuras de acero soldadas, sin embargo el ingeniero encargado es el que debe seleccionar y usar los métodos que se ajusten más a su diseño. Establece requerimientos y especificaciones para:

- El diseño de conexiones soldadas compuestas de miembros con forma de producto tubular o no tubular,
- Los procedimientos y ensayos para calificar la soldadura y a los soldadores,
- La fabricación y montaje de estructuras soldadas de acero,
- Metales base.
- Consumibles de soldadura.
- Técnica de soldadura.
- Preparación y ensamble de material.
- Mano de obra.
- Reparación de soldadura.

### **Norma Ecuatoriana de la Construcción.**

Esta norma prescribe los requisitos generales de diseño a todas las estructuras y edificaciones, las cuales deben diseñarse y



construirse para resistir todos los esfuerzos de cargas vivas, cargas muertas, y cargas de impacto especificados en esta norma. También proveen los requisitos mínimos a aplicarse para el cálculo y diseño de estructuras con el fin de:

- Prevenir daños en elementos de la estructura.
- Resistir eventos de origen sísmicos como temblores o terremotos.
- Controlar daños que puedan ocurrir durante la vida útil de la estructura.
- Evitar el colapso procurando salvaguardar la vida de sus ocupantes.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS TORRES AUTOSOPORTADAS EN LAS ESTACIONES BASE.**

### **2.1. Estaciones Base.**

Las estaciones bases son prácticamente el pilar de las telecomunicaciones ya que cumplen la función de emisor y receptor proporcionando el envío y recepción de datos a grandes distancias, permitiendo que la información digital llegue a todas las zonas del país y el mundo.

Por esta razón son muy importantes para el sector de las telecomunicaciones y para la ciudadanía en general quienes hacen uso de este servicio siendo necesario preservar y garantizar la integridad de las estaciones bases.

La torre es la encargada de soportar el peso de las antenas, peso del personal de mantenimiento, los vientos a grandes velocidades, los sismos, la humedad, lluvias ácidas, corrosión, etc., son factores que sumados a los problemas causados por las deficiencias en sus etapas de construcción, hacen que la estructura de la torre se debilite, volviéndola propensa a alguna falla, que en el peor de los casos podría causar el colapso de la torre generando grandes pérdidas tanto directas como indirectas siendo muy significativas para la empresa propietaria, la aseguradora responsable y el contratista; si el problema en la investigación del análisis de fallas de la torre se le atribuyese al contratista, podría enfrentar problemas legales y económicos que podrían ser causa del cierre de su empresa en caso de no contar con los recursos necesarios para cubrir los gastos que demanden este accidente. Para la empresa propietaria los problemas a causa de la caída de la torre se vuelven monumentales debido a que la zona determinada donde la torre cumplía la función de recibir y enviar datos quedará sin comunicación haciendo que empresas y personas que usen sus servicios pierdan mucho dinero por no poder comunicarse, trabajar, estudiar, depositar dinero, etc.

En el Ecuador y el mundo existen ya varios casos sobre fallas y desplomes de torres autosoportadas de telecomunicaciones, por

este motivo es necesario la normalización y estandarización en cada una de las etapas para la construcción y montaje de las torres de telecomunicaciones, garantizando la calidad de sus componentes y recubrimientos protectores que aseguren el mayor aprovechamiento de la vida útil de las torres.

## **2.2 Principales Problemas en el Proceso Constructivo y Servicio.**

Para conocer la situación actual de las torres de telecomunicaciones se realizó una investigación en la que se recaudó información importante de personal con experiencia en la fabricación e instalación de torres autosoportadas de telecomunicaciones; también se realizaron visitas a diferentes estaciones bases donde se recopiló información de primera mano de los diferentes problemas que tienen las torres autosoportadas.

Fueron 15 las estaciones bases de las cuales se obtuvo información fotográfica, sobre cada uno de los problemas que están afectando las torres. A continuación se presenta la tabla 2 de las Estaciones Bases:

TABLA 2

## ESTACIONES BASES DE LAS QUE SE OBTUVO INFORMACIÓN

Estaciones Bases	Lugar	Zona	Planificación Zonas Ecuador
1	J. Andrade	Guayaquil	8
2	Santo Domingo	Santo Domingo	4
3	Mangacura	Manabí	4
4	Mira	Carchi	1
5	Yuracruz New	Ibarra	1
6	Chorlavi	Ibarra	1
7	Imbabuela	Ibarra	1
8	Tandapi	Santo Domingo	4
9	Sague	Esmeraldas	1
10	Sabanilla	Loja	7
11	Cerro Blanco1	Guayaquil	8
12	Febrescordero	Guayaquil	8
13	El Cisne	Guayaquil	8
14	Central Aeropuerto	Guayaquil	8
15	Central Salinas	Salinas	5

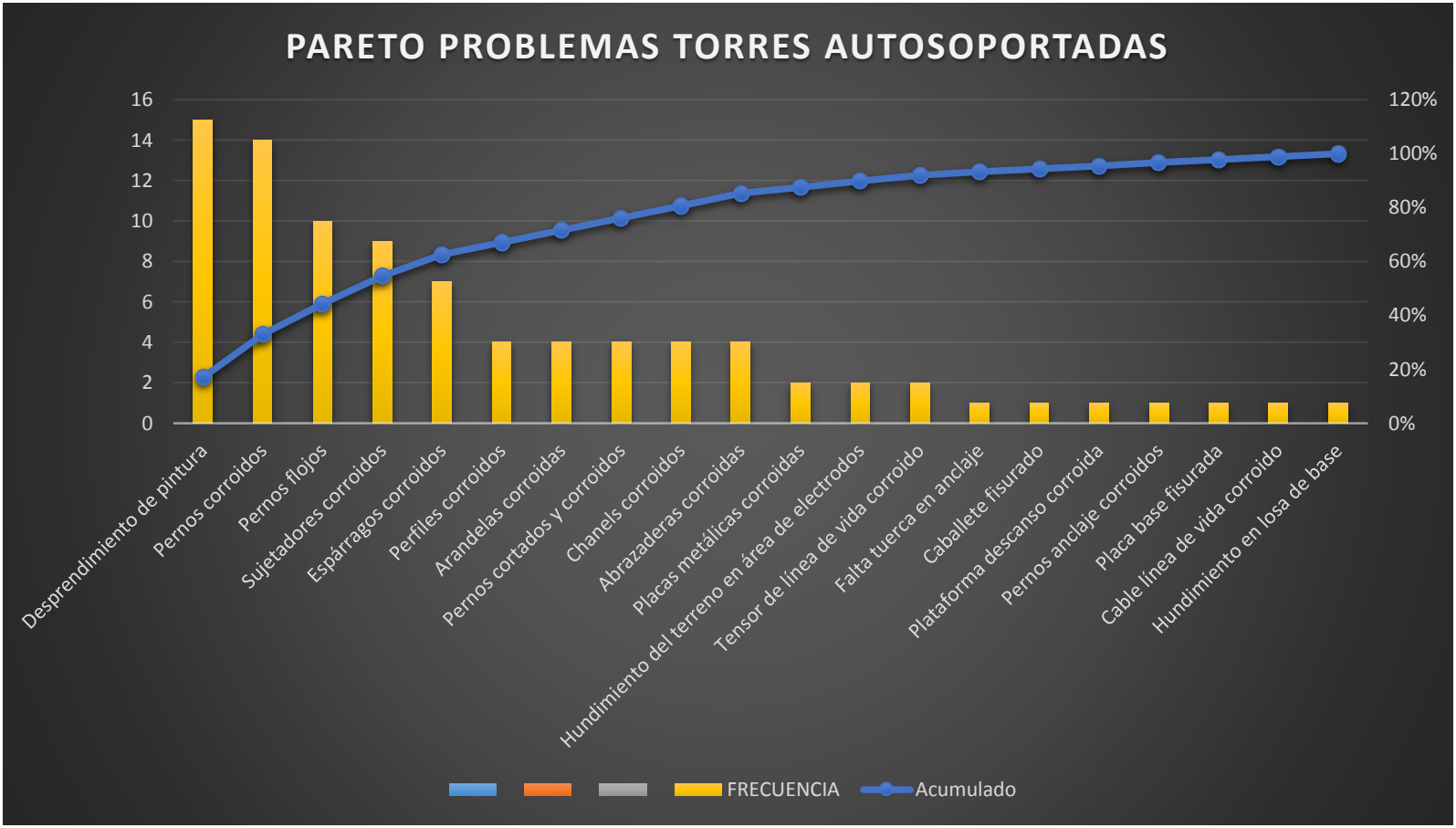
Cada una de las estaciones bases presentan problemas de diferentes tipos, sin embargo en muchos de los casos estos problemas se repiten. En los anexos se presenta un resumen de las visitas realizadas y los problemas generales que se encontraron en las diferentes estaciones bases, los cuales se los ha recopilado para presentarlos en la tabla 3:



Entre los principales problemas que se encontraron en cada una de las estaciones se los exponen en la tabla 4:

**TABLA 4**  
**FRECUENCIA, ACUMULADA Y PORCENTAJE DE LOS PROBLEMAS**  
**EN LAS ESTACIONES BASES**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Porcentaje</b>
Desprendimiento de pintura	15	17%	17%
Pernos corroidos	14	33%	16%
Pernos flojos	10	44%	11%
Sujetadores corroidos	9	55%	10%
Espárragos corroidos	7	63%	8%
Perfiles corroidos	4	67%	5%
Arandelas corroidas	4	72%	5%
Pernos cortados y corroidos	4	76%	5%
Chanelos corroidos	4	81%	5%
Abrazaderas corroidas	4	85%	5%
Placas metálicas corroidas	2	88%	2%
Hundimiento del terreno en área de electrodos	2	90%	2%
Tensor de línea de vida corroido	2	92%	2%
Falta tuerca en anclaje	1	93%	1%
Caballote fisurado	1	94%	1%
Plataforma descanso corroida	1	95%	1%
Pernos anclaje corroidos	1	97%	1%
Placa base fisurada	1	98%	1%
Cable línea de vida corroido	1	99%	1%
Hundimiento en losa de base	1	100%	1%



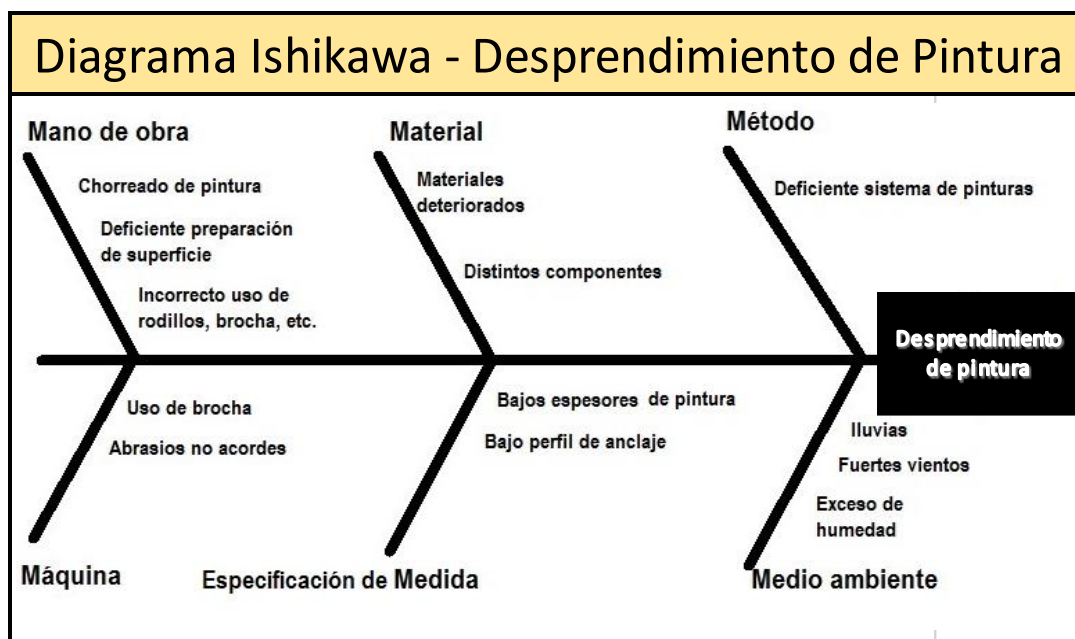
**FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE PARETO DE PRINCIPALES PROBLEMAS EN TORRES AUTOSOPORTADAS**



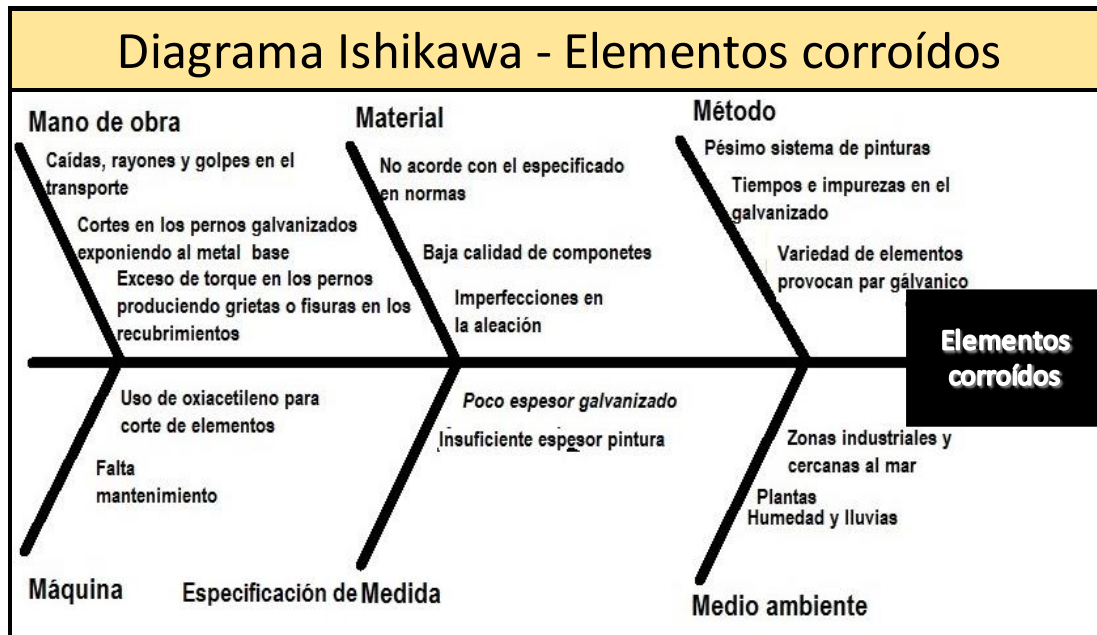
Se puede evidenciar que hay problemas que se repiten más que otros como la corrosión en sujetadores, pernos, espárragos, arandelas, perfiles; también el desprendimiento de pintura, pernos flojos, que juntos equivalen al 80% del acumulado de los problemas presentados en las 15 estaciones visitadas. Para tener una mejor clasificación de los problemas se los agrupa por similitud de causa - efecto en 4 grupos bien evidenciados:

1. Desprendimiento de pintura.
2. Elementos corroídos
3. Elementos fisurados
4. Pernos flojos.

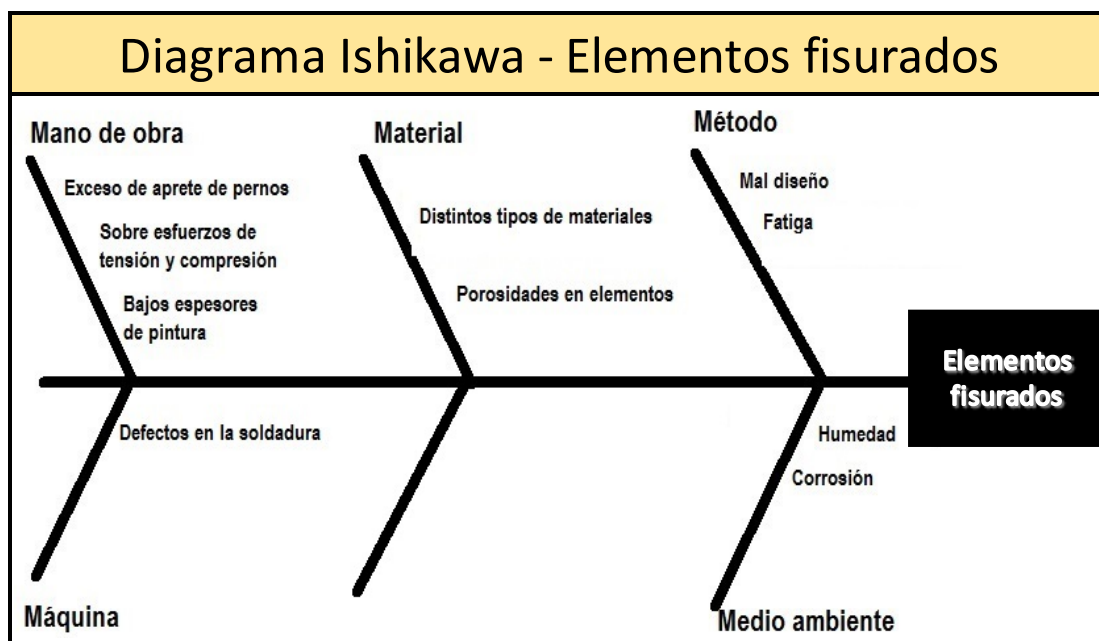
Para obtener mayor información a continuación se presentan los siguientes Diagramas de Ishikawa para identificar las causas y efectos de cada uno de los problemas:



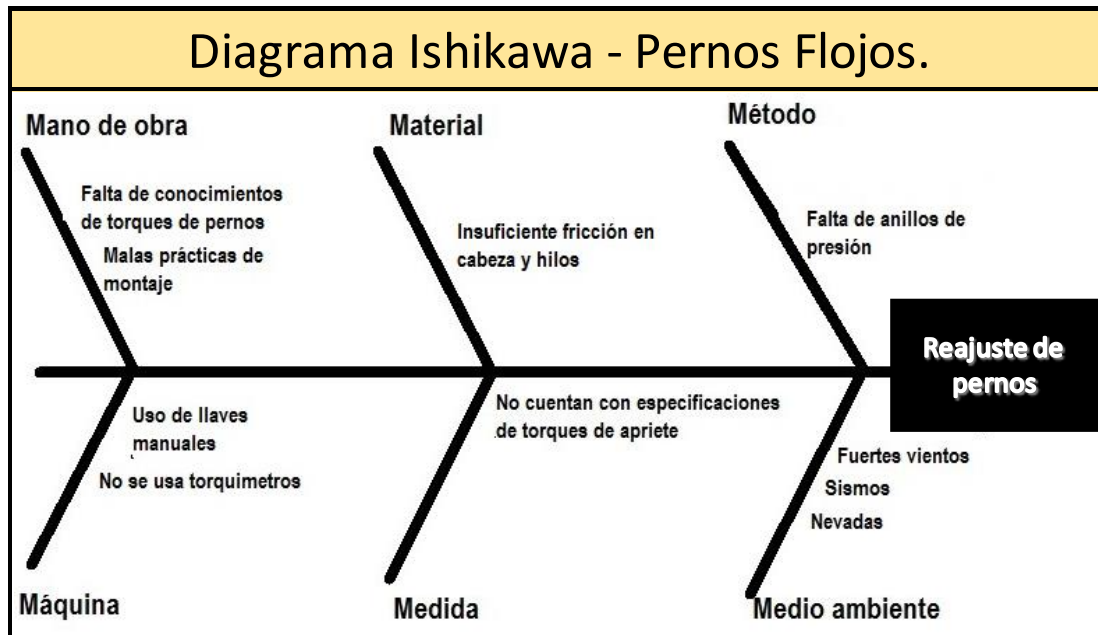
**FIGURA 2.2 DIAGRAMA ISHIKAWA – ANÁLISIS CAUSA EFECTO DEL DESPRENDIMIENTO DE PINTURA**



**FIGURA 2.3 DIAGRAMA ISHIKAWA – ANÁLISIS CAUSA EFECTO DE ELEMENTOS CORROÍDOS.**



**FIGURA 2.4 DIAGRAMA ISHIKAWA – ANÁLISIS CAUSA EFECTO DE ELEMENTOS FISURADOS.**



**FIGURA 2.5 DIAGRAMA ISHIKAWA – ANÁLISIS CAUSA EFECTO DE PERNOS FLOJOS.**

En las figuras anteriores se evidenciaron varias causas y efectos que se producen en las diferentes etapas de la construcción de torres autoportadas desde el pre diseño hasta el montaje, los cuales se los podría eliminar si existiese una norma o guía que estandarice cada una de las diferentes etapas y procesos para la construcción de torres autoportadas, la cual en nuestro país aún no existe.

El Ecuador es un país que está creciendo significativamente y para que esto suceda debe haber una correcta gestión en todos los procesos que generen productos de calidad que cuenten con sistemas que garanticen el mayor aprovechamiento de la vida útil de materiales y componentes.

Es por esta razón que surge la necesidad de realizar una guía que estandarice cada una de las etapas y procedimientos para la construcción de torres autoportadas de telecomunicaciones.

# CAPÍTULO 3

## 3. GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y FICHAS TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRES AUTOSOPORTADAS.

### 3.1 Selección y Aceptación de Materia Prima.

#### **Materiales**

Para la fabricación de los montantes, diagonales, tubos, placas, perfiles, etc., se usará material de acero estructural ASTM A36, y deberá cumplir con las especificaciones técnicas mostradas en la tabla 5.

Los montantes o elementos principales de la armadura serán contruidos con elementos conformados en frío mientras que los elementos de la superestructura y elementos secundarios serán con perfiles laminados en caliente.

Los Montantes son Angular, tubular, chapa plegada 60° y la super estructura comprende a Diagonales y travesaños que deben ser de tipo Angular.

En la tabla 5 se presentan los requerimientos mecánicos mínimos del Acero A36:

**TABLA 5**  
**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ACERO ASTM A36. [4]**

Acero ASTM A-36	ST(kg/cm <sup>2</sup> )	SI (Mpa)	Composición química de la colada	
Limite elástico a tensión	2530	248	Carbono	0,26% máx
Limite elástico a compresión	2530	248	Manganeso	0,8 - 1,2
Módulo elástico a tensión	2100000	200000	Fósforo	0,04% máx
Módulo elástico a compresión	2100000	200000	Azufre	0,05% máx
Coeficiente de Poisson	0,3	0,3	Silicio	0,40% máx
Densidad (peso específico)	0,0000078	76,518(kg/c m <sup>2</sup> )	Cobre	0,20% mín

### **Pernos y Tuercas**

Los componentes de las uniones deben ser:

- Pernos de cabeza hexagonal
- Arandela plana del lado de la cabeza del perno
- Tuerca de cabeza hexagonal
- Arandela plana

- Arandela de presión

Las conexiones antideslizantes y las conexiones sujetas a tracción en las que la aplicación de cargas externas provoque una fuerza de palanca, se debe instalar pernos estructurales que estén fabricados de acero ASTM A325 tipo 3 debido que tienen mejores propiedades para resistir los efectos de la corrosión; se diferencian porque se encuentra subrayada la especificación ASTM en la cabeza hexagonal del mismo como se observa en la tabla 6.

Tuercas: Deben ser de cabeza hexagonal conforme a la norma DIN 555. El material de las tuercas será ASTM A-563 grado DH3 ya que la aleación adicionalmente contiene cobre, níquel y cromo para coincidir con el material de los pernos ASTM A325. Las tuercas de grado DH se utilizarán para pernos de menores dimensiones.

El material de los pernos de menores dimensiones deben cumplir con lo especificado en la norma ASTM A-307, en la tabla 6 se presentan las especificaciones técnicas del material de los pernos y en la tabla 8 se presentan las especificaciones del material para tuercas.

Las arandelas planas deben cumplir con lo especificado en la norma DIN 7989 y el material debe ser ASTM F436.


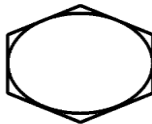

Las arandelas de presión debe cumplir con lo especificado en la norma IRAM 5106 y su material deberá ser ASTM F436.

### **Pernos de Anclaje:**

El material debe ser ASTM A-706, y debe contar con dos tuercas, sus respectivas arandelas planas y de presión, siendo su longitud de rosca superior mínima de 150 mm.



Las roscas de los pernos y barras deberán ajustarse a las Series Estándares Unificadas de la última edición de la Especificación ANSI B18.1. Las tolerancias serán de Clase 2A.

**TABLA 6**  
**ESPECIFICACIONES DE DIFERENTES TIPOS DE ACEROS**  
**USADOS PARA PERNOS Y ANCLAJE. [4]**

Especificaciones de pernos de sujeción y anclaje					Propiedades mecánicas		
Identificación Grado o Marca	Especificación	Descripción	Material	Tamaño nominal (pulgadas)	Prueba de carga (pa)	Limite elastico (pa)	Resistencia a la tracción (pa)
	ASTM A325 TIPO 3	Alta resistencia Pernos estructurales	Acero medio carbono, templado y revenido	1/2 a1 1-1/8 a 1-1/2	28060 24418	30356 26717	39596 34617
	ASTM A307 A y B	Tornillos Hexagonal G2 A 307	Acero bajo carbono SAE 1010	5/8,05	10892	11874	19774
	ASTM A706	Barra corrugada - perno anclaje	Acero bajo carbono	3/8 a 1-1/8	-	26334	25855 20109



**TABLA 7**  
**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA TUERCAS ASTM A563. [4]**

<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA TUERCAS ASTM A563</b>			
<b>Identificación Grado o Marca</b>	<b>Especificación</b>	<b>Tamaño nominal (pulgadas)</b>	<b>Prueba de carga tension (MPa)</b>
 <b>ASTM A563</b> <b>Grade DH</b>	ASTM A563 GRADO DH	1/4" - 1-1/2"	1034
 <b>ASTM A563</b> <b>Grade DH3</b>	ASTM A563 GRADO DH3		

El proveedor debe garantizar que las propiedades del acero no se alteren con el galvanizado en baño caliente ya que todos los elementos constructivos serán galvanizados después de haber finalizado el trabajo en taller; para esto se realizarán ensayos por parte de un laboratorio de materiales reconocido que pueda certificar la calidad del acero de los elementos.

#### **Pluma para izamiento de la torre.**

Consiste en tramos de tres patas de tubo de cañería galvanizada iso2 de 1/2", (dependiendo del peso de los elementos se usará tubo de 3/4" o de 1"), reticulado con varilla corrugada de 3/8", la longitud

de cada tramo será de 3000 mm; en sus extremos contará con bridas para la unión con pernos entre diferentes tramos dependiendo de la altura necesaria para el correcto posicionamiento de los elementos. Además la pluma llevará un sistema de ganchos para poder engancharse a los tramos de la torre ya montados. En la parte superior de la pluma contará con una base de varilla corrugada de ½" para la sujeción de la polea que servirá para montar los elementos de cada tramo.

### **Conexión a tierra y Pararrayo**

El pararrayo se ubicará en el punto más alto de la estructura, el soporte será de sección circular SCH 80 de diámetro 2", al menos 6 metros por encima de cualquier otro elemento que se quiera proteger incluyendo antenas, techos, depósitos, etc.; puede ser de tipo Franklin de 6 puntas conectado con un cable AWG 2/0 (diámetro 9,226 mm, sección 67,5 mm<sup>2</sup>) desde el captador o terminal aéreo hasta la malla de cobre del sistema conexión a tierra; el cable debe estar cubierto con aisladores cerámicos para evitar el contacto con elementos metálicos y deberá ser soldado con soldadura exotérmica tipo Cadweld a la malla para cumplir correctamente la función de llevar la energía de alguna posible descarga que ocurriese en la torre. El contratante puede considerar

la opción de instalar pararrayo con dispositivo de cebado "PDC" cuyo diseño cumplirá con las especificaciones de la norma UNE 21.186, los que serán entregados y aprobados para su implementación.

El sistema puesta a tierra contará con jabalinas de cobre de 15,88 mm (5/8") de diámetro y longitud de 1800 mm, instalando 8 unidades o más, formando con cuatro de ellas una malla rectangular exterior a la torre para la conexión con el cable de bajada del pararrayo, las otras cuatro deberán colocarse cerca de las fundiciones para el aterramiento de las mismas.

Las jabalinas se colocarán en pozos escavados manualmente con un diámetro de 600mm cubiertos por un relleno que garantice la resistencia máxima indicada en este documento.

Se necesitará un cable desnudo AWG2/0 para formar una malla cerrada uniendo las jabalinas y todo el conjunto por soldadura Cadwell; el cable debe estar enterrado a una profundidad de 600 mm con respecto al suelo cubierto con un relleno que garantice la resistencia máxima del suelo y será compactado para evitar asentamiento no deseados.

Además se contará con una cámara de inspección colocada en una de las esquinas opuestas de la malla; debe estar construida con tubo PVC de 203,2 mm (8") de diámetro, tapa metálica galvanizada y pintada de color verde anticorrosivo.

El valor máximo medido que se aceptará por parte del contratante en cualquier punto del sistema de puesta a tierra debe ser  $R < 3$  ohmios y potencial  $V < 1$  voltios, para lo cual el contratista deberá realizar los cambios necesarios para adaptarse a estos parámetros. El contratista deberá realizar un informe añadiendo toda la información necesaria para las auditorías de aceptación de obra.

#### **Escalera de Acceso porta hombre.**

Se sitúan en el interior o exterior de la torre, son fabricadas en ángulo de L 50 mm x 50 mm x 6 mm y los peldaños en varilla de 19mm (3/4"), el ancho de la escalera es de 500 mm y una separación entre peldaños de 300mm. La protección aro guarda hombre de la escalera a instalar será de 700 mm de diámetro o equivalente en el caso de que sea triangular o hexagonal, garantizando que el acceso a plataformas de trabajo o descanso sea lo más seguro posible y a todo lo largo de la torre hasta las

plataformas. Deberán tener un diámetro suficiente que permita el paso libre de una persona en ambas direcciones, por lo que se deben espaciar cada 800 mm y llevar 3 platinas longitudinales, además debe ser instalada sobre una de las caras externas de la torre a una distancia de 150 mm, centrada respecto a dicha cara. Adicionalmente será anclada mediante pedestal de concreto y contará con una línea de vida.

La torre debe contar con una línea de vida de stopcable de acero galvanizado de 8mm de diámetro, en el centro de la escalerilla, que cumpla con las normas EN 353-1, EN 353-2, EN 358:2000 u otra norma en Prevención de Riesgos Laborales para trabajos en altura brindando la seguridad necesaria a la persona que desee acceder a realizar algún mantenimiento o instalación en la estructura, además debe estar anclada a la estructura con el amortiguador de energía recomendado conforme a la norma EN 355:2002 y otras disponibles en el mercado. La guía de cable se instalará cada 10000 mm, para limitar el balanceo de cable y serán de acero inoxidable y caucho. Todos los elementos y accesorios deben ser galvanizados conforme la norma ASTM A123 y pintados al igual que la estructura principal.

**Plataforma de descanso o trabajo.**

Se construyen interior a la torre con ángulos L 50 mm x 50 mm x 6 mm de acero para los marcos del piso; en los marcos del piso se instalan mallas antideslizantes que brindan un descanso para el trabajador que se encuentre realizando algún tipo de oficio de mantenimiento. Las alturas las determina el cliente o se recomienda una para las torres de hasta 30000 mm y para alturas mayores se instalarán un cada 15000 mm o más. Se debe considerar la instalación de plataformas de trabajo en cada sector donde se requiera instalar antenas, módulos RF o microondas, etc., para poder realizar las labores de mantenimiento de los mismos de manera segura. El material será malla electro soldada con varilla de 6mm de diámetro como mínimo y galvanizada en caliente, los cuadros de 50 mm x 50 mm, con apoyos horizontales cada 500 mm y un apoyo longitudinal a lo largo de cada lado de la plataforma. La plataforma cubrirá toda la superficie de la torre exceptuando el ingreso a la misma, la altura de la baranda no debe ser menor a 1100 mm, y debe estar fabricada de tubo de 50,8 mm (2"); para el acceso de la escalera a la plataforma se cubrirá con una puerta abatible del mismo material que la plataforma y que permita el acceso seguro del personal sobre la plataforma. Adicionalmente, la plataforma de la cúspide será de forma triangular y lo más pequeña

posible. Todos los elementos y accesorios deben ser galvanizados conforme la norma ASTM A123 y pintados al igual que la estructura principal.

### **Señalización diurna y nocturna.**

En lo posible se deberá cumplir con lo dispuesto por la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador. Existen 2 tipos de iluminación:

- Luz Individual de mediana intensidad, cuenta con un bombillo de 69 a 116watts alojado en un cristal prismático rojo con capacidad de 8000 horas, preferiblemente alimentación 120VAC, empaadura de neopreno, abrazadera con gancho, rosca de cobre, herraje, soporte de aluminio o acero inoxidable y un control de encendido por foto celda.
- Luz doble de mediana intensidad, cuenta con 2 bombillos de similares características a los de luz individual, la fotocelda estará orientada hacia el centro polar magnético o según especifique el fabricante.

**Nota:** no ubicar donde exista retroalimentación de luz artificial debido a que su sistema ON/OFF trabajaría mal.

Para la instalación se debe cumplir lo descrito en la tabla 8:

**TABLA 8**  
**ALTURAS DE INSTALACIÓN DE LUCES DE SEÑALIZACIÓN**

Altura Torres	Instalación
<b>≤ 45m</b>	Contarán con una luz doble en la cúspide y un circuito con conductor #12 SPT concéntrico para intemperie.
<b>107m ≤ T &lt; 45m</b>	Contarán con una luz doble en la cúspide y a media altura una luz individual, además deben tener un circuito con conductor #12 SPT concéntrico para intemperie.
<b>213m ≤ T &lt; 107m</b>	Contarán con luz doble en la cúspide, y luces fijas individuales a 1/3H y 2/3h de la torre debe tener un circuito con conductor #10 SPT concéntrico para intemperie.
<b>Nota:</b>	El conductor se debe colocar adosado a la escalerilla guía onda en su arista lateral por medio de amarras negras para intemperie. La alimentación y protección eléctrica debe ser independiente en el tablero de distribución de equipos.

Este sistema debe contar con alarmas mediante contactos secos que deben estar en el tablero de alarmas para que de manera automática quede registrado en la central en caso de falla o daño en las balizas, para proceder con el inmediato mantenimiento y además debe ser independiente del sistema de control ON/OFF.

#### **Escalerilla porta cables o guía ondas verticales.**

Este tipo de escalerillas deben ser construidas con perfiles en L con dimensiones de 40 mm X 40 mm X 4 mm, los travesaños tendrán



un espacio de 600 mm y el ancho será de 300 mm. Todos los elementos y accesorios deben ser galvanizados conforme la norma ASTM A123 y pintados al igual que la estructura principal.

#### **Escalerilla porta cables o guía ondas horizontales.**

Deben cumplir las mismas características del porta cables verticales, sin embargo las dimensiones, longitud y forma de instalación varían dependiendo del equipo a instalarse además su recorrido se especificará en los planos del proyecto. Se instalarán tapas sobrepuestas de fácil remoción para la protección de los cables.

#### **Soportes de antenas.**

Para el soporte de las antenas se usará:

- Un tubo entre 50,8 mm (2") y 101,6 mm (4") de diámetro y galvanizado en caliente.
- La longitud estará definida de acuerdo a la antena a instalar.
- La distancia entre los dos soportes debe ser mayor o igual a 1000 mm.
- La distancia mínima entre la torre y el soporte será de 200 mm, en lo posible estará lo más pegado a la plataforma.

- El soporte debe estar perfectamente estable y lo más verticalmente posible.
- Los elementos de unión deben ser galvanizados conforme a lo estipulado en este documento y no se permitirá el uso de soldadura.
- En caso de que sea necesario pintar los soportes se utilizará el mismo sistema de pintura de la torre desde el taller, y se corregirán las fallas después de la instalación conforme a lo indicado en este documento.

### **3.2 Manipulación y Transporte.**

#### **Embalaje y Transporte**

Los elementos debidamente identificados y pintados, serán ubicados sobre el transporte ordenadamente, con separadores de madera u otro material blando, deberán ir colocados de tal forma que los perfiles que serán los primeros en montarse sean los que primero se desembarquen, además estarán asegurados de tal forma que durante el transporte no se produzcan caídas, rozamientos u otros inconvenientes que pudieran afectar la integridad de las partes.

Requisitos generales del embalaje:

- Proteger los equipos contra cualquier tipo de contaminación o daño,
- Tener una etiqueta con información del contenido.
- Suficiente capacidad para resistir cargas de equipos y/o materiales.
- Resistencia a esfuerzos de flexión y compresión durante las maniobras de montaje e izaje.
- Debe de realizarse de tal manera que su volumen ocupe el mínimo espacio posible.

No se permitirá el transporte si al realizar la inspección visual se llegase a detectar:

- Debilidad estructural en cualquiera de los componentes del embalaje.
- Corrosión.
- Golpes.
- Roturas.
- Partes desoldadas.
- Pintura en mal estado, apariencia de viejo o usado.
- Cualquier tipo de condición o daño que ponga en riesgo la seguridad del personal e instalaciones.

Productos pequeños deben utilizar cajas de cartón doble corrugado sin huecos, rasgaduras o golpes, asegurando que exista el espacio suficiente para colocar el material de relleno en el caso que sea necesario proteger el producto de vibraciones, movimientos bruscos o golpes.

El embalaje debe cubrir todas las caras con cinta canela de 60 mm como mínimo, especialmente en la cara frontal y el fondo; en caso de productos pesados se usará flejes plásticos o metálicos.

Los orificios que contengan los materiales o equipos deberán protegerse con tapones o algún tipo de sellante.

Todas las cajas deberán tener una etiqueta de identificación en el interior y exterior de la caja, se deberá incluir el número de serie, especificaciones del contenido e indicar el número correspondiente del total de embalaje en orden consecutivo.

Los materiales y equipos que puedan verse afectados por la humedad se procederán a envolver en papel impermeable o plástico, a cada producto por separado y colocando como relleno cualquiera de los siguientes materiales de relleno tales como espuma y/o residuos de poliestireno expandido, cacahuates de

poliestireno, burbuja con barra de retención de aire, viruta sólida, etc.

Para el diseño de embalajes de equipos se debe regir a la norma ASTM D 6198.

Las eslingas a emplear en la carga y descarga deben estar envueltos por material antifricción para evitar daños en el embalaje y su contenido.

La carga será distribuida de tal manera que no se vea afectada la resistencia estructural del embalaje y previniendo que su estabilidad se mantenga durante la transportación; por lo cual la estriba y el trincado deberá contar con una planificación, ejecución y supervisión que asegure la mantenibilidad de la calidad de los materiales, componentes y/o equipos.

Para la manipulación con grúa o montacargas de las cajas de madera deberán tener patines y si fuese requerido deberán llevar protección contra el agua.

Accesorios de izaje: todos los elementos y procedimientos para el izaje de cargas deben cumplir con lo establecido por la norma ASME B30

**Material estructural (laminas, perfiles y barras, entre otros)**

Para su transporte se deberá proteger contra el agua y ser embaladas en tarimas, serán flejadas para asegurar su estabilidad, ser sujetados internamente para así evitar movimientos que ocasionen daños en la integridad de los mismos, además deben contar con orificios inferiores o patines y tener cuatro puntos de izaje para su manipulación con montacargas.



(Imagen tomada NRF-296-PEMEX-2013 página 14)

**FIGURA 3.1 TARIMAS PARA MATERIAL ESTRUCTURAL  
(LÁMINAS, PERFILES, BARRAS, ENTRE OTROS. [9]****Tubería**

Para diámetros entre 50mm (2") hasta 244,5mm (9 5/8") se podrá transportar en canastilla metálica cerrada, con 4 puntos de izaje y asegurando estrictamente los tubos para que estos por ninguna circunstancia se salgan. La estiba de la tubería se debe realizar de acuerdo a las prácticas recomendadas en el API-RP-5C1 o equivalente.

Las tuberías que tengan extremos planos, roscados, biselados y sus conexiones, se deben proteger en sus extremos con tapones de plásticos y una capa de grasa resistente a la temperatura hasta 50°C para evitar golpes y oxidación. En caso de que el peso de las conexiones sea menor a 50 kg se podrán embalar en caja de madera con patines o en una canastilla metálica, protegiendo siempre contra el agua caso contrario según lo indicado en este documento.

### **Los pernos, tuercas, arandelas, espárragos y componentes pequeños**

Piezas usadas para conexión y soporte entre elementos estructurales, deben ser empacadas con las secciones estructurales correspondientes. De no ser así se deben embalar en cajas de madera con patines, cuyo peso no sobrepase los 23 kg, y deben protegerse contra el agua.

Los pernos, tuercas, arandelas, espárragos se deben transportar en cajas de madera resistentes al manejo y maniobras para su traslado además deben contener la cantidad suficiente de desecantes y ser agrupados en cantidades múltiplos de 25, 50 o 100 en función del tamaño del lote, con la finalidad de facilitar su conteo.

### **Escalerillas**

Se deben transportar con separadores y sistema de apriete para garantizar que las escalerillas viajen con seguridad durante su transporte. También se podrán transportar en canastillas metálicas cerradas y deben contar con orificios inferiores o patines para su manipulación con montacargas. Adicionalmente se deben dotar de cuatro puntos de izaje.

### **Pinturas y solventes**

Se embalarán de acuerdo al tipo o composición del mismo durante su transporte o uso para evitar cualquier tipo de reacción química por mezcla de productos que pueda causar daño a la salud del personal o al medio ambiente. Su manejo y transporte al destino final se hará en contenedores metálicos, que cuenten con orificios inferiores o patines para su manipulación con montacargas mediante sus 4 puntos de izaje, además deben llevar una protección contra el agua y una sujeción interna para evitar movimientos que puedan derramar los contenidos de las mismas.

### **Símbolos y Marcado**

Los símbolos deben estar impresos, pintados o reproducidos en el embalaje o en una etiqueta, conforme a lo establecido en la norma



NRF-296-PEMEX-2013 y no deben llevar marcas por bordes o líneas. La denotación gráfica de cada símbolo debe tener un significado único.

Tamaño de símbolos la altura dependerá del tamaño o forma del embalaje pudiendo ser de 100 mm, 150 mm o 200 mm.

El color de los símbolos deberá ser negro, y en el caso de que el embalaje sea negro o semejante se usará un fondo color blanco. En lo posible se debe evitar el uso de colores que puedan provocar confusión con las etiquetas de los productos peligrosos.

### **Número, Localización y Posición del Símbolo**

**a) Número de símbolos.** La cantidad de símbolos usados en un envase y/o embalaje debe ser de acuerdo a su tamaño y forma.

**b) Localización y posición de los símbolos.** Los símbolos deben seguir las reglas de localización y posición según lo estipulado en la norma NRF-296-PEMEX-2013.

En los anexos se presenta la tabla 6 símbolos para el manejo, transporte y almacenamiento de la norma NRF-296-PEMEX-2013 páginas 60, 61, 62 y 63 con la explicación y los ejemplos de aplicación de cada uno.

## **Carga y Descarga**

Se debe establecer el procedimiento operativo para el manejo, carga y descarga en las operaciones que ejecutará el contratista.

Para la disposición de la carga se debe cumplir lo siguiente:

- La carga se colocará en el sitio destinado para ella, luego de que éste se haya limpiado y nivelado.
- Sobre las plataformas, se colocará la carga de manera que quede centrada en el ancho del vehículo.
- Se colocarán señales de peligro, en forma de banderas o cintas, en los extremos salientes de la carga que excedan las dimensiones laterales o posteriores de la plataforma que la transportará.
- La carga deberá estar protegida contra la intemperie, de manera que asegure su integridad hasta su destino.
- La carga deberá sujetarse a la plataforma que la transporte, mediante cadenas, fajas, etc. y asegurarse con candados de ratchet que eviten que se mueva, deslice, voltee o se golpee en el curso del transporte a destino.
- En el proceso de asegurar la carga, se debe evitar que esta se dañe al aplicar tensión en los sujetadores.

### **Condiciones de Trabajo**

En todos los casos, se trabajará en lo posible en condiciones ambientales favorables, en tiempo sin lluvia excesiva o vientos fuertes.

El trabajo se realizará en horas del día o con suficiente iluminación directa en la noche.

En ningún caso se cargará o descargará en la noche, en circunstancias en que el trabajo deba realizarse cerca de líneas de energía eléctrica.

### **3.3 Proceso constructivo y montaje.**

#### **Trabajos Iniciales**

El contratista programará la visita con el contratante al sitio para realizar el levantamiento planimétrico u obra civil, donde se definirán cada uno de los detalles en sitio de la distribución del terreno de la torre y obras complementarias como suministro eléctrico, circuitos principales, iluminación, tableros, sistema contra incendios, sistema puesta a tierra entre otros. En caso de que el contratista no visite el sitio, será de su entera responsabilidad el considerar las medidas necesarias que puedan afectar a los trabajos y su costo por lo cual no podrá fundamentar reclamos posteriores.

El contratista deberá entregar el anteproyecto en el formato acordado por la parte contratante incluyendo los documentos descritos a continuación:

### **Documentos a entregar al inicio del proyecto**

El contratista deberá entregar la siguiente información al contratante como anteproyecto:

- Planos de levantamiento del sitio.
- Informe de Obra Civil.
- Reporte fotográfico del sitio antes del inicio de la obra.
- Informe de estudio de resistividad del suelo y diseño del sistema de puesta a tierra, indicando el método que se utilizó y los resultados certificados.
- Estudio de suelos para cimentación de la torre.
- Estudio estructural, incluye memoria técnica del diseño de la torre, debe incluir el reporte del SAP2000 o algún otro programa certificado para este tipo de estructuras, además deberá describirse la metodología usada en dicho estudio.
- Garantía Técnica de estabilidad de la estructura debidamente notariada.

- Anteproyecto de la implementación del pararrayos, ubicación y recorrido de bajantes, punto de conexión al sistema de puesta a tierra.
- Diseño de hormigones de acuerdo al cálculo estructural.
- Un estudio de factibilidad económico y de evaluación de impactos ambientales en proyectos que se realicen dentro de áreas naturales protegidas donde existe los recursos naturales no renovables según la ley de gestión ambiental.

En caso de ser necesario el contratista deberá estar dispuesto a presentar cualquier otro documento que estime necesario el contratante.

### **Consideraciones para el diseño.**

#### **Determinación de Cargas y Combinaciones de Cargas.**

Determina el comportamiento estructural adecuado, se consideran de mayor importancia para el diseño de torres las cargas a continuación:

- **Cargas Muertas o Gravitacionales (DL).**- Incluyen el peso propio de la estructura y de todos sus accesorios instalados como antenas, soportes, plataformas, escaleras y otros. Cargas

y dimensiones de las antenas de acuerdo a las necesidades del proyecto.

- **Cargas Vivas o Temporales (LL).**- Cargas vivas donde se va a considerar 4 personas con un peso aproximado de 100 kg y equipo auxiliar de trabajo con un peso de unos 150 kg.
- **Cargas de Viento (W).**- Este tipo de carga se calcula tanto para la fuerza que genera el viento sobre las diferentes antenas como para la que se genera sobre la estructura según lo estipulado en la EIA/TIA-222G y se utilizará para este efecto una velocidad máxima de viento de 120km/hora como requerimiento, ya que en la NEC, cap. 1 se especifica un máximo de 91 km/h. Se debe considerar como elementos que incrementan la carga del viento a las escalerillas así también a los cables que bajan, esto debe ser presentado en los cuadros de cálculo de fuerza de vientos.
- **Cargas de Sismo (E).**- Este tipo de cargas rara vez dominan un diseño sin embargo estas estructuras requieren consideraciones especiales de sus características de respuesta en regiones de alta sismicidad. Se utilizará un espectro de respuesta elástico para considerar el sismo, este será de acuerdo a las características de cada sitio en donde se instalen las estructuras, las características del sitio se las debe obtener

de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su versión más reciente.

### **Combinaciones de Cargas.**

Las combinaciones de cargas se realizarán de acuerdo a lo estipulado en ASCE 7-05, basados en el diseño de estado límite, el cual indica lo siguiente:

- COMB 1.- 1.4 DL
- COMB 2.- 1.2 DL + 1.6 LL
- COMB 3.- 1.2 DL  $\pm$  1.6 W + 1.0 LL
- COMB 4.- 1.2 DL + 1.0 E + 1.0 LL

Se debe indicar que las cargas del viento se deben considerar actuando en direcciones establecidas en las normas y en sentido opuesto, las direcciones dependen de la estructura que se esté diseñando, tales como; Torres triangulares se considera el viento a 0, 60 y 90°, para las torres Cuadradas se considera el viento a 0, 45 y 90°.

### **Análisis y Diseño Estructural de la Torre.**

El modelo matemático de la estructura será desarrollado en un programa como SAP 2000, u otro programa certificado y previa autorización del fiscalizador.

- El modelo se debe diseñar como una armadura, siempre que se mantengan los niveles de excentricidad de las conexiones dentro de los límites, esto quiere decir que la estructura estará conformada por elementos rectos conectados por pasadores idealmente sin fricción, provocando en los elementos cargas de tensión y compresión únicamente
- Los límites de excentricidad se deben determinar de la siguiente manera:
  - Si la longitud de la zona de conexión en los nodos donde concurren horizontales y diagonales es mayor a 2 veces el ancho del ala del montante conectado y la distancia de la intersección de las líneas de fuerza al centroide de la conexión analizada es mayor al ancho del ala del montante conectado, el efecto de la excentricidad se debe considerar.
  - El efecto de la excentricidad debe ser puesto a consideración en el momento de hacer el diseño de los elementos, de acuerdo a la norma ASCE 10-97 sección 3.12 y 3.13, de ninguna manera se puede obviar el efecto



de la excentricidad y este debe ser presentado en las memorias técnicas.

- Se debe reducir al mínimo el uso de escuadras de unión, usando solo en casos donde la eliminación de escuadras aumente la excentricidad de la junta fuera de una cantidad razonable.
- Se puede utilizar un modelo marco-armadura, es decir, se modelan los montantes como marco y los elementos de la superestructura (diagonal y horizontal) como armadura, esto se utiliza cuando en todas las conexiones de la estructura los niveles de excentricidad son superados, cuando se considera este tipo de análisis se deben considerar los momentos para el diseño de elementos.
- Las cargas se aplicarán de forma puntual y perpendicular a los nodos de los montantes correspondientes a la cara expuesta de la dirección de la carga. Los montantes y diagonales serán instalados conforme a lo establecido por los planos de diseño y clasificación por tramos según la identificación dada en taller.
- Entre montantes deben estar empernados con placas de conexión.

- Entre montantes y perfiles angulares secundarios deben estar empernados sin placas.
- Entre elementos secundarios angulares deben estar empernados.
- Las relaciones de esbeltez se deben revisar de acuerdo a lo estipulado en la norma EIA/TIA-222G y se deben considerar las longitudes reales de los elementos; en la tabla 9 se presentan las relaciones de esbeltez de los elementos conforme a la NORMA EIA-222G.

**TABLA 9**  
**RELACIÓN DE ESBELTEZ Y ESPESOR MÍNIMO**  
**ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA TOMADA DE LA NORMA**  
**EIA-222G. [1]**

<b>ELEMENTOS</b>	<b>Trabajando a</b>	<b>Relación de Esbeltez</b>	<b>Espesor mín. (mm)</b>
Montantes y Principales	-	150	6
Superestructura	Compresión	200	4
Secundarios	Compresión	250	3
Todos los otros miembros	Tensión	500	6
Placas de unión	-	-	6

- Se debe presentar en la memoria de cálculo los resultados obtenidos del programa de cálculo tales como: reacciones en

los apoyos para todas las condiciones de cargas y sus combinaciones, deflexión máxima y compararla con la permisible máxima de  $0.5^0$ , frecuencia natural de la estructura, diseño estructural de los elementos.

- Se presentará lo indicado de forma impresa y su respaldo en forma digital.
- Torres de 48 m modulables hasta 18 m
- Torres de 72 m modulables hasta 60 m y 54 m
- Torres de 102 m modulables hasta 84 m
- Altura de cada tramo: 6 m
- Ancho de cara en base:
  - 48m o menores: Mayor o igual al 9 % y menor o igual al 11 % de la altura total de la torre
  - Mayores a 48 m: Mayor o igual al 10 % y menor o igual al 12 % de la altura total de la torre
  - Ancho de la cara en extremo superior: Mayor o igual a 1.8m
  - Longitud del tramo recto: Mayor o igual a 12 m

### **Diseño de conexiones**

La estructura está conformada por elementos y conexiones siendo estas últimas críticas en el comportamiento de una estructura, por lo cual se debe presentar adjunto en la memoria de cálculo la

documentación en donde se muestre el correcto diseño de todas las uniones utilizadas en la estructura, por ningún motivo se aceptará información que no contenga este análisis y por el contrario será motivo de rechazo.

Las conexiones deben mantener el diseño de estado límite, y se deben considerar los siguientes estados como mínimo:

- **Compresión.-** El último esfuerzo permisible a la compresión no podrá exceder de los valores dados en la sección de diseño a compresión de ASCE 10-97 Sección 3.6.
- **Tensión.-** El último esfuerzo permisible a la tensión de un área neta, no excederá el correspondiente esfuerzo de cedencia  $F_y$  de acuerdo a ASCE 10-97 Sección 3.10. En los cálculos del área neta, los diámetros de los agujeros serán calculados con 3.2 mm. de incremento sobre los diámetros nominales de acuerdo a lo estipulado en el Código AISC-2010. El área neta de un perfil angular unido a otro mediante conexión emperrada en una sola cara será el área neta de esta cara emperrada más el 50% del área que permanece libre. Para el cálculo del área neta de la cara emperrada se considerará la línea crítica de

falla (diagonal o zig-zag) y se reducirá el área correspondiente a las perforaciones para los pernos de conexión.

- **Corte en Pernos.**- El último esfuerzo permisible al corte no excederá el 62% del correspondiente al último esfuerzo ( $0.62 F_u$ ) de acuerdo a ASCE 10-97 Sección 4.
- **Aplastamiento.**- El último esfuerzo permisible al aplastamiento en los agujeros para pernos, basados en el diámetro nominal de los pernos, no excederán el 1.5 del correspondiente esfuerzo ultimo ( $1.5 F_u$ ) conforme a ASCE 10-97 Sección
- **Desgarre.**- El último esfuerzo permisible al desgarre del material entre el borde y el centro de un agujero en la línea de fuerza no podrá exceder el valor del esfuerzo último dividido para 1.2 ( $F_u / 1.2$ ) de acuerdo a ASCE 10-97 Sección 4.5.
- **Cortante de Bloque.**- El último esfuerzo permisible al desgarre al corte de Bloque no debe exceder de lo especificado en ASCE 10-97 Sección 3.10.2.

Se utilizarán pernos de cabeza hexagonal para todas las conexiones, y se intentará que todos sean del mismo diámetro, si son necesarios dos o más pernos para la unión de los miembros, deberá disponerse de placas de unión para la conexión, salvo en

aquellos casos en que el ancho del miembro permita situar sobre el mismo dos pernos.

El diámetro mínimo de los pernos estructurales es de 15.8 mm.

Distancia mínima entre pernos será de 40 mm, y la distancia mínima al borde de un elemento es de 22 mm.

Se debe considerar en el detallado de las estructuras las uniones entre montantes como independientes de los horizontales y diagonales de la superestructura.

En los casos similares al cambio de sección de la torre y la unión del último tramo se puede permitir que la unión comparta pernos con los horizontales y diagonales siempre que la unión tenga la cantidad suficiente de pernos para soportar la carga.

Se presentará el diseño de las placas bases, pernos de anclajes y la soldadura del primer montante con la placa base cuyo diseño se realizará de acuerdo a lo estipulado en AISC 2010 y deberá contener lo estipulado en AWS D1.1, se podría requerir el respectivo WPS calificado, si la junta a realizar no está precalificada dentro de los códigos mencionados.

Uniones estructurales de barras principales con mínimo deberán tener dos pernos.

En los planos del montaje de la torre se debe incluir información del correcto armado de cada elemento, también se deben indicar

medidas, cantidades de pernos, tuercas y arandelas a ser utilizadas en el montaje.

### **Documentos en Obra**

Los documentos se mantendrán de manera permanente en obra por parte del contratista son:

- Permiso de construcción, ambiental y de seguridad ocupacional.
- Planos completos del proyecto.
- Permisos de trabajo en altura.
- Especificaciones técnicas de construcción.
- Estudios especiales o modificaciones.
- Cronograma general de la obra.
- Resultado de ensayos y mediciones realizadas.
- Libro de obra.

### **Fabricación en Taller**

El siguiente paso a considerar para la construcción de las torres, propiamente dicho es la fabricación de cada uno de los elementos que la conforman los montantes, diagonales, horizontales, placas de unión, anclajes, escaleras, etc.; estos elementos son transformados por diferentes procesos siguiendo las especificaciones acorde a los planos estructurales.

Para lo cual se lo divide en los siguientes pasos:

**Acopio del material adecuado:** Es la recepción del material a las instalaciones.

**Plantillaje:** es la realización de plantillas para cada uno de los elementos, deben estar a escala 1:1 y se las marcará de acuerdo a los planos de taller proporcionados en el diseño. Deberán ser de un material resistente para que no sufran abolladuras o golpes durante la manipulación.

**Control dimensional, geométrico y longitudinal:** consta en la toma de medidas en diferentes puntos de manera aleatoria de la sección transversal de la perfilería sobre cada uno de los perfiles completos, verificando la rectitud de los elementos y comparándolos con las tolerancias requeridas por el diseño.

**Preparación, rectificado y ajuste:** Para esto en cada uno de los elementos se procederá a eliminar defectos que se hayan generado en procesos anteriores, además limpiar la pieza de cualquier tipo de impureza que se haya adherido.

**Marcado:** En base a los planos de taller se procede a marcar los perfiles a sus respectivas dimensiones, longitud, la distancia entre centro de los agujeros, etc.



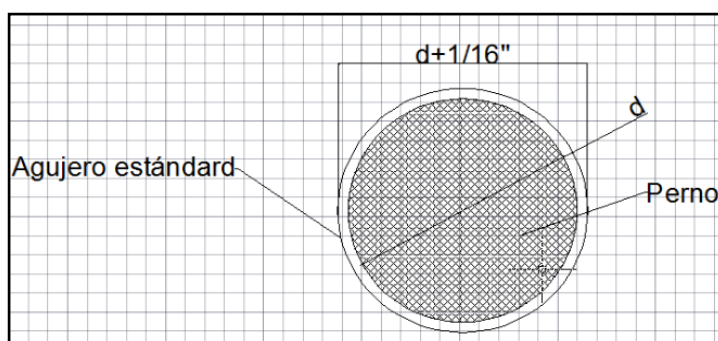
**Corte de los elementos a partir de los perfiles completos:** En este proceso se deberá considerar la optimización en el aprovechamiento de material y las tolerancias exigidas en la dimensión longitudinal. Para el corte de los elementos se procederá por medio de cizallas para los elementos conformados en frío y en prensa universal hidráulica para los elementos laminados en caliente. No se permitirán grietas mayores a 2 mm de profundidad.

**Esmerilado:** Se realizará en extremos cortados para eliminar rebabas.

**Punzonado de agujeros:** La posición de los agujeros se considerará como proceso crítico y por lo tanto tendrá mayor atención en los controles de calidad de los procesos.

Para la práctica de las perforaciones se hará acorde a lo dispuesto en los planos y conforme a la Normativa aplicable AISC Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts y AISC Manual of Steel Construction 2010. La ubicación de las perforaciones debe ser controlada y comparada con las tolerancias exigidas en los planos estructurales. La práctica de dichas perforaciones se efectuará en lo posible por medio de prensas universales hidráulicas, también puede ser llevada a cabo por taladrado o troquelado. En el caso de troquelado se deberá

disponer de posicionadores que garanticen la ubicación de los agujeros. El diámetro de las perforaciones deberá ser mayor en 1.6 mm (1/16") al diámetro del perno a alojarse en la misma. Los pernos a utilizarse en zonas estructurales deberán ser pernos de alta resistencia, compatibles o superiores a la norma ASTM A-325. Pernos para sujeciones menores o soportería podrán ser acorde a ASTM A-307. Todas las juntas deberán disponer de su correspondiente arandela plana, anillo de presión y tuerca de fijación. Queda prohibido hacer agujeros con soplete y agrandarlos con botador.



**FIGURA 3.2 TAMAÑO AGUJEROS ESTÁNDAR. [2]**

Si es necesaria la rectificación de los agujeros de una costura, se realizará con escariador mecánico. Se prohíbe hacerlo mediante broca pasante o lima redonda.

**Juntas soldadas en miembros de elementos de soporte.** La normativa aplicable es la, AWS Structural Welding Code D1.1,

AISC Manual of Steel Construction 2010. Dicha soldadura deberá realizarse acorde a la buena práctica que cada procedimiento exige, con superficies limpias, bordes adecuadamente preparados, realizada por personal calificado y debidamente controlado. Se podrá utilizar procedimientos tales como GMAW o MIG, indistintamente, siempre que se trabaje acorde con el correspondiente WPS aprobado, garantizándose la óptima penetración de material de aporte, fusión completa del material base y conservación de características mecánicas en la zona afectada por el calor. Las características mecánicas del material de aporte deberán ser iguales o superiores a las del material base y de propiedades compatibles con el mismo.

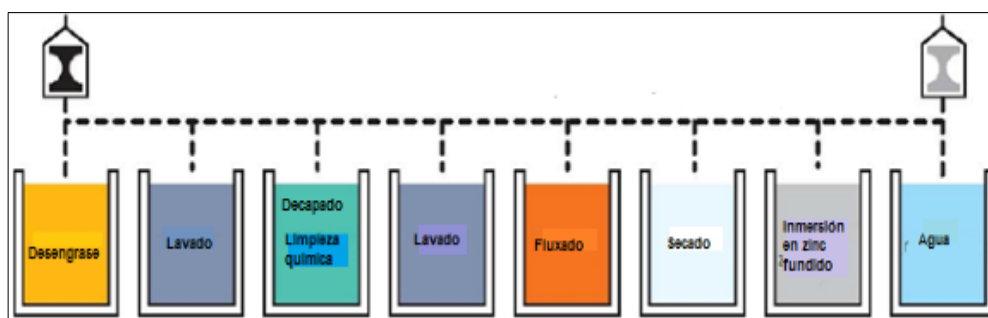
**Sistema de Identificación (Marquillado):** Después de finalizar los anteriores procesos, se debe realizar la correcta identificación, para lo cual todos los componentes de refuerzo de las estructuras deberán ser claramente identificados acorde a un plano de ubicación general, esto se realizará por medio de marcas de bajo relieve llamadas marquillas de 10 mm de altura y en los elementos de los montantes principales se procederá a hacer algo parecido. Para realizar estas marcas se utiliza un sistema de identificación compuesta de letras y números el cual se detalla a continuación:

**TABLA 10**  
**IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS**

SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS	
TORRE TELEFÓNICA AUTOSOPORTADA	DESCRIPCIÓN Y RANGO DE UTILIZACIÓN
TTA-001	Con serie del 1-50 para los montantes principales.
TTA-101	Con serie del 101-199 para los horizontales
TTA-201	Con serie del 201-299 para los diagonales.
TTA-301	Con serie del 301-399 para los elementos de unión.
TTA-401	con serie del 401-499 para los entramados y anti torsiones
TTA-501	Con serie del 501-599 para las placas de unión y cartelas.
TTA-601	Con serie del 600 para las placas de anclaje.

### Galvanizado:

Es el proceso en el que se recubre de zinc a los productos de hierro y/o acero, el cual se introduce en un baño de fundición de zinc que está 445-450°C, también llamado inmersión en caliente de zinc ya que a esta temperatura el zinc y el hierro por difusión forman una capa de aleación Fe-Zn.



**FIGURA 3.3 PROCESO DE GALVANIZADO.**

El proceso de galvanizado se lo realiza bajo la norma ASTM A123, la cual exige los procesos de: desengrase, lavado, decapado, lavado, fluxado, secado y galvanizado, los espesores de galvanizado que se deben exigir para cada elemento se muestran en las siguientes tablas:

**TABLA 11**  
**ESPEORES DE RECUBRIMIENTO GALVANIZADO ARTÍCULO NO CETRÍFUGADOS. [4]**

<b>Masa y espesor mínimo del galvanizado en artículos <u>no</u> centrifugados</b>				
<b>Artículo y su espesor</b>	<b>Revestido Local (mínimo)</b>		<b>Revestido Medio</b>	
	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>μm</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>μm</b>
<b>Acero ≥ 6 mm</b>	505	70	610	85
<b>3 mm ≤ Acero &lt; 6 mm</b>	395	55	505	70
<b>1,5 mm ≤ Acero &lt; 3 mm</b>	325	45	395	55
<b>Acero &lt; 1,5 mm</b>	250	35	325	45
<b>Armazones &gt; 6mm</b>	505	70	575	80
<b>Armazones &lt; 6mm</b>	430	60	505	70

**TABLA 12**  
**ESPEORES DE RECUBRIMIENTO GALVANIZADO ARTÍCULOS CENTRIFUGADOS. [4]**

<b>Masa y espesor mínimo del galvanizado en artículos <u>centrifugados</u></b>				
<b>Artículo y su espesor</b>	<b>Revestido Local (mínimo)</b>		<b>Revestido Medio</b>	
	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>μm</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>μm</b>
<b>Artículo con cebado</b>				
<b>≥ 20 mm</b>	325	45	395	55
<b>&gt; 6 mm a ≤ 20 mm</b>	250	35	325	45
<b>&lt; 6 mm</b>	145	20	180	25
<b>Otros</b>				
<b>≥ 3 mm</b>	325	45	395	55
<b>&lt; 3 mm</b>	250	35	325	45

Los espesores de galvanizado serán inspeccionados y revisados con un Medidor de Espesor de paredes seleccionando una muestra del lote, de acuerdo a la NTE INEN 602 usando el procedimiento del numeral 5.5 que determinará el espesor de recubrimiento en cinco puntos mínimos, y preferentemente 10 o más. Los puntos en que se tomen las mediciones deben acordarse, según la forma de la pieza. Las lecturas no deben diferir del espesor calculado según el numeral 5.6 de la INEN 602 en más de 25%.

El aspecto del galvanizado debe ser continuo, resistente al desgaste, no contener manchas y sin raspones, ampollas o abolladuras.

La composición del baño del metal fundido para la galvanización deberá contener no menos de un valor promedio de 98,0% de zinc en peso siendo la calidad del zinc  $\leq 1,5\%$  de nivel de impurezas distintas al hierro y estaño.

Se debe cumplir lo siguiente:

- No se aceptarán piezas que no estén recubiertas por contaminación de la superficie al no haber sido eliminada cualquier tipo de agente externo en los pretratamientos de decapado y desengrase.

- No se aceptarán perforaciones después del galvanizado.
- Cuando una pieza haya sufrido daños en el galvanizado debido a los procesos de manipulación y montaje, serán permitidas reparaciones solo en un área no mayor al 5% de la superficie del elemento mediante el método de galvanizado en frío por medio de un barniz, a base de polímeros inorgánicos y zinc metálico preferiblemente mediante aplicación por soplete con un espesor mínimo de 8 micras, o conforme a la norma ASTM A780 para reparación de superficies galvanizadas en caliente.
- Para los elementos tubulares deberá garantizarse una galvanización adecuada, con carga de zinc equivalente a 800 gr/m<sup>2</sup>, principalmente en la parte interna del elemento.
- El proveedor certificará la calidad, dimensiones, orificios de venteo, drenaje, acabado superficial, etc., y todos los requerimientos especificados en este documento.
- Piezas como tuercas, arandelas, anillos de presión, pernos, abrazaderas, etc., deberán ser galvanizadas por centrifugado debido a sus aristas y pequeño tamaño.
- Deben ser removidos todos los excesos depositados en las perforaciones de planchas, ángulos y laterales, sin dejar rebabas ni grumos.

TABLA 13

## MÉTODOS DE VERIFICACIÓN DEL GALVANIZADO

Norma aplicada:	ASTM A 123	INEN 2 483:2009 INEN 950 INEN 672:2009
METODO DE VERIFICACION		
CODIGO	REQUERIMIENTO	INSTRUMENTO/EQUIPO
M1	MEDICION MAGNETICA	MEDIDOR DE ESPESORES
M2	METODO DEL RAYADO	GARRRA, LUPA, BROCHA
M3	METODO DEL MARTILLO	MARTILLO
M4	INSPECCIÓN VISUAL	OJO HUMANO

**Limpieza y Pintura**

Se debe solicitar a la DGAC, la autorización para pintar la estructura de soporte de un color que mimetice con el entorno, de preferencia blanco humo para los casos que se encuentren fuera de conos de aproximación de aeropuertos, y de color blanco – naranja anticorrosivo en los casos que se encuentre dentro de los conos de aproximación de aeropuertos o que la DGAC lo requiera.

Todas las aplicaciones de pintura deben ser hechas en fábrica con medios mecánicos. La última capa de retoques y ajustes debe ser hecha en el sitio.



La limpieza se la puede realizar por diferentes métodos estipulados por la norma ASTM D2092 para preparar las superficies de las piezas galvanizadas.

Se recomienda la limpieza con solventes y/o detergentes mediante un trapo o cepillo de cerdas suaves para eliminar los residuos grasos y aceites procurando no dañar la capa de galvanizado.

Para generar un buen perfil de anclaje sobre las superficies galvanizadas y que tengan una buena adherencia a la pintura se deben realizar uno de los siguientes métodos:

- Sweep blasting que es una técnica abrasiva en la que se utiliza el silicato de aluminio/magnesio en partículas muy finas entre 8 y 20 mils para granallar la superficie del material; también usan materiales orgánicos como cáscaras de nueces, piedra caliza, arenas minerales con una dureza de mohs no menos de 5.
- Selladores penetrantes, se pondrá una capa de película seca de 2 a 3 mils para crear un puente de adherencia entre la pintura y la superficie galvanizada.
- Fosfato de zinc puede aplicarse mediante rociado, inmersión o cepillos de cerdas suaves dejando actuar de 3 – 6 minutos, luego de esto lavar con agua y secar. No se recomienda su aplicación en sistemas de pinturas ricas en zinc.

A continuación se presenta una tabla con los ejemplos de sistemas de pintura para el acero galvanizado basado en los esquemas para acero galvanizado del libro CYTED-CORROSIÓN Y PROTECCIÓN DE METALES EN LAS ATMÓSFERAS DE IBEROAMÉRICA PARTE II PAGINAS 355, 356, 357, 358.

**TABLA 14**  
**SISTEMAS DE PINTURAS PARA ACERO GALVANIZADO ZONA RURAL. [7]**

AMBIENTE		Tratamiento de superficie	N° Capas	Wash-Primer capa seca (µm)		N° Capas	Intermedia alquídica capa seca(µm)		N° Capas	Acabado alquídica capa seca (µm)		Espesor total(µm)
RURAL	Normal	Desengrase y lijado	1	8-12	T15	1	20	T16	2	25	T2	80
	Agresiva		1	8-12	T15	1	35	T16	2	30	T2	105

**TABLA 15**  
**SISTEMAS DE PINTURAS PARA ACERO GALVANIZADO ZONA URBANA. [7]**

AMBIENTE		Tratamiento de superficie	N° Capas	Pintura Adherencia epoxy-poliisocianato		N° Capas	Intermedia alquídica capa seca(µm)		N° Capas	Acabado alquídica capa seca (µm)		Espesor total(µm)
URBANA	Normal	Desengrase y arenado ligero	1	15-20	T17	1	20	T16	2	25	T2	90
	Agresiva		1	15-20	T17	1	35	T16	2	30	T2	115

**TABLA 16**  
**SISTEMAS DE PINTURAS PARA ACERO GALVANIZADO ZONA**  
**MARINA. [7]**

AMBIENTE	Tratamiento de superficie	N° Capas	Wash-Primer capa seca (µm)		N° Capas	Intermedia Epoxy oxido de hierro capa seca(µm)		N° Capas	Acabado Poliuretano capa seca (µm)		Espesor total(µm)
			8-12	T15		45	T8		30	T9	
MARINA	Desengrase y lijado	1	8-12	T15	1	45	T8	2	30	T9	117

**TABLA 17**  
**SISTEMAS DE PINTURAS PARA ACERO GALVANIZADO ZONA**  
**COSTERA E INDUSTRIAL. [7]**

AMBIENTE	Tratamiento de superficie	N° Capas	Wash-Primer capa seca (µm)		N° Capas	Intermedia Epoxy oxido de hierro capa seca(µm)		N° Capas	Acabado Poliuretano capa seca (µm)		Espesor total(µm)
			15-20	T17		45	T8		30	T9	
COSTERA E INDUSTRIAL	Desengrase y arenado ligero	1	15-20	T17	1	45	T8	2	30	T9	125

**TABLA 18**  
**CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE PINTURAS UTILIZADAS**  
**EN LOS SISTEMAS DE PINTURAS. [7]**

CODIGO	CLASE	RESINA	PIGMENTOS
T2	Acabado	Alquídica en aceite de linaza	Minio rojo(Pb3O4)
T8	Primer	Epoxi-Amina	Óxido de hierro (Fe2O4) y cargas minerales
T9	Acabado	Poliuretano Asfáltico	Dióxido de Titanio (TiO2)
T15	Wash-Primer	Polivinilbutiral	Cromato de zinc, Carbon negro y talco
T16	Intermedia	Alquídica	Óxido de hierro micaceo (MIO), óxido de hierro negro (Fe3O4) y cargas minerales
T17	Pintura adherencia	Epoxi-isocianato	Óxido de hierro (Fe2O4) y cargas minerales

Este proceso de pintura se realizará en las condiciones climáticas adecuadas, es decir la humedad relativa no exceda el 85%, además se inspeccionará una muestra para garantizar el espesor de pintura sobre la superficie de todos los elementos principales y componentes de la torre.

### **Estudio de suelos.**

En este estudio se determinará las condiciones físicas y mecánicas del suelo, además la capacidad del suelo para resistir el peso de la fundación, la estructura metálica de la torre con carga muerta, carga viva y viento de acuerdo al diseño estructural, ayudando a determinar el cálculo, diseño y construcción de la cimentación. El estudio de suelos o estudio geotécnico debe ser realizado por geólogos o ingenieros especializados en mecánica de suelos que estén acreditados para realizar este tipo de trabajos los cuales deberán ser presentados en el informe final con original y copia conteniendo la siguiente información:

- Perforación estándar.
- Muestra Shelby.
- Ensayos de humedad.
- Ensayos de granulometría.
- Límite líquido.

- Límite Plástico.
- Densidad natural.
- Determinación de PH.
- Conductividad y resistividad del suelo

### **Cimentación**

Su cálculo, diseño estructural y construcción resultan muy complejos y están basados en el estudio de mecánica de suelos, por parte de un ingeniero civil acreditado, quien será el encargado y responsable de proveer toda la información necesaria para el cumplimiento de las normas técnicas nacionales e internacionales que garanticen la óptima realización del proyecto.

La dosificación elegida para la preparación de mezclas para la construcción de las cimentaciones deberán proporcionar las características mecánicas, estructurales y de durabilidad que satisfagan los requerimientos de resistencia solicitados por el proyecto.

No se permitirá el montaje de ningún elemento sobre la fundación hasta que haya transcurrido los plazos establecidos para el fraguado del hormigón, con un mínimo de 7 días desde el hormigonado, salvo el caso de que el contratista especifique el uso

de aceleradores de fraguado permitiendo su óptima resistencia del hormigón en un plazo menor.

Los pasos a seguir en el proceso de construcción de la cimentación son:

- Excavación de la cimentación.
- Armado de Cimiento.
- Fundición y compactación.
- Curado.
- Ensayos de compresión sujeto a las normas ASTM C31 y C39.

El contratista deberá entregar ensayos de laboratorio de la cimentación para corroborar que la resistencia del concreto usado es la misma que se especifica en el diseño de la cimentación.

Además debe cumplir lo siguiente:

- Los aditivos incorporadores de aire deben cumplir con la norma ASTM C260.
- Los aditivos reductores de agua, los retardadores y acelerantes, deben cumplir con la norma ASTM C1017.
- Los aditivos empleados en la fabricación de los concretos que contengan cementos expansivos según la norma ASTM

C845, deben ser compatibles con el cemento y no deben producir efectos perjudiciales.

- Los aditivos requieren los certificados del fabricante de que el aditivo enviado a la obra es idéntico al ensayado según las normas ASTM C260 o ASTM C494 y el certificado del fabricante sobre el contenido de cloruros.
- Los agregados que se utilicen deben contener información de los resultados de ensayos realizados según norma ASTM C330, la garantía de que los mismos son usados en la mezcla y deben utilizarse agregados livianos en la producción del concreto estructural siempre y cuando estos cumplan con los requisitos de la norma ASTM C330.
- El cemento usado generalmente es Portland tipo I, que deberá cumplir con la norma ASTM C150, en caso de que el concreto este expuesto a la acción moderada de sulfatos se usará cemento portland tipo II.
- Las formaletas y sus soportes o cimbras deben garantizar la resistencia de las presiones resultantes del vaciado y vibrado del concreto, cargas vivas, etc., y ser lo suficientemente impermeables para evitar pérdida de la lechada por lo que deben cumplir con las normas ACI 318 y 347.

- Lo que comprende a la dosificación final se establece conforme a la norma ASTM C94 y ACI 613.
- El concreto premezclado debe cumplir con la norma ASTM C94.

En la tabla 19 se presentan las proporciones típicas del concreto.

Los aditivos reductores de agua, los retardadores y acelerantes, deben cumplir con la norma ASTM C1017.

**TABLA 19**  
**PROPORCIONES TÍPICAS DEL CONCRETO**

Tipo	Proporción volumetrica	Bolsas de cemento (94 lbs.)	Arema M <sup>3</sup>	Piedrin M <sup>3</sup>	Agua (Lts)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Descripción
1	1 : 1.5 : 1.5	12.6	0.53	0.55	226	303	alta resistencia
2	1 : 2 : 2	9.8	0.55	0.55	227	217	alta resistencia
3	1 : 2 : 3	8.4	0.47	0.71	216	165	Resistencia media
4	1 : 2 : 4	7.3	0.41	0.82	211	140	Resistencia media
5	1 : 2.5 : 2	6.7	0.48	0.77	218	118	baja resistencia
6	1 : 3 : 4	6.3	0.53	0.71	224	94	baja resistencia

Fuente: SERCOM. Manual de especificaciones para estación celular. p. 110.



## **Montaje**

### **Consideraciones previas al montaje:**

El trabajo de montaje se deberá realizar siguiendo todos los parámetros e indicaciones dadas por los planos e instrucciones suministrada a los montajistas

Deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar que los miembros estructurales tengan esfuerzos imprevistos por efecto de plumas, malacates, colgantes, etc.

Todo el procedimiento de montaje deberá ser chequeado y documentado como respaldo

En cada etapa del montaje se debe considerar primordialmente no someter a ninguno de los miembros y/o elementos a sufrir esfuerzos superiores a los permisibles para no ocasionar problemas en la integridad de la torre.

Durante cada tramo se procederá a dar un ajuste leve a cada uno de los pernos, y cuando la estructura se encuentre con todos los elementos se procederá a ajustar el torque recomendado para esto se presenta a continuación la tabla 20.

**TABLA 20**  
**TORQUES RECOMENDADOS PARA UNIONES EMPERNADAS.**

[23]

Tamaño	Unidades	ASTM A325 TIPO 3
1/2"	KIP	12
5/8"	KIP	19
3/4"	KIP	28
7/8"	KIP	39
1"	KIP	51
1.1./8"	KIP	56
1.1/4"	KIP	71
1.3/8"	KIP	85
1.1/2"	KIP	103
IGUAL AL 70% DE LA RESISTENCIA MÍNIMA PARA PERNOS, INDICADO POR LAS NORMAS RCSC		

La unión entre tramos se debe efectuar con placas de conexión en el interior y exterior.

Los miembros estructurales o secundarios que presenten fallas o deformaciones que estén fuera de tolerancias serán rechazados.

No se permitirá el escariado en caso de que hubiese falta de correspondencia en los orificios; el contratista llegará a un acuerdo

con el fiscalizador y contratante para autorizar un cierto desplazamiento para hacer coincidir los orificios.

Debe realizarse una verificación en cada etapa del montaje a los niveles y pendientes, antes de realizarse el ajuste final de las juntas empernadas, además se debe prestar mucha atención a los elementos de seguridad en especial las líneas de vida del personal. Los montajistas deberán estar habilitados para el trabajo en altura y solo podrán subir o bajar usando dos líneas de vida estando sujetos como mínimo de una de ellas amarrados a la estructura, en lo posible con los anclajes sobre la cabeza.

### **Programa de Montaje**

En este punto se procede a redactar un programa de montaje detallando lo siguiente:

- Cronograma de actividades a realizar, en lo preferible un diagrama de Gantt en el cual se especifiquen los tiempos empleados en cada trabajo.
- Descripción de los equipos a utilizar en el montaje.
- Listado de personal a utilizar.
- Elementos de seguridad y protección personal.

- Análisis y clasificación de las piezas de fabricación para el montaje secuencial.
- Montaje de la estructura de la torre de acuerdo a su clasificación, especificaciones.
- Instalación de plataforma de descanso, escaleras y demás elementos.
- Pintura de las juntas y retoques de pintura en general.

#### **Equipos y materiales para el montaje:**

- Generador: En caso de emergencia o que no se cuente con energía eléctrica.
- Pluma: Se fijará en la parte superior de uno de los montantes de la torres, contará con una polea en su extremo para que con la ayuda de un cable o cabo puedan levantar los elementos para su correcto armado.
- Herramientas manuales: Llaves de corona, llaves de boca, raches para dar un ajuste de sujeción a los pernos y mayor facilidad de montaje.
- Poleas y cabos: Sirven para el izamiento de los elementos de la torre.
- Torquímetro o llave dinamométrica: servirá para darle el par de apreté correspondiente a cada perno.

- Teodolito: Instrumento de medición mecánico-óptico que sirve para medir la verticalidad de la torre obteniendo sus ángulos verticales.
- Nivel topográfico: sirve para medir los desniveles entre puntos a distintas alturas.

Las herramientas deberán estar provistas de una piola flexible de acero forrado con polietileno de 1/8", con un largo entre 800mm y 1200 mm, fijadas en uno de sus extremos a la argolla lateral del arnés dentro de un bolso. Cuando se usen se retirarán de la argolla del arnés y se conectarán a la estructura de manera que no obstaculice el trabajo y la piola no interfiera en el uso de la herramienta."

#### **Procedimiento para el montaje de la torre:**

- Se descargará y clasificarán los elementos por tramos como se indica en los planos.
- Para el primer tramo se procederá primero a nivelar las tuercas que unen la cimentación con la estructura.
- Se procede a instalar las zapatas de la torre para la unión con los montantes.
- Los primeros montantes se levantarán a fuerza de hombre cuidando posturas para evitar lesiones físicas, se asegurarán

y realizarán los ajustes necesarios conforme a los planos y especificaciones respectivas.

- Luego se procederá a la instalación de las diagonales y travesaños del primer tramo.
- Listo el primer tramo se montará la pluma que servirá para elevar y sostener los montantes, diagonales y travesaños del segundo tramo. Esto lo realizará el oficial montador quien se trepará a la parte superior del primer tramo y colocará una polea por la cual pasará una cuerda para el levantamiento de la pluma
- En la parte inferior con la ayuda de un malacate otro operador comenzará a izar la pluma.
- Un tercer operador por medio de una cuerda guiará la pluma para contrarrestar los efectos pendulares y evitar daños en los elementos de los tramos inferiores.
- Cuando la pluma se encuentre izada en su totalidad se procederá a enganchar con sus ganchos al travesaño superior, a su vez la parte inferior de la pluma se asegurará por medio de unos grilletes y amarre con cuerda para mayor seguridad.
- Una vez instalada la pluma se procederá a pasar una cuerda por la polea de la pluma, para que el operador que se

encuentre en la parte inferior pueda amarrar los elementos a izar para el montaje del segundo tramo en su correspondiente orden, montantes, diagonales y travesaños.

- En la parte inferior con la ayuda de un malacate otro operador comenzará a izar los elementos del siguiente tramo.
- Un tercer operador por medio de una cuerda guiará el elemento que se esté izando para contrarrestar los efectos pendulares y evitar daños en los elementos de los tramos inferiores.
- Los elementos serán elevados hasta una altura óptima que permita al otro montajista instalar correctamente el elemento y asegurarlo definitivamente en su correspondiente posición según los planos.
- Una vez instalado el segundo tramo se procederá a trasladar la pluma a su nueva posición de la misma forma como se describió anteriormente
- Este método se repetirá para el izaje de todos los tramos.
- Cuando se finalice la instalación del último tramo se procederá a instalar la plataforma de trabajo de la cúspide.
- El operador en la parte inferior procederá al amarre de la primera sección de la plataforma a montar de manera que al

subir la sección se le facilite al montajista su instalación y sujeción mediante los pernos correspondientes.

- Así mismo se procederá a izar y montar la otra sección de la plataforma.
- En el caso de que existiesen plataformas de descanso el izaje se realizará de la misma manera.
- Completado el montaje de la plataforma se procederá a descender la pluma de izaje.
- El montajista que se encuentre en la parte superior procederá a colocar la polea en un lugar seguro de la plataforma, luego pasará una cuerda por la polea y la amarrará a la pluma.
- El montajista desenganchará la pluma y los operadores en la parte inferior sujetarán la pluma por medio de una cuerda para un descenso seguro; otro operador sujetará la pluma con otra cuerda para evitar que en el descenso ocasione algún daño a los elementos inferiores.
- Mientras el personal encargado del montaje de cada uno de los tramos y las plataformas se encuentra trabajando, otro personal se encargará del armado en el piso de la escalera de acceso porta hombre separándola por secciones para facilitar su montaje.



- Cuando las secciones de la escalera se encuentren listas se procederá al izaje e instalación usando la polea en la plataforma. Así mismo se asegurará por medio de cuerdas para evitar daños en los elementos ya montados y sujetará mediante sus correspondientes pernos.
- Luego se procederá a la instalación de los elementos de línea de vida, conexión puesta a tierra, pararrayo, luces de baliza, escalerillas guía onda y soportes para antenas conforme a lo especificado en este documento y recomendaciones del proveedor.
- Para los soportes de las antenas se izarán con la misma polea y cuerda en la plataforma hasta la altura de instalación de la antena conforme los planos.
- La antena se sujetará con grampas tipo “u-bolt” de 2” a los soportes.
- Los cables de las antenas se sujetarán mediante precintos de chapas a medida que bajen los montajistas.
- Se realizará la misma acción para las demás antenas.
- Al final se realizarán los retoques de pintura en los elementos afectados de toda la estructura conforme a lo especificado en este documento.

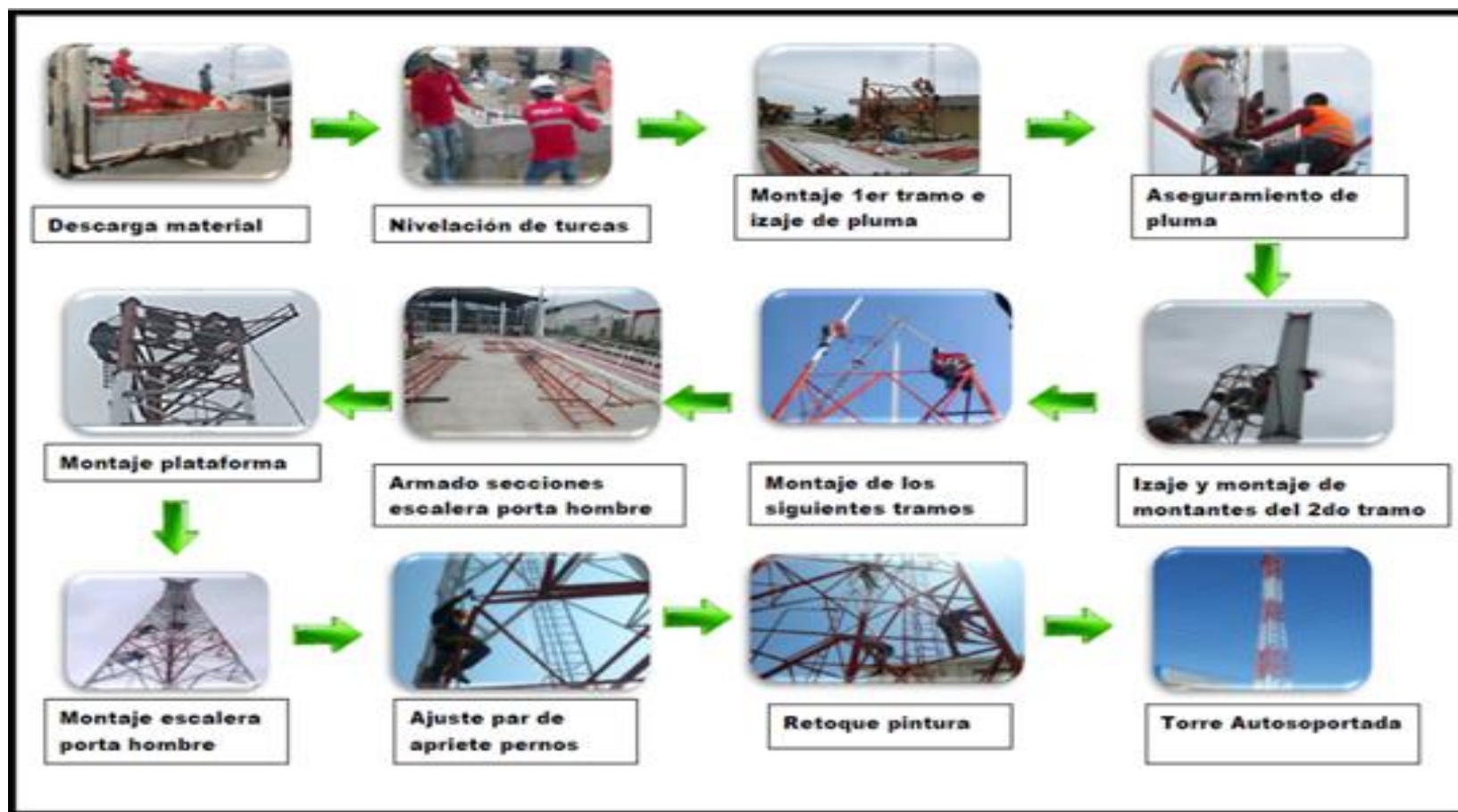


FIGURA 3.4 ETAPAS DEL MONTAJE DE LA TORRE AUTOSOPORTADA

### Símbolos de Seguridad:

En la siguiente tabla 23 se muestran los símbolos de seguridad que se deben instalar cerca de la estructura de la torre.

**TABLA 21**  
**SÍMBOLOS DE SEGURIDAD**

SÍMBOLOS DE SEGURIDAD	Definición	INSTALADO EN
	Peligro de Shock	Tableros de distribución de energía de equipos
	Prohibido el ingreso a personas particulares	Acceso a la Estación
	Uso obligatorio Equipo de protección personal (Casco, guantes, chaleco, cinturón, botas, etc.)	En la torre.
	Prohibido ingerir alimentos	En el interior de la estación y cerca de los equipos

### Seguridad y Salud Ocupacional

Se deberán cumplir las siguientes medidas:

- Se brindará todos los equipos de protección personal para obtener condiciones seguras para los trabajadores que se

encuentren realizando trabajos en las diferentes etapas del proceso constructivo de las torres autosportadas de telecomunicaciones.

- Definir y actualizar los procedimientos relacionados con seguridad y salud ocupacional para en caso de alguna eventualidad responder conforme a lo establecido por el código del trabajo.
- En los trabajos de montaje y elevación de estructuras, queda prohibido realizar cualquier tipo de trabajo o desplazamiento con riesgos de caída en altura superior a un metro ochenta centímetros y especialmente caminar sobre perfiles de la estructura, sin empleo de medios de protección colectiva o en su defecto de elementos de protección personal adecuados. Estos trabajos se realizarán solo por personal calificado.
- El personal deberá ser capacitado sobre la buena práctica sobre el trabajo en altura y la correcta utilización e inspección del arnés con doble cabo de vida más uno adicional para estar sujeto de ambos extremos a la torre.
- Inspección de equipos de protección contra caídas al inicio del proyecto y cada 3 meses.

No se podrá acceder a las Torres con peso en herramientas, superior a 20 kg, por trabajador además todas las herramientas deben ser chequeadas por el supervisor de obra.

- Sin faja lumbar, no se podrá subir las herramientas a la torre.
- Las herramientas deben ser llevadas con uno de sus extremos fijadas a la argolla lateral del “Arnés” y dentro del bolso. Cuando estas se usen la argolla se debe retirar del arnés y anclar a la estructura de manera que la piola no interfiera con el uso de la herramienta.
- No se permitirá que trabajen en altura las personas se encuentren indispuestas temporalmente, sufran de vértigo, hipertensión, enfermedades crónicas, hayan consumido estupefacientes, bebidas alcohólicas, o se encuentren pasando alguna situación que pueda poner en riesgo al personal, esto quedará a juicio del jefe en seguridad o responsable a cargo.
- El personal que se encuentre trabajando en altura deberá tener la mínima cantidad de herramientas como sea posible para evitar caídas o tropiezos.
- Todo equipo que tenga fallas o se encuentre dañado deberá ser descartado responsablemente.

- Las cuerdas que se usen en el montaje se les debe dar u adecuado mantenimiento en caso de estar deterioradas se descartarán.

### **Equipos de protección para trabajo en altura.**

- Arnés de cuerpo completo con doble cabo de vida debe cumplir los requisitos de la norma UNE-EN-361 en su versión más reciente.
- Sistema de amarre con absorbedor UNE-EN-355 en su versión más reciente.
- Cinturones de seguridad.
- Eslinga de posicionamiento.
- Botas dieléctricas, antideslizantes.
- Casco con barbuquejo que de protección contra impactos, penetración de agua, fuego, y riesgos eléctricos limitados.
- Guantes con recubrimiento antideslizante y ajustado a las manos del trabajador.
- Gafas con especificaciones 4C, con filtro UV, antiempañantes, antiestáticas, de alto impacto y aseguradas con piola para evitar caídas.

## **Conformidad con la ley ambiental.**

### **LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL dice:**

*“Los artículos 11 y 12 queda prohibido expeler o descargar hacia la atmosfera o descargar en ella, cualquier tipo de contaminantes que sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia”.*

Por esta razón se debe controlar los tipos de contaminación que se dan en la construcción de Torres Autosoportadas, entre los cuales se describen los siguientes:

- Contaminación del suelo por la generación de escombros y alteración del suelo por movimientos de suelo.
- Contaminación acústica.
- Contaminación atmosférica por emisiones gaseosas y material particulado.

- Percepción visual de la comunidad.
- Alteración en el paisaje.

Las medidas a emplear para controlar estos tipos de contaminación son:

- Mantener hojas de seguridad (MSDS) para los residuos no comunes.
- Solicitar a la DGAC, la autorización para pintar la estructura de soporte de un color que mimetice con el entorno, de preferencia blanco humo para los casos que se encuentren fuera de conos de aproximación de aeropuertos, y de color blanco - naranja en los casos que se encuentre dentro de los conos de aproximación de aeropuertos o que la DGAC lo requiera.
- Capacitaciones al personal, sobre manejo de residuos sólidos generados en la estación en conformidad a la normativa ambiental vigente.
- Llevar registros de generación de residuos peligrosos y no peligrosos con fecha, fotografías adjuntas y firma de responsabilidad.
- Mantener actualizado el procedimiento de emergencias y contingencias.



- Realizar un Plan de Manejo Ambiental, según las características de la obra la generación de residuos será baja por esta razón se almacenarán en las instalaciones de construcción hasta su disposición final basado en la normativa ambiental vigente, para lo cual la gestión de desechos tiene las etapas de recolección, clasificación, almacenamiento, traslado y disposición final.
- Tener los gestores calificados de residuos para la entrega de estos y disposición final.

#### **3.4 Comisionado de la Obra.**

Para la supervisión del proyecto y la obra se necesitan una o varias personas que tengan conocimientos en Seguridad y Salud Ocupacional – Norma OSHAS 18001, Gestión Ambiental – Norma ISO 14001, Gestión de la Calidad – Norma ISO 9001, Supervisión y Fiscalización de obras, además de ingenieros civiles, arquitectos e ingenieros electro mecánicos que ayuden a resolver cualquier problema o tema en específico que necesite una rápida solución. Este personal debe llevar el control del avance de obra del proyecto y presentar toda la información necesaria al Jefe de Obra quien se encargará de:

- Analizar los informes de los supervisores.

- Garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto en término de costos, tiempos y calidad.
- Coordinar los trabajos en obra, taller, etc., con los supervisores.
- Formar parte del proceso de contratación de personal.
- Realizar reuniones con el cliente.

Los supervisores se encargarán de:

- Coordinar con el personal de campo la realización de cada una de las obras en los tiempos establecidos.
- Fiscalizar la obra civil, mecánica y eléctrica.
- Realizar informes fotográficos como mínimo cada 2 días.
- Generar informes de avance de obra semanales.
- Comunicación escrita, personal, y digital con el jefe de obra sobre cualquier tipo de novedad y avances del proyecto.
- Garantizar la realización de todos los ensayos e informes que se soliciten en este documento en cada una de las etapas del proyecto.

El contratante se debe reservar el derecho a realizar las inspecciones durante las etapas de fabricación, galvanización, embalaje, carga, descarga, transporte y montaje comprobando en obra la calidad de los siguientes parámetros:

- Hormigón
- Acero de fundición y certificado de materiales
- El uso de elementos de seguridad industrial requeridos para trabajo en altura, EPPS, por parte del contratista.
- La verticalidad de la estructura con tolerancia  $<0,0015$  de la altura de la torre, con un máximo de 5 cm de desviación de la línea de plomada.
- El uso de torquímetros y ajuste de un 20% de las tuercas, pernos de manera aleatoria, rechazando valores mayores al  $\pm 5\%$  del ajuste establecido.
- Los sistemas de fijación y fundiciones de la torre presentada en la memoria de cálculo.
- Valores de puesta a tierra.
- Sistema de pararrayos.
- Sistema de puesta a tierra.
- Sistema de balizamiento.
- Línea de vida, escalera vertical y guarda hombre
- Plataformas de descanso.
- Calificación de soldadores y procedimiento de soldadura.

Por este motivo se procedió a la realización de fichas de control con el fin de que contengan la información necesaria, para asegurar la calidad de productos y servicios del proyecto; también sirven como

respaldo en caso de que exista algún inconveniente por parte del fiscalizador o contratista.

A continuación se presentan cada una de las fichas:

**TABLA 22**  
**FICHA DE CONTROL PARA EL HORMIGÓN.**

<b>FICHA CONTROL HORMIGON</b>							
1.. IDENTIFICACIÓN						Rev.	0
Denominación y designación del cemento							
Nombre y dirección empresa que suministra							
Tipo del hormigón							
Fecha del suministro							
Cantidad que se suministra							
Restricciones de empleo							
Normativa que aplica							
Referencia del pedido							
Identificación del vehículo que lo transporta							
2.- CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CUMPLIR							
REQUISITOS		SI	NO	OBSERVACIONES			
Certificados de contenido de cloruro por parte del fabricante							
Certificados Aditivos incorporadores de aire cumplen con Norma ASTM C260							
Certificados Aditivos usados en fabricación de cemento cumplen con norma ASTM C845							
Certificados Aditivos reductores de agua, retardadores y acelerantes cumplen con norma ASTM C1017							
Se realizaron ensayos de compresión conforme a norma ASTM C31 Y C39							
Características mecánicas, estructurales, resistencia y durabilidad cumplen con los requerimientos de resistencia solicitados por el proyecto							
Certificado de garantía del fabricante							
Tiempo mínimo de hormigonado 7 días							
Proporciones típicas del concreto							
Tipo	Proporción volumétrica	Bolsas de cemento (94 lbs.)	Arema M <sup>3</sup>	Piedrin M <sup>3</sup>	Agua (Lts)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Descripción
1	1 : 1.5 : 1.5	12.6	0.53	0.55	226	303	alta resistencia
2	1 : 2 : 2	9.8	0.55	0.55	227	217	alta resistencia
3	1 : 2 : 3	8.4	0.47	0.71	216	165	Resistencia media
4	1 : 2 : 4	7.3	0.41	0.82	211	140	Resistencia media
5	1 : 2.5 : 2	6.7	0.48	0.77	218	118	baja resistencia
6	1 : 3 : 4	6.3	0.53	0.71	224	94	baja resistencia
Fuente: SERCOM. Manual de especificaciones para estación celular. p. 110.							
Realizado por:						Fecha:	
Aprobado por:						Fecha:	

**TABLA 23**

**FICHA DE CONTROL PARA EL ACERO.**

FICHA CONTROL DEL ACERO							
1.- IDENTIFICACIÓN						Rev.	0
Denominación y designación del Acero							
Nombre y dirección empresa que suministra							
Referencia del pedido							
Fecha del suministro							
Identificación del vehículo que lo transporta							
2.- CARACTERÍSTICAS DEL ACERO							
Acero ASTM A-36	SI (Mpa)	Composición química de la colada					
Limite elástico a tensión	248	Carbono	0,26% máx.				
Limite elástico a compresión	248	Manganeso	0,8 - 1,2				
Módulo elástico a tensión	200000	Fósforo	0,04% máx.				
Módulo elástico a compresión	200000	Azufre	0,05% máx.				
Coefficiente de Poisson	0,3	Silicio	0,40% máx.				
Densidad (peso específico)	76,518(kg/cm <sup>2</sup> )	Cobre	0,20% mín.				
Cantidad	Nombre de Elementos	Certificados o Ensayos	Aprobado	Rechazado	Observaciones		
Realizado por:						Fecha:	
Aprobado por:						Fecha:	

TABLA 24

## FICHA DE CONTROL PARA ELEMENTOS DE SUJECIÓN.






FICHA CONTROL DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN							
1.- IDENTIFICACIÓN						Rev.	0
Nombre y dirección empresa que suministra							
Referencia del pedido							
Fecha del suministro							
Identificación del vehículo que lo transporta							
2.- CARACTERÍSTICAS							
				Propiedades mecánicas			
Identificación Grado o Marca	Especificación	Descripción	Material	Tamaño nominal	Prueba de carga (pa)	Limite elastico(pa)	Resistencia a la tracción(pa)
	ASTM A325 TIPO 3	Alta resistencia Pernos estructurales	Acero medio carbono, templado y revenido	1/2 a 1 1-1/8 a 1-1/2	28060 24418	30356 26717	39596 34617
	ASTM A307 A y B	Tornillos Hexagonal G2 A 307	Acero bajo carbono SAE 1010	5/8, 05	10892	11874	19774
	ASTM A706	Barra corrugada - perno andaje	Acero bajo carbono	3/8" - 1 3/8"	-	26334	25855 20109
Identificación Grado o Marca	Especificación	Tamaño nominal (pulgadas)	Prueba de carga tension (MPa)				
	ASTM A563 GRADO DH	1/4" - 1-1/2"	1034				
	ASTM A563 GRADO DH3						
Cantidad	Nombre del Elemento	Certificados o Ensayos	Aprobado	Rechazado	Observaciones		
Comentarios							
Realizado por:						Fecha:	
Aprobado por:						Fecha:	

TABLA 25

## FICHA DE CONTROL PARA CONEXIÓN A TIERRA Y PARARRAYO.

FICHA CONTROL CONEXIÓN A TIERRA Y PARARRAYO				
1.- IDENTIFICACIÓN			Rev.	0
Nombre y dirección empresa que realiza la instalación				
Fecha de instalación				
Fecha de Inspección				
2.- CARACTERÍSTICAS				
Elementos	Detalles		Observaciones	
Soporte	SCH 80-Diametro 2" - Galvanizado			
Cable	AWG 2/0 - Aislador cerámico			
Cable	AWG 2/0 - sin aislamiento			
Pararrayo	Tipo franklin 6 puntas			
Soldadura	Tipo Cadweld - Exotérmica			
Dispositivo cebado	Tipo PDC			
Jabalinas de cobre	Diámetro 15,88mm (5/8") y longitud 1800mm			
3.-CONSIDERACIONES IMPORTANTES				
Especificaciones		Aprobado	Rechazado	Observaciones
Malla cerrada para unión de jabalinas				
Cable enterrado a 6000mm de profundidad				
Compactación del suelo después de instalación jabalinas y cable cobre				
Cámara de inspección de PVC de 8" diámetro, tapa metálica galvanizada y pintada color verde				
Resistencia del suelo menor a 3ohmios				
Potencial menor a 1 voltio				
Altura pararrayo > 6000mm por encima de cualquier otro elemento				
Comentarios				
Realizado por:				Fecha:
Aprobado por:				Fecha:

TABLA 26

## FICHA DE CONTROL PARA ESCALERA ACCESO PORTA HOMBRE.

FICHA CONTROL ESCALERA ACCESO PORTAHOMBRE				
1.- IDENTIFICACIÓN			Rev.	0
Nombre y dirección empresa realiza la instalación				
Fecha de instalación				
Fecha de Inspección				
2.- CARACTERÍSTICAS				
Elementos	Detalles	Observaciones		
Perfiles	Ángulo de L 50mm x 50mm x 6 mm galvanizado			
Peldaños	Varilla de 19mm (3/4") galvanizado			
Línea de vida stopcable	Acero galvanizado de 8mm de diámetro cumple con normas EN 353-1, EN 353-2, EN 358:2000			
Amortiguador de energía	certificado cumplimiento con la norma EN 355:2002			
Guía de cable	Acero inoxidable con aislamiento de caucho			
3.-CONSIDERACIONES IMPORTANTES				
Especificaciones	Aprobado	Rechazado	Observaciones	
Ancho de la escalera es de 500mm				
Separación entre peldaños de 300m				
Protección aro guarda hombre 700mm de diámetro, espaciados cada 800mm y 3 platinas longitudinales				
Anclada a la estructura				
Separación entre guías de cable cada 10000mm				
Comentarios				
Realizado por:		Fecha:		
Aprobado por:		Fecha:		



TABLA 27

## FICHA DE CONTROL PARA PLATAFORMA DE DESCANSO.

FICHA CONTROL PLATAFORMA DE DESCANSO				
1.- IDENTIFICACIÓN			Rev.	0
Nombre y dirección empresa realiza la instalación				
Fecha de instalación				
Fecha de Inspección				
2.- CARACTERÍSTICAS				
Elementos	Detalles	Observaciones		
Perfiles	Ángulo de L 50mm x 50mm x 6 mm galvanizado			
Malla	Varilla de 6mm de diámetro, electo soldada y galvanizada			
Baranda	Tubo de 50,8mm (2") Acero A36, galvanizado			
Puerta abatible	Acero A36, galvanizado			
3.-CONSIDERACIONES IMPORTANTES				
Especificaciones		Aprobado	Rechazado	Observaciones
Cuadros de la malla de 50mm x 50mm				
Apoyos horizontales cada 500mm				
Apoyos longitudinales a lo largo de la plataforma				
Altura de la baranda mayor a 1100mm				
Comentarios				
Realizado por:		Fecha:		
Aprobado por:		Fecha:		

TABLA 28

## FICHA DE CONTROL PARA GUÍA ONDAS VERTICALES.

<b>FICHA CONTROL GUÍA ONDAS VERTICALES</b>				
<b>1.- IDENTIFICACIÓN</b>			Rev.	0
Nombre y dirección empresa realiza la instalación				
Fecha de instalación				
Fecha de Inspección				
<b>2.- CARACTERÍSTICAS</b>				
Elementos	Detalles	Observaciones		
Perfiles	Ángulo de L40mm X 40mm X 4mm galvanizado			
<b>3.-CONSIDERACIONES IMPORTANTES</b>				
Especificaciones		Aprobado	Rechazado	Observaciones
Travesaños espaciados cada 600mmm				
Ancho del Guía onda es de 300mm				
<b>Comentarios</b>				
Realizado por:		Fecha:		
Aprobado por:		Fecha:		

TABLA 29

## FICHA DE CONTROL PARA GUÍA ONDAS HORIZONTALES.

FICHA CONTROL GUÍA ONDAS HORIZONTALES				
1.- IDENTIFICACIÓN			Rev.	0
Nombre y dirección empresa realiza la instalación				
Fecha de instalación				
Fecha de Inspección				
2.- CARACTERÍSTICAS				
Elementos	Detalles	Observaciones		
Pérfiles	Ángulo de L40mm X 40mm X 4mm galvanizado			
3.- CONSIDERACIONES IMPORTANTES				
Especificaciones		Aprobado	Rechazado	Observaciones
Travesaños espaciados cada 600mmm				
Ancho del Guía onda es de 300mm				
Comentarios				
Realizado por:		Fecha:		
Aprobado por:		Fecha:		

TABLA 30

## FICHA DE CONTROL PARA CARGA / DESCARGA.

FICHA CONTROL CARGA / DESCARGA							
Inventario de Elementos						Rev.	0
Tramo	Cantidad	Especificación	Embalaje	Aceptación	Rechazo	Observaciones	
1							
2							
3							
4							
5							
Realizado por:						Fecha:	
Aprobado por:						Fecha:	

**TABLA 31**  
**FICHA DE CONTROL EN OBRA.**

<b>FICHA CONTROL EN OBRA</b>						
<b>DOCUMENTOS EN OBRA</b>					Rev.	0
Tipo de ambiente		Temperatura		Identificación torre		
Humedad relativa		Lugar				
Nombre del documento		SI	NO	Observaciones		
Permiso de trabajo diario						
Permiso ambiental						
Permiso de trabajo en altura						
Planos completos del proyecto						
Especificaciones técnicas de construcción						
Estudios especiales o modificaciones						
Cronograma general de la obra						
Resultados de ensayos y mediciones realizadas						
Libro de obra						
Planes de emergencia						
Certificado WPS						
Certificado PQR						
Especificación trabajos de soldadura						
Inventarios de elementos, marcado e identificación por tramos						
Certificado estudio de verticalidad						
<b>CHECK LIST DE EQUIPOS Y MATERIALES EN OBRA</b>						
Equipos o materiales		SI	NO	OBSERVACIONES		
Generador						
Pluma						
Herramientas manuales (Llaves de corona, llaves de boca, raches)						
Poleas						
Cabos						
Torquímetro						
Teodolito						
Nivel topográfico						
<b>CHECK LIST PERSONAL EN EL SITIO</b>						
PERSONAL		SI	NO	OBSERVACIONES		
Fiscalizador						
Jefe de Seguridad						
Ingeniero Mecánico						
Ingeniero Civil						
Ingeniero Eléctrico						
Contratista						
Experto Ambiental						
<b>Comentarios</b>						
Realizado por:					Fecha:	
Aprobado por:					Fecha:	

**TABLA 32**  
**FICHA DE CONTROL PARA CONTROL ADHERENCIA Y ESPEORES**  
**DEL GALVANIZADO.**

FICHA CONTROL ADHERENCIA Y ESPEORES DEL GALVANIZAO								
1.- Métodos de verificación				Rev.	0			
Norma aplicada:	ASTM A 123	INEN 2 483:2009 INEN 950 INEN 672:2009		<b>Masa y espesor mínimo del galvanizado en artículos <u>no</u> centrifugados</b>				
<b>METODO DE VERIFICACION</b>				Revestido Local (mínimo)		Revestido Medio		
				g/m2	µm	g/m2	µm	
Artículo y su espesor								
Acero ≥ 6 mm				505	70	610	85	
3 mm ≤ Acero < 6 mm				395	55	505	70	
1,5 mm ≤ Acero < 3 mm				325	45	395	55	
Acero < 1,5 mm				250	35	325	45	
Armazones > 6mm				505	70	575	80	
Armazones < 6mm				430	60	505	70	
<b>CODIGO</b>	<b>REQUERIMIENTO</b>	<b>INSTRUMENTO/EQUIPO</b>		<b>Masa y espesor mínimo del galvanizado en artículos <u>centrifugados</u></b>				
<b>M1</b>	MEDICION MAGNETICA	MEDIDOR DE ESPEORES		Revestido Local (mínimo)		Revestido Medio		
<b>M2</b>	METODO DEL RAYADO	GARRRA, LUPA, BROCHA		g/m2	µm	g/m2	µm	
<b>M3</b>	METODO DEL MARTILLO	MARTILLO		Artículo con cebado				
				≥ 20 mm	325	45	395	55
				> 6 mm a ≤ 20 mm	250	35	325	45
				< 6 mm	145	20	180	25
				Otros				
				≥ 3 mm	325	45	395	55
				< 3 mm	250	35	325	45
<b>M4</b>	INSPECCIÓN VISUAL	OJO HUMANO						
2.-Observaciones presentadas durante el ensayo								
Método		Observaciones						
Medición magnética.								
Método del rayado								
Método del martillo								
Inspección visual								
Muestra seleccionada	Elemento	Espesor promedio	Método rayado	Método del martillo	Aceptación	Rechazo		
<b>Comentarios</b>								
Realizado por:				Fecha:				
Aprobado por:				Fecha:				

**TABLA 33**  
**FICHA DE CONTROL PARA PINTURA.**

FICHA CONTROL PINTURA																		
1.- Identificación											Rev.	0						
Nombre empresa						Grado de limpieza												
Nombre del Pintor						Perfil anclaje												
Método de aplicación						Marca comercial Primer												
Apariencia del metal						Marca comercial Intermedio												
Color final torre						Autorización color por el DGAC												
Ambiente Y % Humedad						Marca comercial Acabado												
2.- Observaciones presentadas durante el ensayo																		
AMBIENTE	Tratamiento de superficie		N° Capas	Wash-Primer capa seca (µm)			N° Capas	Intermedia alquídica capa seca(µm)			N° Capas	Acabado alquídica capa seca (µm)		Espesor total(µm)	CODIGO	CLASE	RESINA	PIGMENTOS
	Normal	Agresiva		Desengrase y lijado	1	8-12		T15	1	20		T16	2					
RURAL	Normal	Desengrase y lijado	1	8-12	T15	1	20	T16	2	25	T2	80	T2	Acabado	Alquídica en aceite de linaza	Minio rojo(Pb3O4)		
	Agresiva	Desengrase y lijado	1	8-12	T15	1	35	T16	2	30	T2	105	T8	Primer	Epoxi-Amina	Óxido de hierro (Fe2O4) y cargas minerales		
URBANA	Normal	Desengrase y arenado ligero	1	15-20	T17	1	20	T16	2	25	T2	90	T9	Acabado	Poliuretano Asfáltico	Dióxido de Titanio (TiO2)		
	Agresiva	Desengrase y arenado ligero	1	15-20	T17	1	35	T16	2	30	T2	115	T15	Wash-Primer	Polivinilbutiral	Cromato de zinc, Carbon negro y talco		
MARINA	Desengrase y lijado	1	8-12	T15	1	45	T8	2	30	T9	117	T16	Intermedia	Alquídica	Óxido de hierro micaceo (MIO), óxido de hierro negro (Fe3O4) y cargas minerales			
COSTERA E INDUSTRIAL	Desengrase y arenado ligero	1	15-20	T17	1	45	T8	2	30	T9	125	T17	Pintura adherencia	Epoxi-isocianato	Óxido de hierro (Fe2O4) y cargas minerales			
Nota: Todos los componentes de la torre deben estar pintados con el mismo sistema de pinturas																		
3.- Características																		
Método de medición de espesores																		
Marca y modelo del instrumento																		
Espesor de Primer						Espesor Intermedio						Espesor acabado						
Espesor total						Aceptado						Rechazado						
4.- Reparaciones																		
Elementos con fallas		Método de corrección		Tipo de pintura		Cumple con ASTM A780		Comentarios y Observaciones										
Realizado por:												Fecha:						
Aprobado por:												Fecha:						

**TABLA 34**  
**FICHA DE CONTROL PARA EL SUELO.**

<b>FICHA CONTROL SUELO</b>						
<b>INFORMACIÓN RESPONSABLE TECNICO</b>					<b>Rev.</b>	<b>0</b>
Nombre empresa						
Nombre del Ingeniero responsable						
Fecha Inicio						
Fecha Fin						
<b>ENSAYOS A REALIZAR</b>						
ENSAYOS	SI	NO	OBSERVACIONES			
Perforación estándar						
Muestras Shelby						
Ensayos de Humedad						
Ensayos de granulometría						
Limite líquido						
Limite plástico						
Densidad Natural						
Determinación de PH						
Conductividad						
Resistividad						
<b>Comentarios</b>						
Realizado por:					Fecha:	
Aprobado por:					Fecha:	



**TABLA 35**  
**FICHA DE CONTROL PARA TORQUES.**

FICHA CONTROL TORQUES					
Nombre empresa				Fecha Inicio	
Nombre persona responsable				Fecha Fin	
1.- Métodos de verificación				Rev.	0
Tamaño	Unidades	ASTM A325 TIPO 3	Equipo	Certificado de calibración	Observaciones
1/2"	KIP	12	Torquímetro		
5/8"	KIP	19	Llave dinamométrica		
3/4"	KIP	28	Otro		
Muestra seleccionada					
7/8"	KIP	39	Ajuste de un 20% de las tuercas, pernos de manera aleatoria, rechazando valores mayores al $\pm 5\%$ del ajuste establecido.		
1"	KIP	51	Observaciones		
1.1/8"	KIP	56	Base de la torre		
1.1/4"	KIP	71	Tramo I		
1.3/8"	KIP	85	Tramo II		
			Tramo III		
1.1/2"	KIP	103	Tramo IV		
IGUAL AL 70% DE LA RESISTENCIA MÍNIMA PARA PERNOS, INDICADO POR LAS NORMAS RCSC			Tramo V		
			Tramo VI		
Comentarios					
Realizado por:					Fecha:
Aprobado por:					Fecha:

**TABLA 36**  
**FICHA DE CONTROL AMBIENTAL.**

<b>FICHA CONTROL AMBIENTAL</b>				
<b>1.- INFORMACIÓN</b>			<b>Rev.</b>	<b>0</b>
Nombre empresa				
Nombre de persona responsable				
Fecha Inicio				
Fecha Fin				
<b>2.- Control ambiental</b>				
	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	
Manejo de desechos sólidos				
Manejo de tierra desalojada				
Control de vehículos y maquinaria				
Señalización y delimitación de sitios temporales para almacenamiento de desechos				
Disposición de residuos de vegetación y basura común al Recolector Municipal				
Disposición de residuos de plásticos a Empresa recicladora				
Disposición de residuos de metálicos a Empresa recicladora				
Disposición de residuos químicos y pinturas a Empresa Autorizada para manejo de este tipo de residuos				
Programa de manejo ambiental				
Programa de capacitación y educación ambiental al personal				
Contenedores cuentan con identificación				
<b>Comentarios</b>				
Realizado por:			Fecha:	
Aprobado por:			Fecha:	

**TABLA 37**  
**FICHA DE CONTROL DE TRABAJO EN ALTURA Y SEGURIDAD**  
**OCUPACIONAL.**

<b>FICHA CONTROL DE TRABAJO EN ALTURA Y SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>			
1.- Información		Rev.	0
Nombre empresa			
Nombre de persona responsable			
Fecha Inicio			
Fecha Fin			
2.- Check List de Control			
	SI	NO	OBSERVACIONES
Capacitación al personal sobre riesgos de trabajo en altura y medidas a emplear			
Correcta utilización de equipos de protección por parte del personal			
Control de vehículos y maquinaria			
Inspección de equipos contra caídas al inicio del proyecto			
Peso máximo de herramientas por trabajador 20kg			
Uso de faja lumbar por parte de personal de trabajo en altura			
Herramientas son transportadas en un bolso fijado al arnés con una argolla y piola			
Realización de test Psicológico al personal que trabaja en altura			
3.- Check List de EPPS			
EPPS	SI	NO	OBSERVACIONES
Arnés de cuerpo completo con doble cabo de vida debe cumplir los requisitos de la norma UNE-EN-3			
Sistema de amarre con absorbedor UNE-EN-355			
Cinturones de seguridad			
Eslinga de posicionamiento			
Guantes con recubrimiento antideslizante			
Uniforme de trabajo			
Gafas con especificaciones 4C, filtro UV, antiempañantes, antiestáticas, de alto impacto y asegurada con piola			
Botas dieléctricas, antideslizantes			
Casco seguridad con barbuquejo			
Comentarios			
Realizado por:		Fecha:	
Aprobado por:		Fecha:	

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Se concluye lo siguiente:

1. Se evidencio del trabajo de campo que se realizó en una muestra de 15 radio bases algunos problemas de calidad de materiales y defectos de montaje e instalación.
2. No existen reglas claras que estandaricen el proceso de construcción de torres autosoportadas habiendo gran variabilidad y mala calidad en los componentes.
3. El país no cuenta con una normativa que establezca los procedimientos de construcción para torres autosoportadas de telecomunicaciones.
4. De acuerdo al análisis causa efecto, la dispersión en componentes, accesorios y la falta de protección anticorrosiva provocaron corrosión al cable de línea de vida, el tensor de línea de vida y la plataforma de

descanso, que ponen en peligro la seguridad de los trabajadores que realizan mantenimiento o instalaciones.

5. Es evidente la falta de un sistema adecuado de galvanizado en caliente y un sellado de pintura que permita una mayor durabilidad.
6. Al no existir procedimientos en la fase de diseño civil se detectaron problemas de hundimiento de terreno en cimentación y zonas de electrodos.
7. La investigación realizada puede servir como guía para el proceso constructivo y estandarización de torres por parte de los entes estatales de normalización y del sector de telecomunicaciones.

## **Recomendaciones**

Se recomienda lo siguiente:

1. Exigir el cumplimiento de las especificaciones técnicas para eliminar problemas existentes en las nuevas torres.
2. Intervención por parte de organismos estatales de control para evaluar las condiciones existentes de las demás estaciones bases en el Ecuador.
3. Calificar proveedores de materiales e insumos de forma que se asegure el cumplimiento de los estándares de calidad.
4. Implementar programas de capacitación para los técnicos del organismo estatal de telecomunicaciones y de los contratistas que puede ser provisto por expertos de instituciones de educación superior.
5. Solicitar procedimientos de trabajo a los contratistas que establezcan, apliquen y adecuen reglas destinadas a mejorar la calidad.
6. Para trabajos futuros, se sugiere la participación de empresas consultoras para diseño de ingeniería y fiscalización que realicen el control previo a la convocatoria de concursos para construcción de torres autosoportadas.
7. La realización de una normativa por parte de algún organismo estatal de control y normalización para la construcción de las torres autosoportadas.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

### Informes de las Estaciones Bases

REPORTE DE INSPECCIÓN	
<b>Estación</b>	RBS JANDRADE
<b>Estructura</b>	T. Autoportada
<b>Lugar</b>	Cerro Santa Ana - Guayas
<b>Altura</b>	60m
<b>Zona</b>	5
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural
<b>Alrededores</b>	Piedra y Maleza
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura
	• Reajuste de pernos



REPORTE DE INSPECCIÓN	
<b>Estación</b>	Santo Domingo 3
<b>Estructura</b>	T. Autoportada
<b>Lugar</b>	Santo Domingo
<b>Altura</b>	50m
<b>Zona</b>	4
<b>Ambiente</b>	C3; Área urbana
<b>Alrededores</b>	Piedra
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura
	• Reajuste de pernos
	• Pernos corroídos
	• Perfiles corroídos
	• Sujetadores corroídos
	• Placas metálicas corroídas





## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	Mangacura	
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada	
<b>Lugar</b>	Manabí	
<b>Altura</b>	40 m	
<b>Zona</b>	4	
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural	
<b>Alrededores</b>	Piedra y maleza	
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura	
	• Reajuste de pernos	
	• Pernos corroídos	


## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	RBS Mira	
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada	
<b>Lugar</b>	Carchi	
<b>Altura</b>	40 m	
<b>Zona</b>	1	
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural	
<b>Alrededores</b>	Piedra	
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura	
	• Reajuste de pernos	
	• Pernos corroídos	
	• Hundimiento del terreno en área de electrodos	

## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	Yuracruz New	
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada	
<b>Lugar</b>	Ibarra	
<b>Altura</b>	50 m	
<b>Zona</b>	1	
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural	
<b>Alrededores</b>	Piedra	
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura	
	• Reajuste de pernos	
	• Pernos o corroídos	

## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	RBS Chorlavi	
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada	
<b>Lugar</b>	Ibarra	
<b>Altura</b>	70 m	
<b>Zona</b>	1	
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural	
<b>Alrededores</b>	Piedra	
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura	
	• Reajuste de pernos	
	• Pernos corroídos	
	• Espárragos corroídos	
	• Sujetadores corroídos	

## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	RBS Imbabuela	
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada	
<b>Lugar</b>	Ibarra	
<b>Altura</b>	50 m	
<b>Zona</b>	1	
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural	
<b>Alrededores</b>	Piedra	
<b>Observaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento de pintura</li> <li>• Reajuste de pernos</li> <li>• Pernos corroídos</li> </ul>	

## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	RBS Tandapí	
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada	
<b>Lugar</b>	Santo Domingo	
<b>Altura</b>	50 m	
<b>Zona</b>	1	
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural	
<b>Alrededores</b>	Maleza	
<b>Observaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento de pintura</li> <li>• Reajuste de pernos</li> <li>• Pernos corroídos</li> <li>• Falta tuerca en anclaje</li> <li>• Hundimiento en losa de base</li> <li>• Hundimiento en área de electrodos</li> </ul>	

## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	RBS Sague	
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada	
<b>Lugar</b>	Esmeraldas	
<b>Altura</b>	50 m	
<b>Zona</b>	1	
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural	
<b>Alrededores</b>	Piedra y Maleza	
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura	
	• Reajuste de pernos	
	• Pernos corroídos	
	• Sujetadores corroídos	
	• Plataforma descanso corroída	
	• Espárragos corroídos	

## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	RBS Sabanilla	
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada	
<b>Lugar</b>	Loja	
<b>Altura</b>	60 m	
<b>Zona</b>	7	
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural	
<b>Alrededores</b>	Piedra y Maleza	
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura	
	• Reajuste de pernos	
	• Pernos corroídos	
	• Sujetadores corroídos	
	• Plataforma descanso corroída	
	• Espárragos corroídos	
	• Caballete fisurado	
	• Perfiles corroídos	
		

## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	RBS Cerro Blanco (Torre Colapsada)	
<b>Estructura</b>	T. Autoportada	
<b>Lugar</b>	Guayaquil	
<b>Altura</b>	60 m	
<b>Zona</b>	5	
<b>Ambiente</b>	C2; Área rural	
<b>Alrededores</b>	Cemento y Maleza	
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura	
	• Pernos anclaje corroídos	
	• Pernos corroídos	
	• Sujetadores corroídos	
	• Placa base fisurada	
	• Espárragos corroídos	

## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	RBS Febres Cordero	
<b>Estructura</b>	T. Autoportada	
<b>Lugar</b>	Guayaquil	
<b>Altura</b>	35 m	
<b>Zona</b>	5	
<b>Ambiente</b>	C3; Área urbana	
<b>Alrededores</b>	Edificios	
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura	
	• Sujetadores corroídos	
	• Pernos corroídos	
	• Arandelas corroídas	
	• Pernos cortados y con corrosión	
	• Espárragos corroídos	
	• Channels corroídos	
	• Abrazaderas corroídas	
• Perfiles portacables corroídos		



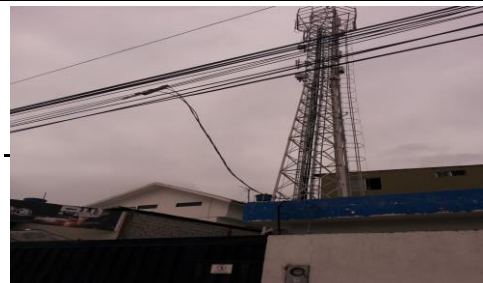
## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	RBS El cisne
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada
<b>Lugar</b>	Guayaquil
<b>Altura</b>	40 m
<b>Zona</b>	5
<b>Ambiente</b>	C3; Área urbana
<b>Alrededores</b>	Edificios
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura
	• Sujetadores corroídos
	• Pernos corroídos
	• Arandelas corroídas
	• Pernos cortados y con corrosión
	• Espárragos corroídos
	• Channels corroídos
	• Abrazaderas corroídos
• Perfiles portacables corroídos	



## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	Central Aeropuerto
<b>Estructura</b>	T. Autosoportada
<b>Lugar</b>	Guayaquil
<b>Altura</b>	45 m
<b>Zona</b>	5
<b>Ambiente</b>	C3; Área urbana
<b>Alrededores</b>	Edificios, cemento y maleza
<b>Observaciones</b>	• Desprendimiento de pintura
	• Sujetadores corroídos
	• Pernos corroídos
	• Arandelas corroídas
	• Pernos cortados y con corrosión
	• Espárragos corroídos
	• Channels corroídos
	• Abrazaderas corroídas
• Tensor de línea de vida corroído	



## REPORTE DE INSPECCIÓN

<b>Estación</b>	Central Salinas I	
<b>Estructura</b>	T. Autoportada	
<b>Lugar</b>	Salinas	
<b>Altura</b>	50 m	
<b>Zona</b>	5	
<b>Ambiente</b>	C5; Área costera	
<b>Alrededores</b>	Edificios y mar	
<b>Observaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desprendimiento de pintura</li><li>• Sujetadores corroídos</li><li>• Perfiles corroídos</li><li>• Pernos corroídos</li><li>• Arandelas corroídas</li><li>• Tensor de línea de vida corroído</li><li>• Pernos cortados y con corrosión</li><li>• Espárragos corroídos</li><li>• Channels corroídos</li><li>• Abrazaderas corroídos</li><li>• Cable línea de vida corroído</li></ul>	

## APÉNDICE B

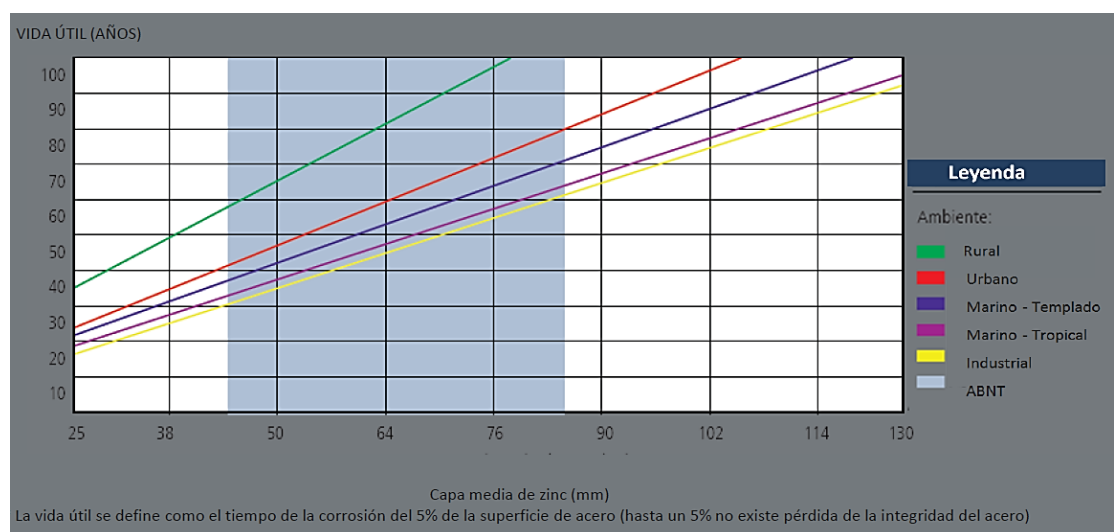
### Gráfico clasificación de ambientes corrosivos

**Clasificación de ambientes según norma ISO 12944-2**

Categoría de Corrosividad	Exterior	Interior
<b>C1 muy baja</b>	--	Edificios con calefacción y con atmósferas limpias, por ejemplo: oficinas, tiendas, colegios, hoteles
<b>C2 baja</b>	Atmósferas con bajos niveles de contaminación. Áreas rurales en su mayor parte	Edificios sin calefacción donde pueden ocurrir condensaciones, por ejemplo: almacenes polideportivos.
<b>C3 media</b>	Atmósferas urbanas e industriales con moderada contaminación de dióxido de azufre. Áreas costeras con baja salinidad	Naves de fabricación con elevada humedad y con algo de contaminación del aire, por ejemplo: plantas de procesado de alimentos, lavanderías, plantas cerveceras, plantas lácteas.
<b>C4 alta</b>	Áreas industriales y costeras con moderada salinidad	Plantas químicas, piscinas, barcos costeros y astilleros.
<b>C5I muy alta industrial</b>	Áreas industriales con elevada humedad y con atmósfera agresiva	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes, y con contaminación elevada.
<b>C5M muy alta marina</b>	Áreas costeras y marítimas con elevada salinidad	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes, y con contaminación elevada.

## APÉNDICE C
















### Gráfico del revestimiento en función de su espesor y el medio ambiente al que pertenece.





## APÉNDICE D

### SÍMBOLOS PARA EL MERCADO DE EMBALAJES (NRF-296-PEMEX-2013)

No.	Designación	Símbolo	Explicación
1	Frágil maneje con cuidado		Se aplica a cargas fácilmente de romper por lo que envases o embalajes que lleven este símbolo deben manejarse cuidadosamente sin volcarse o colgarse
2	No usar ganchos		Los ganchos quedan prohibidos
3	Este lado hacia arriba		Indica la posición correcta del envase y/o embalaje
4	Proteger del sol		Durante el transporte el envase y/o embalaje no puede ser expuesto a la luz solar
5	Reciclable		El envase y/o embalaje puede ser reutilizado o reciclado.
6	Reciclado		El material empleado para su fabricación ha sido reciclado y es aplicado para papel, plástico y vidrio.
7	Proteger de la lluvia		El envase y/o embalaje durante el transporte no debe ser expuesto a la lluvia.
8	Peligro de incendio		El contenido del envase y/o embalaje puede inflamarse si existe una causa de fuego.
9	Centro de gravedad		De ser posible el centro de gravedad se debe localizar en las seis caras del envase y/o embalaje, y en las cuatro caras laterales referentes a la actual localización del centro de gravedad.
10	No rodar		El envase y/o embalaje durante su transporte no debe ser rodado.
11	No usar carretilla		Para el transporte de este envase y/o embalaje no se debe usar carretilla.
12	No usar montacargas.		El envase y/o embalaje no debe ser manejado por montacargas.
13	Usar y no usar abrazaderas		Se debe marcar apropiadamente y debe estar localizado en dos caras opuestas del envase y/o embalaje de manera que esté en el rango visual del operador del montacargas cuando este se aproxime a transportarlo; el símbolo no debe ser marcado en aquellas caras del envase y/o embalaje en las que sean sujetadas por las abrazaderas.
14	Estiba máxima en número		Debe indicar la estiba máxima en número. La letra -n- indica el número máximo de envases y/o embalajes.
15	Estiba máxima en masa		Debe indicar la estiba máxima en masa permitida en la distribución del envase y/o embalaje, una aplicación inadecuada podría ocasionar una mala interpretación de la aplicación

## BIBLIOGRAFÍA

1. Norma EIA/TIA-222 G-(2006).
2. Código AISC (2010). pp. 69, 72, 75-79, 84, 194, 199, 243
3. Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). pp.22, 23, 36, 77, 90.
4. Sociedad Americana de Ensayo de Materiales. Especificaciones para ASTM A-36, ASTM A-325, ASTM A-123, ASTM A-563, ASTM A-307, ASTM A-706.
5. Código AWS D1.1 (2010). pp. 61-63, 130.
6. Guía para Galvanizado en Caliente por la Asociación Latinoamericana de Zinc LATIZA con autorización del Instituto de Metales no Ferrosos- ICZ de Brasil. pp.6, 7, 17.
7. CYTED-Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica- Parte II. (pp.345-358).
8. Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 602 (1981). pp.5, 6.
9. NRF-296-PEMEX-2013 Embalaje y Marcado De Equipo y Materiales para su Transporte A Las Instalaciones Terrestres Y Costa Afuera. pp.12-15, 20, 21, 30, 32, 37, 49, 59, 65.
10. Guía de trabajo seguro en torres de telecomunicaciones- Ministerio de la protección social de la Republica de Colombia. pp.21, 25, 31, 35, 39, 41, 45, 46, 52, 61, 65, 73.

11. Norma Técnica de Prevención por el Centro Nacional de Medios de Protección: Sistemas anti caídas. Componentes y elementos (2007). pp.1 a 4.
12. Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.  
<http://www.derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Ley-Prevencion-Control-Contaminacion-Ambiental.html>. (2015)
13. Criterios De Supervisión Para Proyectos De Telecomunicaciones Digitales Universidad de San Carlos de Guatemala-2012. pp. 6, 15 22, 23, 29, 30, 37, 79, 80, 81, 82.
14. Código Internacional de la Construcción (2010). pp. 3, 7, 9, 308,309, 315, 340, 383, 389, 402, 417, 419, 447.
15. [http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista\\_supertel\\_16\\_final.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf)
16. <http://www.emfexplained.info/spa/?ID=24794a>
17. <http://www.wifisafe.com/sd-58-3360-stella-doradus-antena-omnidireccional-13-dbi.html>
18. <http://ingangeletti.com/category/mastiles-de-comunicaciones/page/2/>
19. <http://telergia.blogs.com/telergia/2008/08/tipos-de-torres.html>
20. [http://altoacero.com/?page\\_id=85](http://altoacero.com/?page_id=85)
21. <http://nsglatinoamerica.pe/Fabricacion%20de%20Torres.html>
22. <http://www.sistemex.com.mx/sistemasiluminacion.html>
23. [http://www.protorq.cl/detalle\\_noticia.php?act\\_codigo=2](http://www.protorq.cl/detalle_noticia.php?act_codigo=2)