

01121  
72



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL  
TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA

## “EL INGENIERO CIVIL EN PROYECTOS DE RED DE TELECOMUNICACIÓN INALÁMBRICA CDMA.”

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:  
**MARCELO IZAGUIRRE CASTRO**



DIRECTOR DE TESIS :  
ING. HUMBERTO GARDEA VILLEGAS

MÉXICO, D.F. ,

2003

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# **PAGINACION DISCONTINUA**

**Dedico mi tesis a mi mamá Ofelia Castro vda. De Izaguirre, a mi papá  
Alfredo Izaguirre Cruz, a mi hermano Alfredo Izaguirre Castro.**

**A mi sobrino Baltazar Arabi Izaguirre.**

**A mi novia Lizette González Vales.**

**A mi hermana Patricia Izaguirre Castro y a mi hermano Vicente  
Ballester Torregrosa**

**A mi hermana Graciela Izaguirre Castro.**

**A mi hermana Alicia Izaguirre Castro.**

**A mi sobrino Alfredo Arabi Izaguirre.**

# ÍNDICE GENERAL

## **PÁGINA 1**

INTRODUCCIÓN

## **PÁGINA 3**

**CAPÍTULO I: CAMPO DE DESARROLLO PROFESIONAL DEL INGENIERO CIVIL EN LAS EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES, DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN DE LOS DOS TIPOS PRINCIPALES DE INSTALACIONES (EDIFICIO DEL SWITCH Y SITIO CELULAR).**

**I.1. TIPOS DE TECNOLOGÍA.**

**I.1.1 TDMA (División de Tiempo de Múltiple Acceso /Time Division Multiple Access).**

**I.1.2 FDMA (División de Frecuencia de Múltiple Acceso /Frequency Division Multiple Access).**

## **PÁGINA 4**

**I.1.3 CDMA (División de Código de Múltiple Acceso /Code Division Multiple Access).**

**I.2. EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES.**

## **PÁGINA 6**

**I.3. INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES.**

**I.3.1 CONCEPTO DE CELDA.**

## **PÁGINA 7**

**I.3.2 SITIO CELULAR.**

## **PÁGINA 8**

**I.3.3 MTSO (EDIFICIO DEL SWITCH)(OFICINA DE SWITCHING/ DIRECCIONAMIENTO PARA TELÉFONO MÓVIL/ MOBILE TELEPHONE SWITCHING OFFICE).**

## **PÁGINA 9**

**I.3.4 UNIDAD MÓVIL (APARATO CELULAR).**

- 1.4. CAMPO DE DESARROLLO DEL INGENIERO CIVIL.**
- 1.4.1 ADQUISICIÓN DE SITIOS (SITE ACQUISITION "SA").**

## **PÁGINA 10**

- 1.4.2 INGENIERÍA DE SITIO (SITE ENGINEERING "SE").**
- 1.4.3 INGENIERO DE PROYECTO (PROJECT ENGINEER "PE").**
- 1.4.4 SUPERVISOR DE CONSTRUCCIÓN (CONSTRUCTION SUPERVISOR "CS").**
- 1.4.5 GERENTE O ADMINISTRADOR DE PROYECTOS (PROJECT MANAGER "PM").**

## **PÁGINA 13**

### **CAPÍTULO II: PLANEACIÓN DE PROYECTO Y DESCRIPCIÓN DEL APOYO DE LAS ÁREAS DE LA INGENIERÍA CIVIL (INGENIERÍA DE SISTEMAS Y CONSTRUCCIÓN) EN ESTE PROCESO.**

- II.1 ETAPAS DE PROYECTO PARA SITIOS CELULARES (RADIO BASE).**
- II.1.1 EVALUACIÓN DE SITIO.**

## **PÁGINA 14**

- II.1.1.1 CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE SITIOS CELULARES.**
- II.1.1.1.1 En cuanto a los equipos de telecomunicaciones se clasifican en:**

- a) INTERIORES (INDOOR).**
- b) EXTERIORES (OUTDOOR).**

## **PÁGINA 15**

- II.1.1.1.2 En cuanto a la ubicación de los equipos y las estructuras donde irán instaladas las antenas se clasifican principalmente como:**

- a) AZOTEA (ROOFTOP).**

## **PÁGINA 16**

- b) TERRENO (RAW LAND).**
  - c) MIXTO.**
- II.1.1.1.3 En cuanto al contenedor (Shelter) o cuarto para la instalación de los equipos, se clasifican como:**
  - a) EN CONTENEDOR (IN SHELTER).**

## **PÁGINA 21**

- b) EN EDIFICIO (IN BUILDING).

## **PÁGINA 22**

II.1.1.1.4 En cuanto al tipo de estructura utilizada para instalar las antenas se pueden identificar las siguientes:

- a) TORRE AUTO-SOPORTADA.
- b) TORRE AUTO-SOPORTADA ESBELTA.

## **PÁGINA 23**

- c) MONOPOLO.
- d) TORRES ARRIOSTRADAS.

## **PÁGINA 24**

II.1.1.2 DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES Y TRABAJOS.

II.1.1.2.1 ESTUDIOS REQUERIDOS SEGÚN EL TIPO DE SITIO.

- a) ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
- b) ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

## **PÁGINA 25**

II.1.1.2.2 ACTIVIDADES Y TRABAJOS.

II.1.2 PREPARACIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

- a) DATOS GENERALES DEL SITIO.
- b) CIMENTACIÓN.
- c) ESTRUCTURA.
- d) OBRAS COMPLEMENTARIAS.

## **PÁGINA 26**

- e) SISTEMA DE TIERRAS.
- f) CONTENEDOR O CUARTO PARA EQUIPOS Y EQUIPOS.
- g) TORRE, MONOPOLO O MÁSTILES.

II.1.3 CONSTRUCCIÓN.

- a) LIMPIEZA DE TERRENO.
- b) ACCESOS.
- c) MECÁNICA DE SUELOS.

## **PÁGINA 27**

- d) ANÁLISIS ESTRUCTURAL.
- e) EXCAVACIONES Y NIVELACIONES.
- f) CIMBRADO.
- g) ARMADO.
- h) COLADO DE CONCRETO.
- i) ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS DE ACERO.
- j) IZADO CON GRÚA.
- k) ARMADO DE TORRE O MÁSTILES.
- l) SISTEMA DE TIERRAS.
- m) ACABADOS.

## **PÁGINA 28**

### **II.1.4 INSTALACIÓN E IMPLEMENTACIÓN.**

- a) TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS.
- b) INSTALACIÓN.
- c) PUESTA EN MARCHA.

## **PÁGINA 29**

### **II.2 DESCRIPCIÓN DE ETAPAS DE PROYECTO PARA EL EDIFICIO DEL SWITCH.**

- a) EDIFICIO DEL SWITCH (MTSO).
- b) PLANTA DE EMERGENCIA.
- c) TORRE.
- d) ESTACIONAMIENTO.

## **PÁGINA 30**

### **II.2.1 EVALUACIÓN DE SITIO.**

#### **II.2.1.1 DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES Y TRABAJOS.**

## **PÁGINA 31**

### **II.2.1.1.1 ESTUDIOS REQUERIDOS PARA EL SITIO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO.**

#### **II.1.1.1.2 ACTIVIDADES Y TRABAJOS.**

### **II.2.2 PREPARACIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.**

- a) DATOS GENERALES DEL SITIO.



## **PÁGINA 32**

- b) CIMENTACIÓN.
- c) ESTRUCTURA.
- d) OBRAS COMPLEMENTARIAS.
- e) SISTEMA DE TIERRAS Y ENERGÍA.
- f) TORRE O MONOPOLO.
- g) PLANOS DE INSTALACIÓN.

### **II.2.3 CONSTRUCCIÓN.**

## **PÁGINA 33**

- a) LIMPIEZA DE TERRENO.
- b) ACCESOS.
- c) EXCAVACIONES Y NIVELACIONES.
- d) CIMBRADO.
- e) ARMADO.
- f) COLADO DE CONCRETO.
- g) ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS DE ACERO.
- h) IZADO CON GRÚA.
- i) ARMADO DE TORRE, MONOPOLO O MÁSTILES.
- j) SISTEMA DE TIERRAS.
- k) ACABADOS.

## **PÁGINA 34**

### **II.2.4 INSTALACIÓN E IMPLEMENTACIÓN.**

- a) TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS.
- b) INSTALACIÓN.
- c) PUESTA EN MARCHA.

## **PÁGINA 35**

### **II.3 CONTROL DE PROYECTO.**

- a) ALCANCES Y ETAPAS DE PROYECTO.
- b) ADMINISTRACIÓN DEL TIEMPOS.
- c) ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS.
- d) ADMINISTRACIÓN DEL COSTO.
- e) ADMINISTRACIÓN DE LOS RIESGOS.
- f) LA ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD.
- g) ADMINISTRACIÓN DE LAS ADQUISICIONES.

## **PÁGINA 36**

h) ADMINISTRACIÓN DE LAS COMUNICACIONES.

## **PÁGINA 37**

**CAPÍTULO III: PROCESO DE INGENIERÍA PARA SITIOS CELULARES  
(RADIO BASE) APOYÁNDOSE DE LAS ÁREAS DE LA INGENIERÍA  
CIVIL (CONSTRUCCIÓN, GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS).**

**III.1 PROCESO DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL SITIO CELULAR.**

## **PÁGINA 38**

**III.1.1 ACTIVIDADES PRINCIPALES EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN Y  
CONSTRUCCIÓN DEL SITIO CELULAR.**

- a) LIMPIEZA DE TERRENO.
- b) ACCESOS.

## **PÁGINA 39**

- c) MECÁNICA DE SUELOS.

## **PÁGINA 43**

- d) ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

## **PÁGINA 44**

- e) EXCAVACIONES, NIVELACIONES, TERRAPLENES.
- f) CIMBRADO.

## **PÁGINA 46**

- g) ARMADO.

## **PÁGINA 48**

- h) COLADO DE CONCRETO.

## **PÁGINA 51**

- i) ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS DE ACERO.

## **PÁGINA 53**

- j) IZADO CON GRÚA.
- k) ARMADO DE TORRE, MONOPOLO O MÁSTILES.

## **PÁGINA 62**

- l) SISTEMA DE TIERRAS.

## **PÁGINA 64**

- m) ACABADOS.

## **PÁGINA 67**

### **III.2 INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPO.**

## **PÁGINA 71**

### **III.3 DOCUMENTACIÓN.**

#### **III.3.1 PLANOS DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS PARA CONTENEDORES.**

## **PÁGINA 77**

### **CAPÍTULO IV: INGENIERÍA PARA EL EDIFICIO DEL SWITCH APOYÁNDOSE DE LAS ÁREAS DE LA INGENIERÍA CIVIL (CONSTRUCCIÓN, GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS).**

#### **IV.1 PROCESO DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DEL SWITCH.**

- a) EDIFICIO DEL SWITCH (MTSO).

## **PÁGINA 82**

- b) PLANTA DE EMERGENCIA.

## **PÁGINA 83**

- c) TORRE.
- d) ESTACIONAMIENTO.

## **PÁGINA 84**

### **IV.1.1 ACTIVIDADES PRINCIPALES EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL SITIO CELULAR.**

- a) LIMPIEZA DE TERRENO.
- b) ACCESOS.
- c) MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIÓN.

## **PÁGINA 86**

- d) ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

## **PÁGINA 88**

- e) EXCAVACIONES, NIVELACIONES, TERRAPLENES.
- f) CIMBRADO.
- g) ARMADO.

## **PÁGINA 90**

- h) COLADO DE CONCRETO.

## **PÁGINA 92**

- i) ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS DE ACERO.
- j) IZADO CON GRÚA.

## **PÁGINA 93**

- k) ARMADO DE TORRE O MONOPOLO.

## **PÁGINA 96**

- l) SISTEMA DE TIERRAS.

## **PÁGINA 99**

- m) ACABADOS.

### **IV.2 INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPO.**

### **IV.3 DOCUMENTACIÓN.**

## **PÁGINA 121**

**CAPÍTULO V: IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO CIVIL EN LA INDUSTRIA DE LAS TELECOMUNICACIONES.**

**V.1 IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO CIVIL EN PROYECTOS DE TELECOMUNICACIÓN INALÁMBRICA.**

## **PÁGINA 127**

**V.2 ÁREAS PRINCIPALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL QUE APOYAN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO DE TELECOMUNICACIONES.**

## **PÁGINA 131**

**V.3 PROPUESTA DE ÁREAS NUEVAS A INCLUIR EN LA PREPARACIÓN ACADÉMICA DE UN INGENIERO CIVIL.**

## **PÁGINA 133**

**CONCLUSIONES.**

## **PÁGINA 135**

**ACRÓNIMOS / GLOSARIO.**

## **PÁGINA 137**

**BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN.**

# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO I

- Fig. I.1** Diagrama de la configuración de celdas, torres para antenas y ejemplo de usuarios móviles.
- Fig. I.2** Diagrama de un sitio celular.
- Fig. I.3** Fotografía de un sitio celular.
- Fig. I.4** Diagrama de un ejemplo de la configuración interna de un edificio del switch / MTSO.
- Fig. I.5** Fotografías mostrando la distribución de equipos en filas dentro del cuarto del switch en el MTSO.
- Fig. I.6** Fotografías con ejemplos de unidad móvil / aparato celular.

## CAPÍTULO II

- Fig. II.1** Fotografía de un equipo para interiores en sitios celulares.
- Fig. II.2** Fotografía de un equipo para exteriores en sitios celulares.
- Fig. II.3** Fotografía de una plataforma construida en azotea para la instalar equipos para exteriores.
- Fig. II.4** Fotografía de un sitio celular instalado en un terreno usando un contenedor y torre auto-soportada.
- Fig. II.5** Fotografía de un contenedor o shelter para la instalación de equipos para interiores.
- Fig. II.6** Fotografías de barras de cobre para el sistema de tierra del contenedor o shelter.
- Fig. II.7** Fotografía de un tablero de energía de un sitio celular.
- Fig. II.8** Fotografía de la escalerilla para el transporte de cables en contenedores o shelters.
- Fig. II.9** Fotografía del sistema de iluminación de un contenedor.
- Fig. II.10** Fotografía de las unidades de aire acondicionado para contenedores.
- Fig. II.11** Fotografía del sistema contra incendios de un shelter.
- Fig. II.12** Fotografía de los tableros para el control de alarmas.
- Fig. II.13** Fotografías de la parte inferior y superior de una torre auto soportada de tres patas.
- Fig. II.14** Fotografía de un monopolo para soporte de antenas.
- Fig. II.15** Fotografía de la parte superior de una torre arriostrada.

## CAPÍTULO III

- Fig. III.1** Fotografía de sitio en un terreno.
- Fig. III.2** Fotografía de sitio en azotea.
- Fig. III.3** Fotografía del acceso a un sitio en azotea para maquinaria y equipo.
- Fig. III.4** Diagrama que representa los diferentes tipos de cimentaciones profundas.
- Fig. III.5** Fotografía estructura de concreto.

- Fig. III.6** Fotografía de plataforma de acero.
- Fig. III.7** Fotografía de proceso de colocación de cimbrado para concreto.
- Fig. III.8** Fotografía de retiro parcial de cimbra.
- Fig. III.9** Fotografía de armado para cimentación.
- Fig. III.10** Fotografía del armado de un dado de una torre.
- Fig. III.11** Fotografía del proceso de colocación de acero de refuerzo para la cimentación de una torre.
- Fig. III.12** Fotografía de plataforma de acero.
- Fig. III.13** Fotografía de armado de plataforma.
- Fig. III.14** Fotografías de la rejilla colocada en las plataformas para tránsito de personal.
- Fig. III.15** Fotografía de torre auto-soportada.
- Fig. III.16** Fotografía de la parte superior de una torre auto-soportada.
- Fig. III.17** Fotografía de la unión de la pata de una torre auto-soportada con su cimentación.
- Fig. III.18** Fotografía de un monopolo de 36 metros de altura.
- Fig. III.19** Fotografía de una COW, Se puede apreciar la torre si extender en el remolque.
- Fig. III.20** Fotografía de la parte superior de una torre arriostrada.
- Fig. III.21** Fotografía de la instalación de torre arriostrada en una trabe de acero.
- Fig. III.22** Fotografía de la instalación de una torre arriostrada sobre un dado de concreto.
- Fig. III.23** Fotografía de instalación de una torre arriostrada sobre una losa de concreto.
- Fig. III.24** Fotografía de la instalación de los tensores de una torre arriostrada sobre un dado de concreto.
- Fig. III.25** Fotografía de la instalación de los tensores de una torre arriostrada sobre una trabe de acero.
- Fig. III.26** Fotografías de las barras de cobre y conexiones del sistema de un contenedor.
- Fig. III.27** Fotografías de las zanjas para la colocación de la malla de tierra.
- Fig. III.28** Fotografías de los acabados finales de un contenedor para la instalación de equipos. Vista del fondo del contenedor.
- Fig. III.29** Fotografías de los acabados finales de un contenedor para la instalación de equipos. Vista de la entrada del contenedor.
- Fig. III.30** Diagramas sobre los dos tipos de anclaje (taquete de expansión y juego de tornillo, tuercas y rondanas) usados para la instalación de equipos.
- Fig. III.31** Fotografía de las escalerillas para el transporte de cables instaladas en el techo de un contenedor.
- Fig. III.32** Plano que describe las características de la cimentación de un contenedor o shelter. En el se puede ver el detalle para los ductos destinados a las acometidas de fibra óptica y energía.
- Fig. III.33** Plano que muestra los detalles de instalación del sistema de tierra interno del contenedor o shelter.
- Fig. III.34** Plano de instalación de equipos en el interior de un contenedor. Este describe la posición de los equipos de telecomunicación y de energía.

También muestra la ubicación de los equipos de aire acondicionado, barras para el sistema de tierra y dimensiones generales del contenedor.

**Fig. III.35** Plano que describe la posición de las escalerillas de cables en el interior de un contenedor o shelter.

## CAPÍTULO IV

- Fig. IV.1** Fotos del cuarto del switch durante el proceso de acabados e instalación.  
**Fig. IV.2** Fotos de equipos instalados en el cuarto del switch.  
**Fig. IV.3** Fotos de equipos instalados en el cuarto del switch.  
**Fig. IV.4** Foto de los equipos para suministro de energía eléctrica y bancos de baterías, instalados en el cuarto de energía.  
**Fig. IV.5** Fotos de la construcción de los POIS.  
**Fig. IV.6** Fotos de la construcción de los POIS.  
**Fig. IV.7** Fotos del cuarto de control.  
**Fig. IV.8** Fotos del equipo de aire acondicionado para el cuarto del switch.  
**Fig. IV.9** Fotografía que muestra las lámparas para el sistema de iluminación.  
**Fig. IV.10** Fotografía que muestra a la planta de energía.  
**Fig. IV.11** Fotografía de la planta de emergencia y del tanque de combustible.  
**Fig. IV.12** Fotografía de travesaños de acero y losa de acero de entrepiso integrantes de la estructura del edificio del switch.  
**Fig. IV.13** Fotografías de una torre auto-soportada de 36 m de altura de sección triangular instalada en el área del conjunto de una central telefónica.  
**Fig. IV.14** Fotografías de la base de la torre auto-soportada de la figura anterior.  
**Fig. IV.15** Fotografía de la parte superior de las figuras anteriores. Podemos observar en ellas la escalerilla para ascenso de personal instalada en un lado de la torre.  
**Fig. IV.16** En la fotografía de la figura podemos observar la parte inferior de un monopolo de 36 m de altura anclado a la parte superior de su cimentación.  
**Fig. IV.17** En la fotografía se tiene la parte superior del mismo monopolo que cuenta con una plataforma de mantenimiento en la parte superior y se puede observar el izado de una antena de microondas.  
**Fig. IV.18** Fotografías que muestran dos ejemplos de monopolos.  
**Fig. IV.19** Fotografía que muestra la barra principal colectora del sistema de tierra general de una central telefónica y que está conectada directamente a la malla de tierra del conjunto de la central telefónica.  
**Fig. IV.20** Fotografía que muestra otro ejemplo de barra principal de tierra.  
**Fig. IV.21** Fotografía que muestra parte del proceso de unión de dos puntas del alambre de cobre que formará parte de la malla de tierra de un edificio del switch.  
**Fig. IV.22** En la fotografía se puede observar el proceso de instalación de tableros de tablarroca en la entrada del edificio del switch.  
**Fig. IV.23** En la fotografía están los acabados de los POI's y se ve una unidad de aire acondicionado.  
**Fig. IV.24** En la fotografía se muestran otras secciones en el proceso de instalación de tablarroca para las paredes de la entrada del edificio del switch.



- Fig. IV.25** En la fotografía se muestran otras secciones en el proceso de instalación de tablaroca para las paredes de la entrada del edificio del switch.
- Fig. IV.26** Fotografía que muestra parte de los acabados del cuarto de control.
- Fig. IV.27** Fotografía de la estructura de soporte de escalerillas y escalerillas sujetas al techo del cuarto del switch.
- Fig. IV.28** Fotografía que muestra el conjunto de escalerillas y soportes instalados en el techo del cuarto de equipos de energía.
- Fig. IV.29** Plano estructural del primer piso del edificio de un switch.
- Fig. IV.30** Plano de cimentación del edificio del switch.
- Fig. IV.31** Plano de fachada del edificio del switch.
- Fig. IV.32** Plano del sistema de aire acondicionado del edificio del switch.
- Fig. IV.33** Plano de cimentación de la torre.
- Fig. IV.34** Plano de instalación sanitaria e hidráulica.
- Fig. IV.35** Hoja de datos generales del proyecto. 1. Ingenieros encargados de cada sección del proyecto. 2. Notas generales de instalación. 3. Información de ubicación de la central telefónica. 4. Historia de proyecto, cuadro cronológico de revisiones. 5. Información de proyecto, especificaciones de instalación, información sobre equipo de energía. 6. Tabla de equipos a instalar. 7. Cuadro de distribución de barras de cobre para el sistema de tierras. 8. Tabla de símbolos del plano.
- Fig. IV.36** Plano de equipos. En este plano se establece la posición de los equipos de telecomunicaciones y energía en el edificio del switch.
- Fig. IV.37** Plano de ubicación de escalerillas de cables para el corrido de cables de datos, energía y tierra.
- Fig. IV.38** Plano de corte del edificio para mostrar detalles de instalación de equipos y escalerillas de cables.
- Fig. IV.39** Diagrama para el corrido de cables y distribución de conexiones del sistema de tierra.

# **INTRODUCCIÓN**

## **EL INGENIERO CIVIL EN PROYECTOS DE RED DE TELECOMUNICACIÓN INALÁMBRICA CDMA.**

### **INTRODUCCIÓN**

La telefonía surgió en un principio para satisfacer la necesidad de telecomunicación de los diferentes núcleos humanos. Sin embargo, el crecimiento y desarrollo de estos núcleos de población fue generando la necesidad de tener redes más grandes para cubrir sus nuevos requerimientos. Con el paso del tiempo las necesidades de telecomunicación se hicieron más complejas y rebasaron las fronteras de las ciudades y de los países. El desarrollo de la industria, el crecimiento de las diferentes empresas e internacionalización de las mismas y muchas otras causas detonaron la necesidad de nuevas tecnologías para ofrecer nuevos y sofisticados servicios, agilizando de este modo diferentes procesos a diferentes escalas en campos diversos como son, el ámbito financiero y de negocios, sistemas militares de defensa, sistemas noticiosos y de entretenimiento, seguridad pública, servicios médicos y muchos más. Actualmente estos sistemas son capaces de transmitir voz, datos e imágenes.

En 1946, AT&T creó el “servicio telefónico móvil mejorado” IMTS (Improved Mobile Telephone Service), el primer sistema de radio móvil para conectar a la red de telefonía pública, es de ese momento en adelante que se emprende el proceso de investigación y desarrollo para sistemas con mayor capacidad de cobertura. En las últimas décadas ha habido un gran impulso por el desarrollo de la telefonía inalámbrica a nivel mundial.

En 1947 el nacimiento teórico de la tecnología celular se da cuando los ingenieros conciben el diseño de uso de ondas aéreas más eficientemente con la utilización de múltiples transmisores de baja potencia a través del área metropolitana. Esta teoría de multitransmisión permitió a más usuarios el acceso a la red móvil.

Para estos sistemas de telefonía inalámbrica se han desarrollado diferentes tecnologías apoyando la evolución en los servicios de telecomunicación. En este trabajo de Tesis se tomará como base la tecnología CDMA, División de Código de Múltiple Acceso (Code Division Multiple Access) y la infraestructura necesaria para su implementación.

En estos sistemas la participación del Ingeniero Civil es de esencial importancia para la planeación, construcción, instalación, implementación y mantenimiento de la infraestructura y equipos que constituyen la red de telefonía inalámbrica.

Los sistemas tradicionales alámbricos constituyen un importante campo de desarrollo para el ingeniero civil, el cual se amplió aún más con los sistemas inalámbricos, dado que este, para su instalación; requiere de un edificio o varios para el equipo de control de la red, la construcción de sitios celulares; en una determinada área, para cubrir las demandas de servicio mediante la utilización de antenas de radio. Adicionalmente se requieren para el transporte de las señales la instalación de antenas de radio, y / o también obras para la instalación de cableado en las cuales se utiliza como medio más eficiente la fibra óptica, la cual se puede instalar vía aérea poniendo el tendido del cable sobre postes o estructuras similares, vía subterránea poniéndolo en zanjas a lo largo de una determinada ruta, o marítima, requiriendo cada uno de estos métodos un procedimiento particular.

El ingeniero civil ha participado en el campo de las telecomunicaciones desde hace mucho; tiempo sin embargo, es importante que se actualice día con día a la par del desarrollo tecnológico en este campo. La participación del ingeniero civil no solo se limita a lo relacionado con la construcción, dado que, el que conozca sobre ingeniería en telecomunicaciones lo convierte en un profesionista más valioso para esta industria involucrándolo en la planeación y desarrollo de proyectos en esta área desde un punto de vista más global.

En esta industria se pueden identificar dos tipos principales de empresas involucradas, las empresas prestadoras de servicios de Telecomunicaciones cuya función principal es tener, operar y administrar redes de telecomunicación ofreciendo diferentes servicios, y las empresas de telecomunicaciones desarrolladoras de tecnología, equipos y servicios de ingeniería, las cuales se encargan de desarrollar los equipos y la ingeniería necesaria para cubrir las necesidades de servicio de las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones, adicionalmente a esto, desarrollan nuevas tecnologías al igual que todas las especificaciones de construcción, instalación, operación y mantenimiento de estos sistemas auxiliando en su construcción, instalación e implementación. En ambos tipos de empresas el Ingeniero Civil puede encontrar un importante campo de desarrollo.

# **CAPÍTULO I**

## **CAMPO DE DESARROLLO PROFESIONAL DEL INGENIERO CIVIL EN LAS EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES, DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN DE LOS DOS TIPOS PRINCIPALES DE INSTALACIONES (EDIFICIO DEL SWITCH Y SITIO CELULAR)**

### **I.1. TIPOS DE TECNOLOGÍA**

Para lograr en los sistemas mayor calidad y rapidez en los servicios de telecomunicación es preciso un desarrollo tecnológico constante.

De toda esta evolución han surgido en los últimos años, principalmente, las siguientes tecnologías en lo que a telefonía inalámbrica se refiere.

#### **I.1.1 TDMA (División de Tiempo de Múltiple Acceso /Time Division Multiple Access)**

Es una tecnología digital unas cuantas décadas antigua. Fue la primera que se usó para aplicaciones de telefonía alámbrica y ahora está siendo modificada para su utilización en redes inalámbricas. Utiliza un método de división de espectro de radio en espacios de tiempo. TDMA permite múltiples usuarios a tiempos compartidos por canal.

TDMA es usada principalmente para interiores o aplicaciones inalámbricas en pequeña escala.

La tecnología digital ofrece algunas ventajas, como son:

- Privacidad Inherente.
- Corrección de error.
- Mejor calidad de voz.
- Servicios Avanzados.

#### **I.1.2 FDMA (División de Frecuencia de Múltiple Acceso /Frequency Division Multiple Access)**

FDMA es un acceso análogo, divide la frecuencia de banda en pequeños pedazos o canales. El ancho de estos canales puede variar de país en país, dependiendo de sus preferencias. Cada usuario FDMA es asignado a un canal en el cual ellos pueden hacer sus llamadas.

La tecnología **FDMA** es la primera tecnología implementada para aplicación celular.

Esta tecnología tiene limitantes, desde un limitado ancho de banda de frecuencias existente para uso celular y que a su vez, esta banda de frecuencia no puede dividirse más de cierto número de veces. **FDMA** también, excluye la privacidad y limita los tipos de usos y servicios que pueda ofrecer.

### **I.1.3 CDMA (División de Código de Múltiple Acceso /Code Division Multiple Access)**

Más que separar usuarios usando frecuencia y tiempo, como sucede con la tecnología **FDMA** y **TDMA**, **CDMA** combina digitalmente a todos los usuarios en la misma frecuencia. Lo único que puede separar a un usuario del siguiente usuario, es un código algorítmico único que va anexado a la transmisión.

Este código único, es asignado a cada usuario por suscripción al servicio celular. Cuando el usuario hace una llamada, su transmisión es codificada, y después combinada con muchas otras transmisiones. Sólo el receptor tendrá la habilidad de decodificar la transmisión.

El potencial de esta tecnología es enorme. Teóricamente, las limitaciones de capacidad, pueden ser resueltas, al hacer a la tecnología **CDMA**, la última usada en comunicaciones inalámbricas. Sin embargo, debido a la degradación de los efectos de la onda de radio y las limitaciones para los requerimientos de control de energía, así como la interferencia proveniente de cualquier número de fuentes, el potencial de esta tecnología está aún por realizarse.

Algunos de los beneficios que la tecnología **CDMA** ofrece son:

- Privacía.
- Resistencia al amotinamiento de llamadas.
- Planeación de frecuencias.

## **I.2. EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES**

Dentro del mundo de las telecomunicaciones se tiene la participación de múltiples sectores empresariales con un campo multidisciplinario de desarrollo profesional. Dentro del campo de las telecomunicaciones, podemos identificar dos tipos de empresas principalmente: **EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES U OPERADORES** y **EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES DESARROLLADORAS DE TECNOLOGÍA, EQUIPOS Y SERVICIOS DE INGENIERÍA.**

Algunas de las principales empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones son:

### ***AT&T(ESTADOS UNIDOS)***

AT&T a desarrollado desde hace muchos años servicios relacionados con las telecomunicaciones convirtiéndose en una de las empresas más importantes en el mundo en este ramo. Esta empresa es una de las pioneras en el desarrollo de telefonía inalámbrica.

### ***TELEFÓNICA DE ESPAÑA***

Esta es una de las principales empresas europeas en telecomunicaciones la cual, a extendido sus horizontes a otros continentes.

### ***TELÉFONOS DE MÉXICO***

Telmex es la más importante empresa en cuanto a telefonía se refiere en México. Desde hace muchos años a expandido sus fronteras de desarrollo fuera del país convirtiéndose en una de las más importantes en el mundo. Telmex también a incursionado en el mundo de la telefonía inalámbrica y ha actualizado sus servicios a la par de las nuevas tecnologías.

En México las principales compañías en cuanto a telefonía inalámbrica se refiere son: ***IUSACELL, TELCELL, PEGASO, UNEFON y NEXTEL***

En cuanto a las **Empresas de Telecomunicaciones Desarrolladoras de Tecnología, Equipos y servicios de Ingeniería**, podemos identificar algunas de las principales empresas de este tipo, describiendo sus principales productos y servicios:

### ***NORTEL NETWORKS CORPORATION(CANADÁ)***

Nortel desarrolla principalmente equipo para soluciones diversas para telefonía alámbrica e inalámbrica proporcionando soporte para todos los servicios relacionados con estos sistemas incluyendo servicios de Internet. De igual forma proporciona equipos para redes de computación LAN, WAN, etc. De igual forma, desarrolla soluciones de telecomunicaciones en general y sistemas de redes de cómputo para empresas. Para todos estos productos y algunos otros, proporciona los servicios necesarios para su instalación, e implementación en los cuales están las funciones que se mencionarán en el punto II

### ***ALCATEL(FRANCIA)***

Alcatel desarrolla productos relacionados con la telefonía alámbrica e inalámbrica y los servicios relacionados con estos sistemas así como con los sistemas para Internet.

También desarrolla sistemas para transmisión de señal alámbrico e inalámbrico. Produce tecnología para transmisión por fibra óptica así como cables de cobre, fibra óptica y redes submarinas, de igual forma desarrolla soluciones de telecomunicación para empresas. Como Nortel, también ofrece servicios para la construcción de estos sistemas.

### ***CISCO SYSTEMS(ESTADOS UNIDOS)***

Cisco se concentra más con equipos relacionados a sistemas de redes de cómputo. Desarrolla la ingeniería relacionada con el diseño y la administración de redes, proporciona el soporte técnico para su instalación. Al igual que las empresas ya mencionadas, ofrece diversos servicios de ingeniería.

### ***LUCENT TECHNOLOGIES INC.(ESTADOS UNIDOS)***

Lucent trabaja con equipos de telefonía brindando el soporte para los servicios relacionados con estos sistemas. Desarrolla equipos y servicios de ingeniería para transmisión. Ofrece sistemas de telecomunicación y redes de cómputo para empresas. Al igual que Nortel ofrece diferentes servicios de ingeniería para la construcción, instalación e implementación de todos estos sistemas.

### ***ERICSSON CORP.(SUECIA)***

Ericsson desarrolla equipos y servicios relacionados con la telefonía inalámbrica, sistemas de Internet y soluciones en telecomunicaciones para empresas. Proporciona servicios diversos de soporte para la puesta en marcha de este tipo de productos.

### ***SIEMENS(ALEMANIA)***

Siemens se ha desarrollado produciendo productos y sistemas electrónicos y eléctricos, ha ampliado sus horizontes ofreciendo productos para telefonía inalámbrica, servicios de Internet y redes de cómputo y soluciones para empresas. De igual forma que las otras empresas, provee servicios de soporte para la implementación de sus productos.

## **I.3. INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES.**

### **I.3.1 CONCEPTO DE CELDA**

Los sistemas inalámbricos no usaban originalmente el concepto de celular. En su lugar era conocido como un solo transmisor de alta potencia, que podía dar servicio a toda un área metropolitana.

En contraste con lo anterior, los sistemas modernos de celular, usan transmisores de baja potencia para cubrir un área metropolitana. Estos transmisores de baja potencia y el área que cubren, se las llama celda, y la localización del equipo de transmisión entre la celda es conocido como **SITIO CELULAR**.

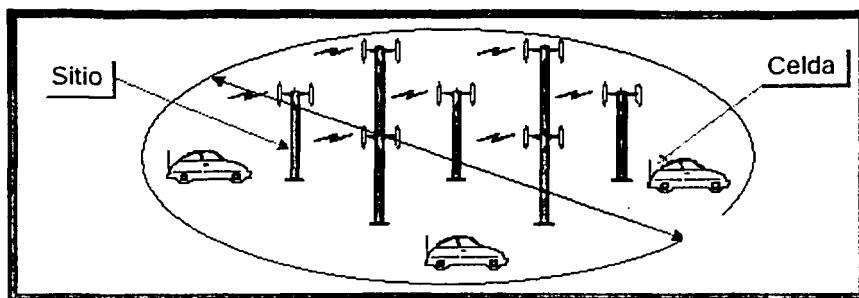


Fig. I.1 Diagrama de la configuración de celdas, torres para antenas y ejemplo de usuarios móviles.

### I.3.2 SITIO CELULAR

El **Sitio Celular** contiene los radios y las antenas actualmente instalados, que alojan los equipos de enlace de radio, entre la **unidad móvil** (teléfono) y el **MTSO** (Oficina de switching / direccionamiento para teléfono móvil) (Edificio del Switch). En el **Sitio Celular** se encuentra ubicada la **BTS** (Estación base transreceptora), la cual crea una interfase entre la unidad móvil y el **MTSO**.

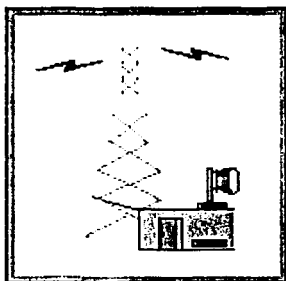


Fig. I.2 Diagrama de un sitio celular.

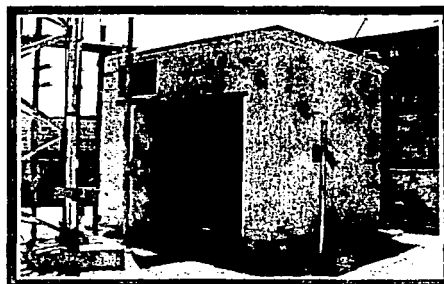


Fig. I.3 Fotografía de un sitio celular.

La **BTS** recoge señales e instrucciones del **MTSO** para enviar y recibir tráfico radial de y para la **unidad móvil**. El rango de **BTS**, determina el límite de celdas; el rango en turno es determinado principalmente por el nivel de transmisión de energía.

Los equipos necesarios para la operación de un **Sitio Celular** son diseñados para interiores y para exteriores, las obras relacionadas con la instalación de estos equipos depende de este concepto.

Los equipos para Interiores, se pueden instalar adentro de un contenedor que tiene las dimensiones necesarias para alojar a los equipos de telecomunicación y para suministro de energía eléctrica, consta también de un sistema de iluminación, un sistema

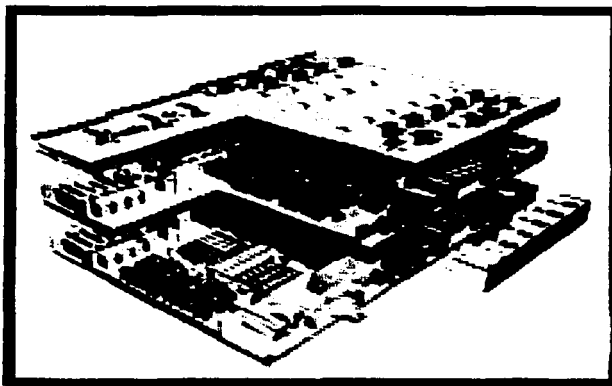


para suministro de energía eléctrica, sistema de aire acondicionado, sistema de tierra para control de descargas y una estructura interna de escalerillas para el corrido de cables de datos, tierra y energía. Los equipos también se pueden instalar en el interior de un cuarto a nivel de planta baja o en uno de los pisos de un edificio, el cual debe cumplir con las dimensiones necesarias para contener los equipos y preparado con los accesorios antes descritos. Dentro del cuarto o contenedor se pueden alojar algunos otros equipos para cubrir otras funciones de servicio dentro de la red de telecomunicaciones, esto dependerá del diseño de la red, de la posición del sitio celular dentro de la topología de la red, su posición geográfica, y otros conceptos a considerar en los procesos de ingeniería.

Dependiendo de las condiciones de la zona y el lugar en que se deba instalar el Sitio Celular y de los equipos a instalar, serán las estructuras a utilizar y de ello dependerán los trabajos del Ingeniero Civil a desarrollar.

### **1.3.3 MTSO (EDIFICIO DEL SWITCH)(OFICINA DE SWITCHING/ DIRECCIONAMIENTO PARA TELÉFONO MÓVIL/ MOBILE TELEPHONE SWITCHING OFFICE)**

El MTSO es el elemento de control para los sistemas celulares. Es responsable del direccionamiento de llamadas a celulares y provee respaldo, conectando con la red telefónica, monitoreando actividades de tráfico y desarrollando pruebas y servicios de diagnóstico, así como control y administración de la red completa.



**Fig. 1.4 Diagrama de un ejemplo de la configuración interna de un edificio del switch // MTSO.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fig. 1.5 Fotografías mostrando la distribución de equipos en filas dentro del cuarto del switch en el MTSO.

### 1.3.4 UNIDAD MÓVIL (APARATO CELULAR)

La unidad móvil (teléfono) es un transceptor portátil el cual es básicamente, un equipo que puede mantener comunicación con el MTSO en varias frecuencias. La unidad móvil, puede transmitir en cualquier frecuencia designada por el MTSO.

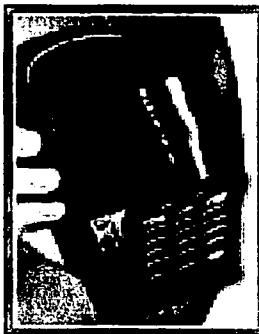


Fig. 1.6 Fotografías con ejemplos de unidad móvil / aparato celular.

## 1.4. CAMPO DE DESARROLLO DEL INGENIERO CIVIL

El ingeniero civil participa en diferentes etapas dentro del proceso para la instalación y puesta en marcha de una red de telefonía inalámbrica. Las funciones del ingeniero civil se pueden concentrar en las siguientes posiciones dentro de una empresa de telecomunicaciones desarrolladora de tecnología, equipos y servicios de ingeniería:

### 1.4.1 ADQUISICIÓN DE SITIOS (SITE ACQUISITION "SA?")

En esta etapa, el ingeniero civil participa en la localización de los sitios celulares, evaluando la viabilidad de la construcción e instalación de los equipos de

telecomunicación, en los puntos de una zona geográfica determinados por otras áreas de ingeniería encargadas del diseño de la red. El Ingeniero Civil determinará; dependiendo de las condiciones del sitio, los trabajos a realizar para el acondicionamiento del área y las estructuras para la instalación de los equipos, cables y antenas.

#### **1.4.2 INGENIERÍA DE SITIO (SITE ENGINEERING “SE”)**

En esta área el Ingeniero Civil se encarga de proporcionar los estándares de construcción para los sitios celulares y para el edificio del switch, aquí también establece los pesos de los equipos y las condiciones del sitio para su instalación. Proporciona también las dimensiones necesarias del área para alojar los equipos; según sea el caso (sitio celular o edificio del switch), estableciendo el número y tipo de ellos que se han de instalar inicialmente y a futuro.

Está encargado también, de establecer los requerimientos de suministro de energía eléctrica, de sistema de tierras y sistema de aire acondicionado. De igual forma establece el diseño de las estructuras auxiliares para el transporte de cables de datos, energía y tierras para los equipos, proporcionando el tipo de material a utilizar y los requerimientos estructurales del sitio para su instalación y soporte.

Desarrollará los planos de instalación y proporcionará las estimaciones de materiales a utilizar para el proceso de instalación de equipos y estructuras auxiliares de soporte y transporte de cables.

#### **1.4.3 INGENIERO DE PROYECTO (PROJECT ENGINEER “PE”)**

Tiene la responsabilidad de revisar el proyecto desde el punto de vista de estructuras, geotecnia y proceso constructivo principalmente, apoyado en los estándares proporcionados por el ingeniero de sitio.

En ocasiones, esta función es desempeñada por el Ingeniero de Sitio también.

#### **1.4.4 SUPERVISOR DE CONSTRUCCIÓN (CONSTRUCTION SUPERVISOR “CS”)**

Este se encarga de efectuar la supervisión de la construcción del sitio (sitio celular o edificio del switch) de principio a fin.

#### **1.4.5 GERENTE O ADMINISTRADOR DE PROYECTOS (PROJECT MANAGER “PM”)**

El PM desarrolla las siguientes actividades:

Proporciona los elementos clave fundamentales para la administración de proyectos. Define la Integración del Proyecto.

La Administración del Alcance fundamenta la forma de identificar sistemáticamente los entregables claves del proyecto.

La Administración del Tiempo toma a los entregables identificados en los procesos anteriores y los divide en actividades, si es necesario, para desarrollar el programa o calendario del proyecto.

La Administración de los Recursos Humanos se enfoca en los aspectos y problemas principales para lograr la mejor selección y desarrollo del equipo del proyecto.

La Administración del Costo cubre la metodología para estimar, planear y controlar el costo.

La Administración del Riesgo es un área crítica que identifica los riesgos, los analiza y evalúa, para planear la manera de manejarlos.

La Administración de la Calidad garantiza que tenemos un plan para manejar, asegurar y controlar la calidad del proyecto.

La Administración de las Adquisiciones cubre las decisiones esenciales para el manejo de contratistas y proveedores y la administración de sus respectivos contratos.

La Administración de las Comunicaciones ayuda al entendimiento de todos los participantes para obtener las aprobaciones y consenso de los integrantes del equipo.

Básicamente un proyecto lo podemos encuadrar en las siguientes etapas:

- Iniciación del Proyecto.
- Planeación del Proyecto.
- Ejecución del Proyecto.
- Control del Proyecto.
- Cierre del proyecto.

En las empresas constructoras que desarrollan los proyectos para las redes de telecomunicaciones podemos encontrar los roles tradicionales para un ingeniero civil, sin embargo, en este trabajo de tesis nos concentraremos en las funciones dentro de una empresa de telecomunicaciones desarrolladora de tecnología, equipos y servicios de ingeniería.



# **CAPÍTULO II**

## **PLANEACIÓN DE PROYECTO Y DESCRIPCIÓN DEL APOYO DE LAS ÁREAS DE LA INGENIERÍA CIVIL (INGENIERÍA DE SISTEMAS Y CONSTRUCCIÓN) EN ESTE PROCESO**

En una Red de Telefonía Inalámbrica tenemos identificados dos tipos de instalaciones principales que albergan los equipos que permitirán el funcionamiento de la Red, estas son; como ya se ha mencionado, los Sitios Celulares (Radio Bases) y el MTSO ((edificio del Switch) (Oficina de switching o direccionamiento para Teléfono Móvil). Para cada una de ellas se requiere la realización de determinadas etapas de proyecto para lograr su construcción y puesta en operación.

### **II.1 ETAPAS DE PROYECTO PARA SITIOS CELULARES (RADIO BASE)**

A continuación describiremos las principales etapas de proyecto para un Sitio Celular.

#### **II.1.1 EVALUACIÓN DE SITIO**

La ubicación de los Sitios Celulares y las características de estas estaciones se determinan de acuerdo al diseño de la red de telefonía inalámbrica. El diseño de la red es el punto de partida para establecer la infraestructura y equipos que constituirán cada Sitio Celular. Siempre se parte de ciertos estándares de Sitio Celular los cuales tomamos para cada caso en particular. Se clasifican los tipos de Sitio Celular dependiendo de las condiciones del lugar donde se va a instalar y del equipo que se requiere para cubrir el servicio que se pretenda dar en cada zona.

El área recomendada para un equipo BTS para exteriores (Outdoor) típico es de 6.9 metros cuadrados y para un BTS para interiores (Indoor) es de 10 metros cuadrados, esta área incluye espacio para equipo de transmisión, para suministro de energía y baterías. Espacio adicional es importante para crecimiento futuro.

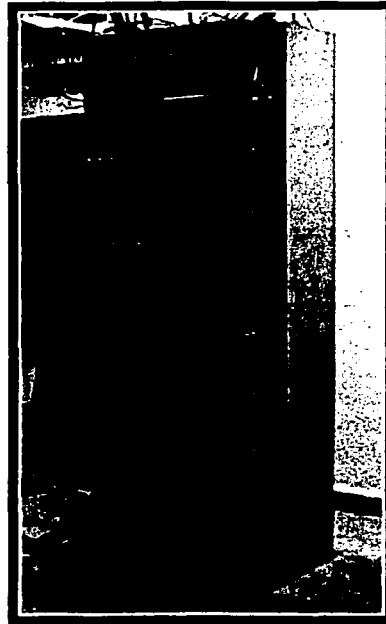
La altura mínima del techo debe ser de 2743 mm o más, desde el suelo hasta el obstáculo más bajo, por ejemplo, vigas, techo falso, lámparas y tuberías). Esta altura es estándar casi para todos los equipos para sitio celular de diferentes marcas, siempre es recomendable garantizar una mayor altura como medida de seguridad en la instalación.

Se establecen las condiciones del sitio clasificando el mismo de acuerdo a diferentes criterios técnicos.

## II.1.1.1 CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE SITIOS CELULARES

II.1.1.1.1 En cuanto a los equipos de telecomunicaciones se clasifican en:

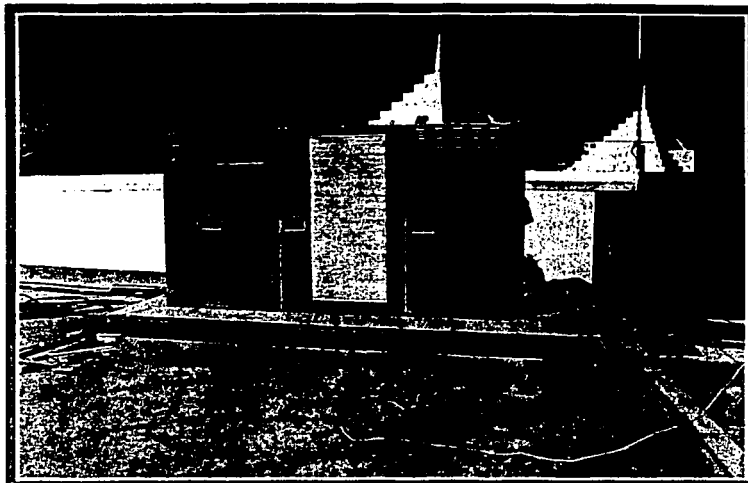
**a) INTERIORES (INDOOR):** Estos son equipos diseñados para interiores los cuales requieren de un cuarto o contenedor, con ciertas dimensiones y disposiciones técnicas para la instalación y operación de los equipos. Estos equipos tienen las conexiones de cables de energía, sistema de tierra y conexiones de cables de datos expuestos de tal forma que no pueden estar a la intemperie.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. II.1 Fotografía de un equipo para interiores en sitios celulares.

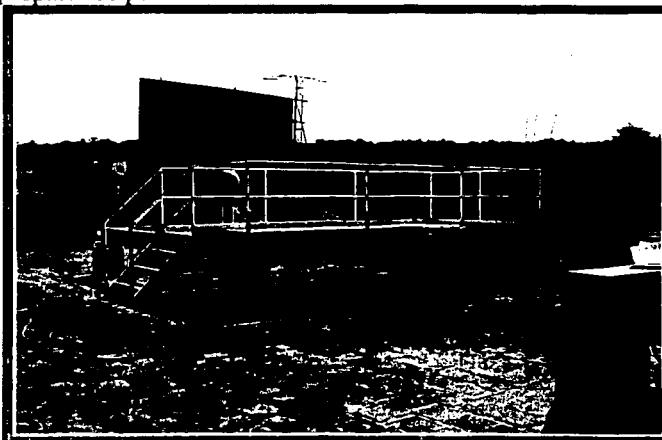
**b) EXTERIORES (OUTDOOR):** Estos equipos están fabricados con gabinete de protección el cual los protege contra la intemperie y permite su instalación en exteriores ya sea, sobre losas de cimentación o plataformas de acero, en plantas bajas, azoteas o en sótanos. Estos gabinetes están contruidos con los sistemas de aire acondicionado, distribución de energía, sistema de tierras, transporte de cables y protección de conexiones que los equipos requieren.



**Fig. II.2 Fotografía de un equipo para exteriores en sitios celulares.**

**II.1.1.1.2** En cuanto a la ubicación de los equipos y las estructuras donde irán instaladas las antenas se clasifican principalmente como:

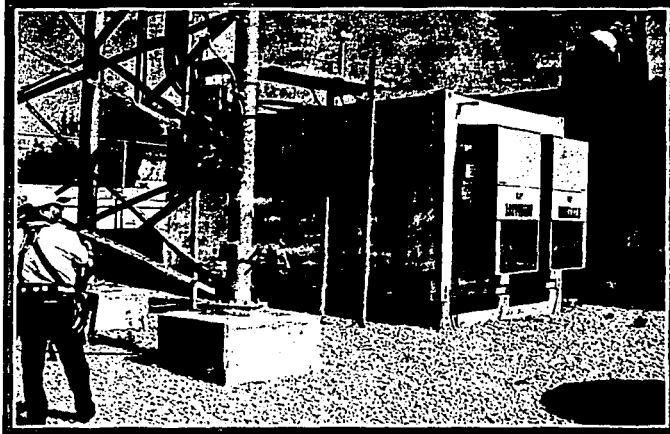
**a) AZOTEA (ROOFTOP):** Son los sitios en los cuales se instalarán los equipos en la azotea de un edificio, para ello se prepara generalmente una plataforma formada con vigas y rejillas de acero. En cuanto a las antenas, se usan torres arriostradas con tensores o; si el nivel de la azotea es la requerida para las antenas, se usan mástiles especialmente preparados para instalarlas.



**Fig. II.3 Plataforma construida en azotea para la instalar equipos para exteriores.**



**b) TERRENO (RAW LAND):** En estos sitios se instalan los equipos a nivel de terreno, sobre una losa de concreto o sobre una plataforma de acero, de igual forma que en una azotea. Las azoteas se instalan en torres auto-soportadas, monopolos o torres arriostradas según convenga a las condiciones y dimensiones que se tengan.



**Fig. II.4** Fotografía de un sitio celular instalado en un terreno usando un contenedor y torre auto-soportada.

**c) MIXTO:** En algunos casos, debido a limitaciones de espacio se tiene que instalar el equipo y las antenas en diferentes posiciones de tal forma que, el equipo de telecomunicaciones se instala en una azotea o en un cuarto en un nivel intermedio de un edificio y las antenas en una torre desplantada desde en nivel de la calle o terreno natural o viceversa, teniendo una torre o mástiles en una azotea y el equipo de control en un contenedor o cuarto preparado al nivel de la calle o terreno natural.

**II.1.1.1.3** En cuanto al contenedor (Shelter) o cuarto para la instalación de los equipos, se clasifican como:

**a) EN CONTENEDOR (IN SHELTER):** Shelter es el nombre técnico que se da a los contenedores fabricados especialmente para los equipos de telecomunicación, estos; como se había mencionado anteriormente, son diseñados con el equipamiento necesario para la instalación y buen funcionamiento de los equipos de telecomunicaciones, este equipamiento consiste principalmente en:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

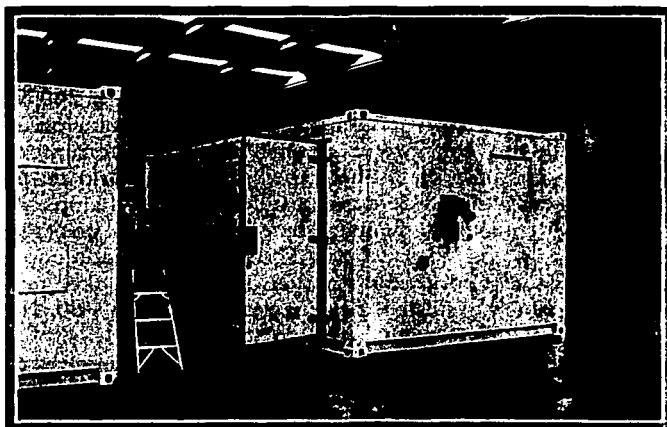


Fig. II.5 Fotografía de un contenedor o shelter para la instalación de equipos para interiores.

- *Sistema de tierra:*

Este consiste en un sistema de cables forrados y barras, principalmente de cobre, que sirven para proteger a los equipos contra descargas eléctricas.

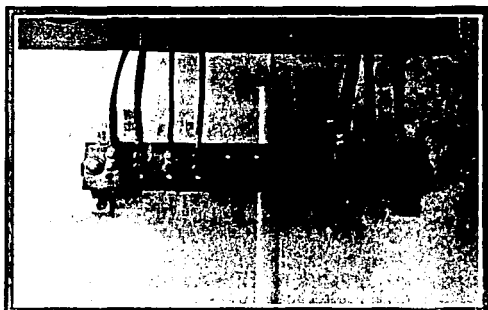


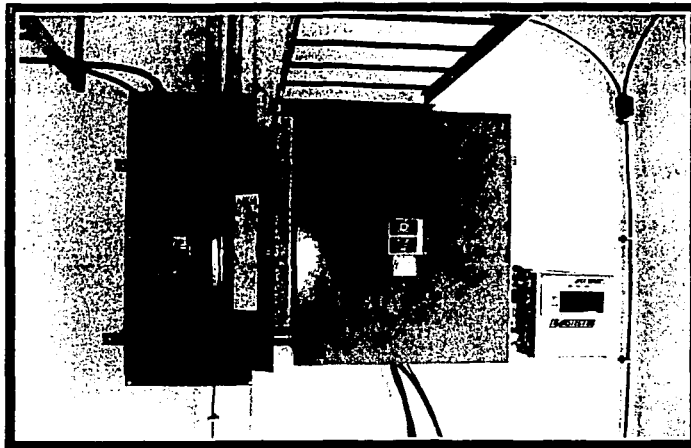
Fig. II.6 Fotografías de barras de cobre para el sistema de tierra del contenedor o shelter.

- *Sistema de energía:*

Este es el sistema de suministro de energía eléctrica, el cual consiste en un tablero de distribución, un switch de transferencia para cambiar el suministro de

energía comercial a una planta de emergencia, un receptáculo exterior para el cable que conecta a la planta de energía con el switch de transferencia.

Para equipos en interiores (INDOOR BTS), se deberá proveer corriente alterna (AC) comercial como una fase o fase partida, 208 o 240 V, 60 Hz en tres conductores (L1, L2, tierra). El BTS requiere una alimentación de 30 amps. por rectificador. Se debe proveer protección en la forma de Interruptores (breakers) de dos polos de 30 amps para cada alimentación. Es necesario un panel de fusibles de 200 amps. Con la habilidad de agregar un panel de 200 amps. Adicional de una fase o tres fases. El panel de fusibles debe contener 20 posiciones de 15 y 20 amps. De uno y dos polos. El panel de AC debe ser instalado con un protector de variaciones de cargas. El contenedor o cuarto de equipos debe tener un promedio de 4 contactos para suministro de energía de 120 V 60 Hz con estándar americano.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. II.7 Fotografía de un tablero de energía de un sitio celular.

En algunos sitios se instalan en forma permanente generadores auxiliares y en otros sólo se dispone el espacio para colocar equipos móviles para el mismo propósito, de una u otra forma, se coloca un sistema de transferencia de la alimentación comercial a la del generador. Se recomiendan luces fluorescentes (4) en los pasillos y espacios entre equipos.

En el caso de los equipos para exteriores (OUTDOOR BTS), se requieren 4 cables (L1, L2, Neutral y Tierra), normal 240/120 V (ó 208/120 V), 100 amps., suministro de corriente alterna AC. El interruptor (breaker) principal debe ser de 100 amps.. Estos equipos se les provee de un conector para el suministro de energía vía un generador auxiliar. Se debe instalar un panel de distribución de corriente alterna cerca del equipo de telecomunicaciones y con un medidor de corriente independiente. También se deben instalar conectores de corriente para equipos de mantenimiento y otros usos generales.

- **Sistema de transporte de cables:**

Es una estructura formada con escalerillas de acero que se suspende en la parte superior del shelter y que se sujeta del techo y las paredes. Este sistema de escalerillas sirve para correr los cables de energía, de tierra y los cables de datos, de un punto a otro dentro del contenedor.

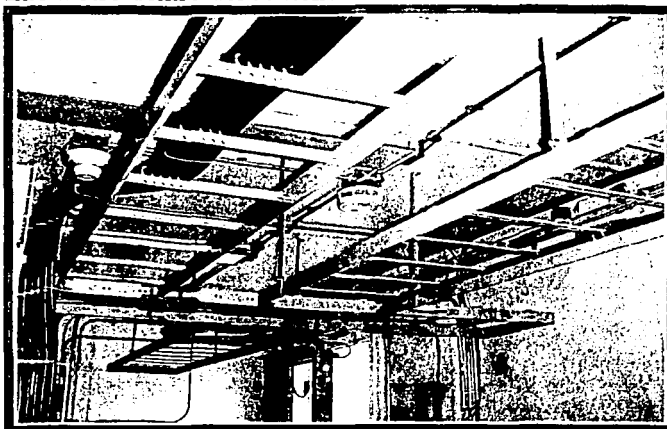


Fig. II.8 Escalerilla para el transporte de cables en contenedores o shelters.

- **Sistema de iluminación:**

Este consiste en lámparas colocadas principalmente en el techo para iluminar el interior del shelter, al igual que lámparas de emergencia en caso de una falla de energía. Se coloca también iluminación en el exterior de shelter con detector de movimiento y foto celda.



Fig. II.9 Fotografía del sistema de iluminación de un contenedor.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- **Sistema de aire acondicionado:**

Los equipos de telecomunicaciones precisan de una temperatura controlada en forma permanente para su buen funcionamiento, esta se mantiene por medio de aparatos de aire acondicionado que por medio de un termostato mantienen estas condiciones de temperatura estables. Por lo general se instalan dos unidades que funcionan alternadamente.

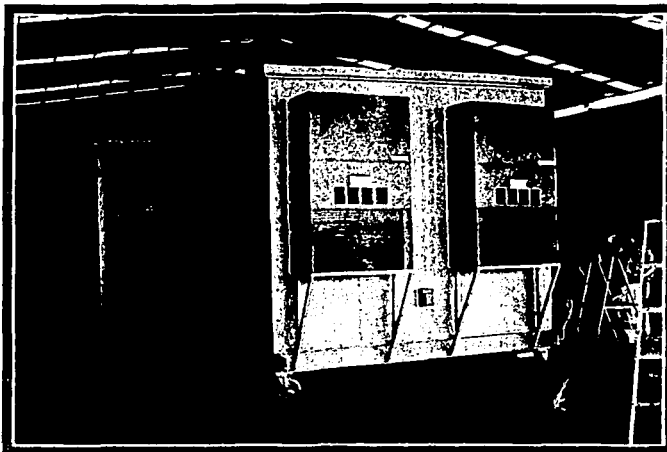


Fig. II.10 Fotografía de las unidades de aire acondicionado para contenedores.

- **Sistema contra incendios:**

Este sistema consta de detectores de humo y extintores automáticos los cuales controlan un posible incendio en el interior del shelter.

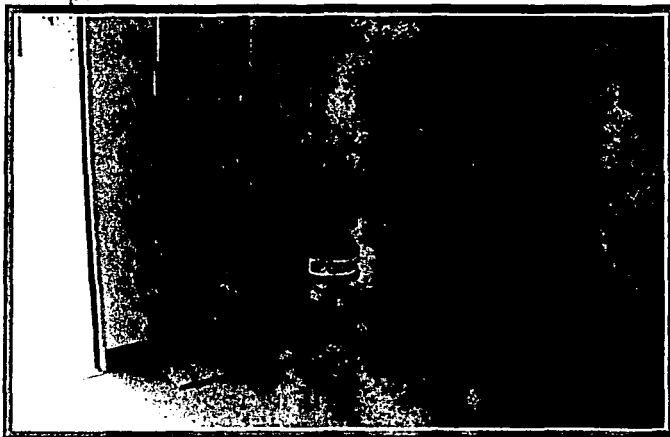


Fig. II.11 Fotografía del sistema contra incendios de un shelter.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- **Sistema de Alarma:**

A este sistema se conectan los equipos de telecomunicación, de aire acondicionado, equipos para el suministro de energía eléctrica, el equipo contra incendios y la alarma de intrusión. Este sistema está formado por un tablero al cual se conectan los equipos conectado a su vez a los equipos de transmisión los cuales mandan una señal de alarma a una unidad central de control en el edificio del switch.

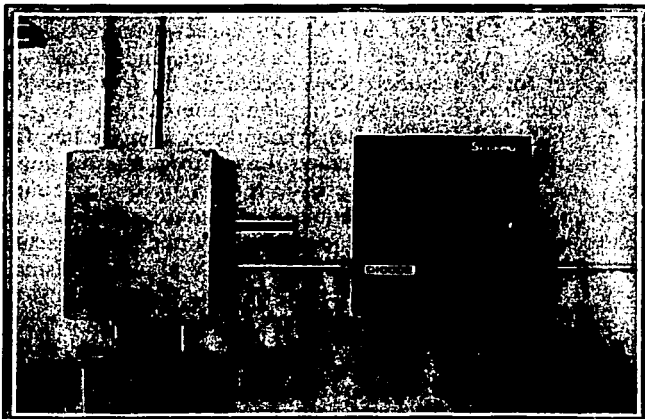


Fig. II.12 Fotografía de los tableros para el control de alarmas.

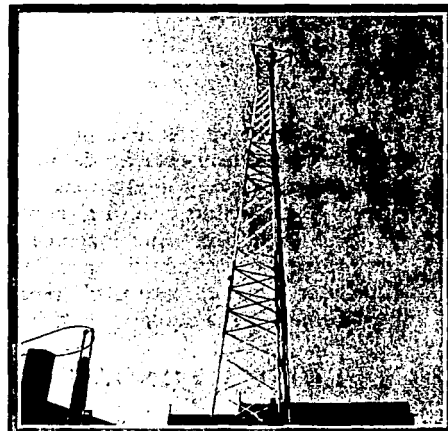
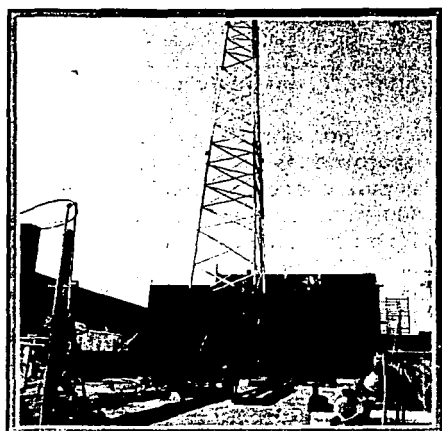
El shelter se construye principalmente con una estructura de acero dándole rigidez estructural, placas de madera y acero en las paredes, techo y piso, una puerta de acceso y una o más ventanillas para el acceso de cables al interior de shelter. Las unidades de aire acondicionado se instalan en una de las paredes del contenedor al igual que los receptáculos para los cable de energía. El shelter es generalmente rectangular, aproximadamente de 2.5 m por 6 m, y pesando unas 10 toneladas, sin embargo el peso y dimensiones varían dependiendo de las características del equipo a instalar en su interior.

**b) EN EDIFICIO (IN BUILDING):** En ocasiones los equipos se instalan en el interior de un cuarto dispuesto específicamente para la instalación de los equipos de telecomunicación. En estos casos el cuarto de equipos debe ser preparado con las mismas consideraciones técnicas que un shelter y que se han descrito arriba. Este cuarto puede ser construido en una azotea, a nivel de terreno, en un sótano o utilizando un cuarto en algún nivel de un edificio ya existente. Lo ideal es construir un cuarto a nivel del terreno con las características y disposiciones técnicas que los equipos requieren, esto debido a que cuando se utilizan cuartos en construcciones ya existentes, es posible encontrar condiciones difíciles de adaptar para la instalación de los equipos.

Tanto para el CONTENEDOR como para sitios EN EDIFICIO, se utilizan equipos INDOOR, solo en algunos casos especiales y dependiendo de las condiciones del sitio, cuando es en edificios se llega a preparar el cuarto para un equipo OUTDOOR, y esto es cuando por alguna causa, no se pueden cumplir con todas las disposiciones técnicas de un shelter.

**II.1.1.1.4** En cuanto al tipo de estructura utilizada para instalar las antenas se pueden identificar las siguientes:

**a) TORRE AUTO-SOPORTADA:** Las características de estas torres varían dependiendo del fabricante el cual establece las condiciones para su instalación. El estándar más común son torres de acero con secciones de 6 metros, cuyos elementos están ensamblados con tornillos rondanas de presión y tuercas, por lo general estas torres están apoyadas en tres puntos, o sea que son triangulares, aunque hay fabricantes que las producen cuadradas apoyadas en cuatro puntos. Las estructuras de apoyo son dados de concreto los cuales son contruidos con acero de refuerzo y en los cuales se colocan las anclas de las torres. Las especificaciones técnicas en cuanto a resistencia, dimensiones y posición de los dados son generalmente proporcionados por los fabricantes de las torres garantizando así el óptimo funcionamiento estructural de las mismas. El fabricante también proporciona la resistencia mínima del suelo. Los dados de la torre; dependiendo las condiciones del sitio, se construyen sobre una losa de cimentación o se ligan con una trabe entre ellos.

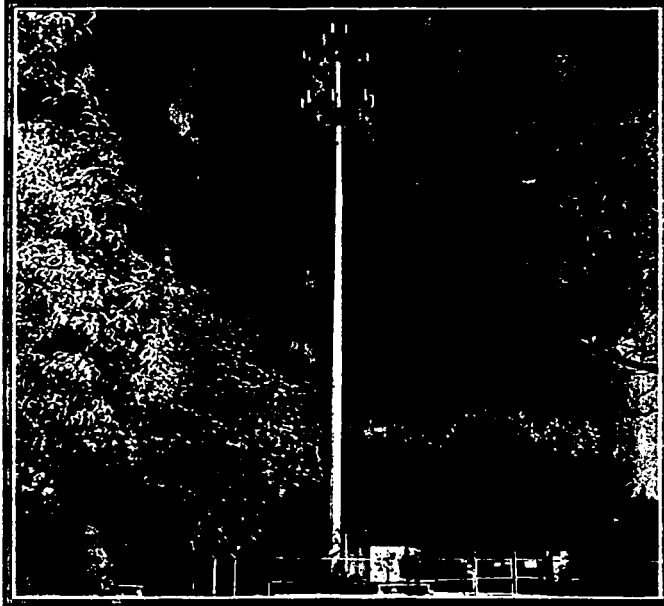


TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

Fig. II.13 Fotografías de la parte inferior y superior de una torre auto soportada de tres patas.

**b) TORRE AUTO-SOPORTADA ESBELTA:** Estas torre tienen características similares a las anteriores con la diferencia de que estas están diseñadas para espacios más limitados, en su diseño está considerado que tenga poca distancia entre sus puntos de apoyo y que se mantenga esbelta en el resto de sus secciones.

**c) MONOPOLO:** Este tipo de estructuras también están diseñadas para espacios limitados y están constituidos por tubos de sección y longitud variable dependiendo de la altura del Monopolo y del diseño del fabricante.



**Fig. II.14** Fotografía de un monopolo para soporte de antenas.

**d) TORRES ARRIOSTRADAS:** Estas torres se apoyan en un punto y se sostiene por tensores a diferentes alturas dependiendo de la altura de la torre. La sección de la torre por lo general es triangular y hay tensores por cada vértice. Este tipo de torre se usa principalmente en azoteas pero eventualmente y dependiendo de las condiciones del sitio se pueden usar a nivel de terreno.



**Fig. II.15** Fotografía de la parte superior de una torre arriestrada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIENTACIÓN



## **II.1.1.2 DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES Y TRABAJOS**

Una vez clasificado el sitio se evalúan las condiciones del lugar para definir las actividades y trabajos necesarios para su construcción.

### **II.1.1.2.1 ESTUDIOS REQUERIDOS SEGÚN EL TIPO DE SITIO.**

Para cada tipo de sitio se realizan diferentes tipos de estudios y análisis obteniendo información para el desarrollo del proyecto de construcción. Los principales trabajos que se realizan en esta etapa son:

**a) ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS:** Este estudio es requerido principalmente para sitios en TERRENOS en los cuales todas las obras se desarrollan a nivel de terreno natural. Las torres que se utilizan en este tipo de terrenos son principalmente TORRES AUTO-SOPORTADAS y eventualmente TORRES ARRIOSTRADAS. Para este tipo de estructuras se requiere una determinada resistencia del suelo la cual es proporcionada generalmente por el fabricante de la torre, con base en el análisis del comportamiento estructural de la misma a las acciones del viento, sismo y peso propio, por lo general también proporcionan los fabricantes, las características y dimensiones de la cimentación a utilizar, garantizando así una adecuada interacción suelo estructura. Con los datos del estudio de Mecánica de Suelos, se puede determinar la necesidad o no de estructuras adicionales a la cimentación estándar de la torre para obtener la resistencia requerida. Estas estructuras adicionales son principalmente PILAS, PILOTES y MICROPILOTES, ligadas a la estructura de la cimentación de la torre por una losa de cimentación. En el caso de los SHELTERS o CONTENEDORES, se construye como cimentación una plancha de concreto armado sobre la cual se instala el shelter. Lo mismo se hace con equipos auxiliares de energía y equipos de telecomunicaciones OUTDOOR. En el caso de cuartos construidos específicamente para los equipos se utilizan estructuras similares a las ya mencionadas para los contenedores. Para los shelter o cuartos para equipos, se toman los datos de los Estudios de Mecánica de Suelos para confirmar la resistencia del mismo.

**b) ANÁLISIS ESTRUCTURAL:** Este tipo de análisis se desarrolla con el propósito de evaluar las condiciones estructurales de una construcción ya existente y determinar si soportará e interactuará adecuadamente con las estructuras que se construyan sobre ella para los equipos de telecomunicaciones y determinar también el tipo de obras necesaria para el desarrollo del proyecto. Este tipo de análisis se efectúa en sitios en AZOTEAS y en sitios EN EDIFICIO en los cuales se presentan estas condiciones.

## II.1.1.2.2 ACTIVIDADES Y TRABAJOS.

Con base en los estudios y análisis realizados, y a la inspección física efectuada en cada sitio de construcción, se determinan los trabajos y actividades que se requerirán para la construcción. Estas actividades y trabajos dependerán del tipo de sitio.

## II.1.2 PREPARACIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO.

Con la información recavada en el proceso de **Evaluación del sitio** se procede a integrar el proyecto ejecutivo para sitio celular, integrado con el estándar que las empresas de telecomunicaciones desarrolladoras de tecnología, equipos y servicios de ingeniería, establecen.

El proyecto ejecutivo para Sitio Celular está integrado por un paquete de planos y especificaciones constituido por las siguientes partes principales:

**a) DATOS GENERALES DEL SITIO:** En esta parte se especifican los datos generales del sitio celular en la cual están los siguientes datos:

- Nombre y número clave del sitio.
- Ubicación del sitio, especificando la dirección completa y un croquis.
- Especificación del Norte Geográfico, Declinación Magnética y Coordenadas Geográficas.
- Tipo de Sitio: Tipo de Equipo de telecomunicaciones (INDOOR, OUTDOOR), Posición de equipos (EN EDIFICIO, EN CONTENEDOR), Posición de los elementos que constituyen el sitio (TERRENO, AZOTEA o MIXTO), Tipo de Torre o estructura de soporte de antenas (TORRE ARRIOSTRADA, AUTO-SOPORTADA, MONOPOLO o MÁSTIL).
- Datos del constructor.
- Datos acerca de los permisos de construcción.
- Datos de los supervisores de construcción.

**b) CIMENTACIÓN:** Aquí se establece la información relacionada con la cimentación de la torre y las plataformas de el contenedor o cuarto para equipos, esto en el caso de sitios EN TERRENOS.

**c) ESTRUCTURAS:** En esta parte se desglosa la información referente a las obras realizadas para el soporte de la torre o mástiles, de los equipos de telecomunicación y de suministro de energía eléctrica como son los plantas auxiliares.

**d) OBRAS COMPLEMENTARIAS:** En esta sección está la información acerca de todas aquellas obras complementarias en las cuales están las cercas de protección, bardas, nichos para los el medidor de energía, etc.

**e) SISTEMA DE TIERRAS:** Esta es la información referente a la instalación del sistema de tierras que protege a las estructuras del sitio de descargas y está integrado por electrodos, malla de tierra, anillos de tierras, estos dos integrados por cables de cobre recubiertos, pararrayos, etc.

**f) EQUIPOS Y CONTENEDOR O CUARTO PARA EQUIPOS:** Aquí se proporcionan las especificaciones de los equipos de telecomunicaciones y de las antenas, así como también información acerca del contenedor o del cuarto para equipos.

**g) TORRE, MONOPOLO O MÁSTILES:** En esta sección se dan todas las especificaciones de la torre, Monopolo o mástiles para la instalación de las antenas.

Dentro de esta etapa de proyecto se integra toda la información técnica relativa al proceso de instalación de equipos de telecomunicación y antenas. También se integra la información sobre la descripción completa de los equipos (peso, dimensiones, etc.).

Es importante establecer que las empresas constructoras que se encarguen del proyecto tendrán que desarrollar todo el proceso de cálculo e integrar su memoria de cálculo, tomando la responsabilidad sobre las estructuras construidas en base a esta información y generar el paquete de planos y especificaciones generales necesarios para el desarrollo del proyecto.

## II.1.3 CONSTRUCCIÓN.

El proceso de construcción se desarrolla con base en la información plasmada en el paquete del proyecto ejecutivo y apoyada por toda información adicional preparada por la empresa constructora y la empresa de telecomunicaciones.

La construcción de los sitios celulares tendrá diferentes etapas dependiendo del tipo de sitio, siendo las siguientes las principales actividades:

**a) LIMPIEZA DE TERRENO:** En el caso de sitios en TERRENO, es necesario eventualmente limpiar la zona de construcción, eliminar los arbustos y plantas que hayan crecido en el lugar, eliminar los desperdicios que se encuentren y de igual forma remover las rocas del lugar. Para los sitios en AZOTEAS en ocasiones es necesario efectuar operaciones similares.

**b) ACCESOS:** Para todos los tipos de sitios es preciso garantizar el acceso de personas, vehículos de carga y transporte, maquinaria de construcción, grúas, camiones con revolvedoras de concreto, etc.

**c) MECÁNICA DE SUELOS:** En esta etapa se efectúan los trabajos de evaluación del suelo haciendo las pruebas de mecánica de suelos y los muestreos que sean necesarios para pruebas de laboratorio.

**d) ANÁLISIS ESTRUCTURAL:** En esta parte se revisa que las estructuras cumplan con los estándares establecidos para los equipos y estructuras complementarias para su instalación.

**e) EXCAVACIONES Y NIVELACIONES:** En sitios EN TERRENO, se realizan trabajos de excavación para la construcción de la cimentación de la torre principalmente y para el CONTENEDOR o CUARTO DE EQUIPOS. De igual forma se realizan trabajos de nivelación en el toda el área del sitio.

**f) CIMBRADO:** Colocación de la cimbra para el colado de concreto para cada estructura de la obra.

**g) ARMADO:** Preparación del acero de refuerzo para cada estructura de concreto.

**h) COLADO DE CONCRETO:** Proceso de colado de concreto para la integración de las estructuras de concreto reforzado del sitio celular.

**i) ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS DE ACERO:** En el caso de usar vigas y rejillas de acero para plataformas en las cuales se instalarán los contenedores o los equipos de telecomunicaciones OUTDOOR o los equipos auxiliares de energía.

**j) IZADO CON GRÚA:** Para la instalación del CONTENEDOR en sitios EN TERRENO como en sitios EN AZOTEA, y para la instalación de la TORRE en ambos tipos de sitio, es preciso usar una grúa para realizar este tipo de trabajos. De la misma forma, se requiere utilizar este tipo de maquinaria para la instalación de equipos para la generación de energía y equipos OUTDOOR de telecomunicaciones.

**k) ARMADO DE TORRE O MÁSTILES:** Proceso de ensamble de la torre o de los mástiles en los que se instalarán las antenas.

**l) SISTEMA DE TIERRAS:** En esta fase se coloca en el terreno, el sistema de tierras para el control de descargas, constituido por cables de cobre instalados en zanjas y dispuestos en anillos alrededor de las diferentes estructuras e interconectados entre sí, estos cables se conectan a varillas de cobre enterradas en diferentes puntos que disipan las descargas en la tierra.

**m) ACABADOS:** En esta fase se realizan todos los trabajos necesarios para dar el acabado a la obra en construcción y dejarlo listo para la etapa de instalación.

## II.1.4 INSTALACIÓN E IMPLEMENTACIÓN.

En esta etapa de proyecto se realizan todos los trabajos relacionados con la instalación de los equipos de telecomunicaciones y de energía, antenas, cables de datos, cables de energía, cables para el sistema de tierra de los equipos y la estructura de escalerillas para el transporte de cables en los casos en que se use un cuarto en un edificio haciéndose necesario el instalar directamente en el sitio esta estructura, al no tenerla previamente instalada como en el caso de los contenedores. De igual forma se procede para la puesta en marcha de los equipos así como la realización de las pruebas de funcionamiento de todas las instalaciones que constituyen el sitio celular.

Las actividades principales de esta etapa son:

**a) TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS:** En este proceso se consideran las actividades relacionadas con el transporte al sitio celular, de los equipos de telecomunicaciones, antenas, cables para la interconexión de las antenas con los equipos, material en general para la instalación de equipos y antenas, equipos y cables para el suministro de energía y herramientas para el proceso de instalación.

**b) INSTALACIÓN:** En esta parte se realizan todos los trabajos encaminados a la colocación de los equipos en su posición definitiva fijándolos al piso y; con ciertas condiciones, también en la parte superior. De igual manera se instalan los equipos para el suministro de energía eléctrica.

En esta fase se instalan y conectan los cable de datos, energía y tierras necesarios para la puesta en marcha de los equipos.

Se procede también a la instalación de los antenas y de todos aquellos equipos complementarios a los equipos de telecomunicaciones y energía.

**c) PUESTA EN MARCHA:** En esta fase se consideran todos los trabajos relacionados con la puesta en marcha de los equipos y la pruebas que a estos se hagan con el propósito de revisar el buen funcionamiento de los sistemas y de las instalaciones en general.

## II.2 DESCRIPCIÓN DE ETAPAS DE PROYECTO PARA EL EDIFICIO DEL SWITCH

En la construcción del edificio del switch están considerados los siguientes elementos principales:

**a) EDIFICIO DEL SWITCH (MTSO):** Esta es la estructura principal construida para albergar a todos los equipos que controlarán la red de telefonía inalámbrica. Este edificio está constituido por las siguientes partes principales:

- ***Cuarto del switch:***

En este cuarto se concentran los equipos de telecomunicación en general.

- ***Cuarto de energía:***

En éste cuarto se concentran todos los equipos para el suministro de energía eléctrica.

- ***POI (punto de interconexión / point of interconnection):***

Los POI's están constituidos por pequeños cuartos en los cuales se instalan los equipos para interconectar al switch con otros servicios telefónicos.

- ***Cuarto de control(map room):***

El cuarto de control (Map Room) contiene todos los equipos para el control y monitoreo de los equipos del switch y de los sistemas de alarma.

- ***Servicios generales:***

En este edificio se tendrán áreas reservadas para oficinas, cuartos de baño, cocina y cuartos para almacenaje.

**b) PLANTA DE EMERGENCIA:** La planta de emergencia para el suministro de energía auxiliar, se instala en un cuarto aparte del edificio principal del switch.

**c) TORRE:** Como en los sitios celulares se instala una torre para la colocación de las antenas.

**d) ESTACIONAMIENTO:** Se reserva un espacio para estacionamiento de automóviles y para maniobras de carga y descarga.

Las etapas de proyecto ligadas a la construcción del edificio del switch son similares a las de un sitio celular. A continuación describiremos las principales etapas de proyecto para el edificio de switch.

## **II.2.1 EVALUACIÓN DE SITIO**

La ubicación del edificio del switch dependerá también del diseño de la red de telefonía inalámbrica así como también, las dimensiones y características del mismo. En una red pequeña para una ciudad con pocos habitantes en la cual se proyecte una demanda pequeña de servicio celular, por lo general se construirá un edificio del switch para toda la ciudad el cual, tendrá dimensiones menores a las del edificio del switch de una ciudad mayor, este tendrá dimensiones suficientes para la instalación de los equipos de telecomunicaciones para el control de la red de telefonía celular con mayor demanda. Por lo general se construye más de un edificio del switch en ciudades grandes en las cuales hay una gran demanda de servicio y es preciso asegurar el control de la red en más de un sitio.

Lo ideal para la instalación del switch es construir un edificio específicamente para este propósito sin embargo, en algunos lugares es imposible encontrar en una zona estratégica para la red de telefonía, un terreno propicio, en cuyo caso, se podrá instalar el equipo en un nivel de un edificio ya existente lo que representa tener problemas técnicos de muchas índoles. En el caso de encontrar un terreno, será preciso determinar si cuenta con las dimensiones mínimas adecuadas para la construcción. En el caso de un edificio ya existente será necesario realizar una revisión estructural completa del edificio y de su cimentación dado que los equipos eventualmente pueden exceder la resistencia calculada para la estructura del edificio. También se debe revisar el espesor de las losas de entrepiso para confirmar que tienen las dimensiones requeridas para los taquetes de expansión usados para fijar los equipos al piso, sobre todo cuando se trata de una construcción realizada en zona sísmica.

Para el desarrollo de este trabajo de tesis nos concentraremos en el caso de la construcción de un edificio para el switch.

Para evaluar un sitio para la construcción del edificio del switch, se han determinado una serie de recomendaciones y requerimientos para proporcionar las condiciones óptimas para la instalación de los equipos de la central telefónica, garantizar un buen funcionamiento, garantizar seguridad y espacio para crecimiento.

### **II.2.1.1 DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES Y TRABAJOS**

Una vez localizado el sitio se evalúan las condiciones del lugar para definir las actividades y trabajos necesarios para su construcción.

## **II.2.1.1.1 ESTUDIOS REQUERIDOS PARA EL SITIO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO.**

Para cada sitio se realizan estudios y análisis obteniendo información para el desarrollo del proyecto de construcción. Básicamente el ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS es el análisis principal que se realiza en un sitio. Para la construcción del edificio y para la torre (en el caso general de desplantarla desde en terreno natural) y concretamente para la determinación de la cimentación, es preciso el estudio de mecánica de suelos. Como ya se había mencionado en la sección previa de cimentación en sitios celulares, con los datos del estudio de Mecánica de Suelos, se puede determinar la necesidad o no, de estructuras adicionales a la cimentación (PILAS, PILOTES y MICROPILOTES, CAJONES DE CIMENTACIÓN, etc.) de la torre y del edificio de switch, para obtener la resistencia requerida.

## **II.1.1.1.2 ACTIVIDADES Y TRABAJOS.**

Con base en los estudios realizados, y en la inspección física efectuada en cada sitio de construcción, se determinan los trabajos y actividades que se requerirán para la construcción. Estas actividades y trabajos dependerán del tipo de sitio.

## **II.2.2 PREPARACIÓN DEL PROYECTO PARA EL EDIFICIO DEL SWITCH (CONJUNTO DE LA CENTRAL TELEFÓNICA).**

Con la información recavada en el proceso de **Evaluación del sitio** se procede a integrar el proyecto Ejecutivo Para el Edificio del Switch, integrado con el estándar que las Empresas de Telecomunicaciones Desarrolladoras de Tecnología, Equipos y Servicios de Ingeniería, establecen. Básicamente el proyecto para el edificio del switch se integra por dos partes principales, el **PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN** y **EL PROYECTO EJECUTIVO** que tiene los planos e información para la instalación de los equipos.

El proyecto para el edificio del switch está integrado por un paquete de planos y especificaciones constituido por las siguientes partes principales:

**a) DATOS GENERALES DEL SITIO:** En esta parte se especifican los datos generales del edificio del switch en la cual están los siguientes datos:

- Nombre y número clave del sitio.
- Ubicación del sitio, especificando la dirección completa y un croquis.
- Especificación del Norte Geográfico, Declinación Magnética y Coordenadas Geográficas.
- Datos del constructor.
- Datos acerca de los permisos de construcción.



- Datos de los supervisores de construcción.

**b) CIMENTACIÓN:** Aquí se establece la información relacionada con la cimentación del edificio del switch y de la torre así como de estructuras de la planta auxiliar de energía.

**c) ESTRUCTURA:** En esta parte se desglosa la información referente a la estructura general del edificio.

**d) OBRAS COMPLEMENTARIAS:** En esta sección está la información acerca de todas aquellas obras complementarias al edificio del switch en las cuales están las cercas de protección, bardas, nichos para los el medidor de energía, etc.

**e) SISTEMA DE TIERRAS Y ENERGÍA:** Esta es la información referente a la instalación del sistema de tierras que protege a las estructuras del sitio de descargas y está integrado por electrodos, malla de tierra, anillos de tierras, estos dos integrados por cables de cobre recubiertos, pararrayos, etc. También se incluye toda la información referente al sistema para el suministro de energía.

**f) TORRE O MONOPOLO:** En esta sección se dan todas las especificaciones de la torre para la instalación de las antenas.

**g) PLANOS DE INSTALACIÓN:** Este es el paquete de planos e información relativa a la instalación de los equipos de telecomunicación.

Dentro de esta etapa de proyecto se integra toda la información técnica relativa al proceso de instalación de equipos de telecomunicación y antenas. También se integra la información sobre la descripción completa de los equipos (peso, dimensiones, etc.).

Es importante establecer que las empresas constructoras que se encarguen del proyecto tendrán que desarrollar todo el proceso de cálculo e integrar su memoria de cálculo, tomando la responsabilidad sobre las estructuras construidas en base a esta información y generar el paquete de planos y especificaciones generales necesarios para el desarrollo del proyecto.

## II.2.3 CONSTRUCCIÓN.

El proceso de construcción se desarrolla en base a la información plasmada en el paquete del proyecto ejecutivo y apoyada por toda información adicional preparada por la empresa constructora y la empresa de telecomunicaciones.

La construcción del edificio del switch tendrá diferentes etapas dependiendo del tipo de sitio, siendo las siguientes las principales actividades:

**a) LIMPIEZA DE TERRENO:** Es necesario eventualmente limpiar la zona de construcción, eliminar los arbustos y plantas que hayan crecido en el lugar, eliminar los desperdicios que se encuentren y de igual forma remover las rocas del lugar.

**b) ACCESOS:** Para todos los tipos de sitios es preciso garantizar el acceso de personas, vehículos de carga y transporte, maquinaria de construcción, grúas, camiones con revolvedoras de concreto, etc.

**c) EXCAVACIONES Y NIVELACIONES:** Se realizan trabajos de excavación para la construcción de la cimentación del edificio de switch y de la torre principalmente. De igual forma se realizan trabajos de nivelación en toda el área del sitio.

**d) CIMBRADO:** Colocación de la cimbra para el colado de concreto para cada estructura de la obra.

**e) ARMADO:** Preparación del acero de refuerzo para cada estructura de concreto.

**f) COLADO DE CONCRETO:** Proceso de colado de concreto para la integración de las estructuras de concreto reforzado.

**g) ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS DE ACERO:** En el caso de usar vigas y rejillas de acero para plataformas en las cuales se instalen equipos de cualquier tipo (equipos de telecomunicaciones o los equipos auxiliares de energía).

**h) IZADO CON GRÚA:** Este proceso se efectúa para la colocación de elementos estructurales prefabricados, para la instalación de la TORRE. De la misma forma, se requiere utilizar este tipo de maquinaria para la instalación de equipos para la generación de energía y equipos de telecomunicaciones.

**i) ARMADO DE TORRE, MONOPOLO O MÁSTILES:** Proceso de ensamble de la torre, monopolo o de los mástiles en los que se instalarán las antenas.

**j) SISTEMA DE TIERRAS:** En esta fase se coloca en el terreno, el sistema de tierras para el control de descargas, constituido por cables de cobre instalados en zanjas y dispuestos en anillos alrededor de las diferentes estructuras e interconectados entre sí, estos cables se conectan a varillas de cobre enterradas en diferentes puntos que disipan las descargas en la tierra. El acero de refuerzo de las diferentes estructuras del sitio se conectan al sistema de tierras de todo el sitio.

**k) ACABADOS:** En esta fase se realizan todos los trabajos necesarios para dar el acabado a la obra en construcción y dejarlo listo para la etapa de instalación.

## II.2.4 INSTALACIÓN E IMPLEMENTACIÓN.

En esta etapa de proyecto se realizan todos los trabajos relacionados con la instalación de los equipos de telecomunicaciones y de energía, antenas, cables de datos, cables de energía, cables para el sistema de tierra de los equipos y toda la estructura de escalerillas para el transporte de cables. De igual forma se procede para la puesta en marcha de los equipos así como la realización de las pruebas de funcionamiento de todas las instalaciones que constituyen el edificio del switch.

Las actividades principales de esta etapa son:

**a) TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS:** En este proceso se consideran las actividades relacionadas con el transporte al sitio del switch, de los equipos de telecomunicaciones, antenas, cables para la interconexión de las antenas con los equipos, material en general para la instalación de equipos y antenas, equipos y cables para el suministro de energía y herramientas para el proceso de instalación.

**b) INSTALACIÓN:** En esta parte se realizan todos los trabajos encaminados a la colocación de los equipos en su posición definitiva fijándolos al piso y con ciertos equipos, también en la parte superior. De igual manera se instalan los equipos para el suministro de energía eléctrica.

En esta fase se instalan y conectan los cable de datos, energía y tierras necesarios para la puesta en marcha del switch.

Se procede también a la instalación de las antenas y de todos aquellos equipos complementarios a los equipos de telecomunicaciones y energía.

**c) PUESTA EN MARCHA:** En esta fase se consideran todos los trabajos relacionados con la puesta en marcha de los equipos que constituyen el switch y las pruebas que a estos se hagan con el propósito de revisar el buen funcionamiento de los sistemas y de las instalaciones en general.

## II.3 CONTROL DE PROYECTO

El control de proyecto por parte de las empresas de telecomunicaciones desarrolladoras de tecnología, equipos y servicios de ingeniería es dirigido principalmente por el Gerente de Proyecto o PM (Project Manager) con la colaboración de las diferentes áreas de ingeniería. Generalmente el ingeniero de sitio o SE (Site Engineer) es la persona que apoya en las etapas de evaluación del sitio, preparación del proyecto de construcción y construcción, y participa conjuntamente con otras áreas de ingeniería en las etapas de instalación e implementación.

La posición del PM es la de participar en la planeación, administración, evaluación y control del proyecto.

El control de proyecto se hace apoyándose en diferentes herramientas con las cuales sea posible identificar y controlar los siguientes conceptos:

**a) ALCANCES Y ETAPAS DE PROYECTO:** Es preciso identificar claramente las dimensiones del proyecto delimitando sus alcances. Por otro lado es preciso dividir el proceso del proyecto en etapas para poder tener controles intermedios de los avances del mismo y de este modo poder hacer los ajustes pertinentes al proceso.

**b) ADMINISTRACIÓN DEL TIEMPOS:** Se controla y revisa el tiempo de duración y la secuencia lógica de las actividades que conforman cada etapa de proyecto.

**c) ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS:** Esto está enfocado a la selección y control del personal que participa en el desarrollo del proyecto.

**d) ADMINISTRACIÓN DEL COSTO:** Se considera aquí el proceso para estimar, planear y controlar el costo del proyecto en cada etapa y en cada actividad del proyecto.

**e) ADMINISTRACIÓN DE LOS RIESGOS:** En esta parte se identifican y evalúan los riesgos en el proyecto para resolver las situaciones que se presenten en torno a ellos. En el desarrollo del proyecto son importantes también los tiempos de ejecución de las diferentes actividades y etapas en el desarrollo del mismo y el impacto que tienen en una ruta crítica de actividades dependientes una de otra, los retrasos en las mismas.

**f) LA ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD:** Es preciso tener un control para garantizar la calidad del proyecto teniendo como resultado, el que todas las actividades se realicen con forme a lo planeado.

**g) ADMINISTRACIÓN DE LAS ADQUISICIONES:** Cubre las decisiones esenciales para el manejo de contratistas y proveedores y de sus contratos.

**h) ADMINISTRACIÓN DE LAS COMUNICACIONES:** Observa el buen entendimiento de todos los participantes del proyecto para obtener las aprobaciones y consensos necesarios para un satisfactorio desarrollo del proyecto.

Desde el punto de vista del control de proyecto, podemos encuadrar el proceso del mismo en las siguientes etapas básicas:

- INICIACIÓN DEL PROYECTO.
- PLANEACIÓN DEL PROYECTO.
- EJECUCIÓN DEL PROYECTO.
- CONTROL DEL PROYECTO.
- CIERRE DEL PROYECTO.

El Gerente de proyecto (PM, Project Manager) es el encargado de supervisar todas las etapas del proyecto de edificio del switch y tener conocimiento de cada una de las actividades que constituyen las diferentes fases de proyecto y de la documentación necesaria para desarrollar todos estos procesos.

# **CAPÍTULO III**

## **PROCESO DE INGENIERÍA PARA SITIOS CELULARES (RADIO BASE) APOYÁNDOSE DE LAS ÁREAS DE LA INGENIERÍA CIVIL (CONSTRUCCIÓN, GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS)**

### **III.1 PROCESO DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL SITIO CELULAR.**

Como se especificó en el capítulo anterior, todas las actividades relacionadas con la construcción de un sitio celular dependen del tipo de sitio que se trate.

Basándose en el proceso de evaluación, partiremos del siguiente resumen de clasificación de los sitios:

#### **EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES:**

- a) INTERIORES (INDOOR)
- b) EXTERIORES (OUTDOOR)

#### **UBICACIÓN DE EQUIPOS Y ESTRUCTURAS PARA LA INSTALACIÓN DE ANTENAS:**

- a) AZOTEA (ROOFTOP)
- b) TERRENO (RAW LAND)
- c) MIXTO

#### **UBICACIÓN PARA INSTALAR LOS EQUIPOS:**

- a) EN CONTENEDOR (IN SHELTER)
- b) EN EDIFICIO (IN BUILDING)

#### **ESTRUCTURAS PARA INSTALAR LAS ANTENAS:**

- a) TORRE AUTO SOPORTADA
- b) TORRE AUTO SOPORTADA ESBELTA
- c) MONOPOLO
- d) TORRES ARRIOSTRADAS

### III.1.1 ACTIVIDADES PRINCIPALES EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL SITIO CELULAR.

El proceso de Construcción se desarrolla en base a la información plasmada en el paquete del proyecto ejecutivo y apoyada por toda información de soporte técnico preparada por la empresa constructora y la empresa de telecomunicaciones.

Como ya se había mencionado en el capítulo II, la construcción de los sitios celulares tendrá diferentes etapas dependiendo de la clasificación del mismo hecha en la etapa de evaluación. A continuación se explican con más detalle las principales actividades en la etapa de construcción:

**a) LIMPIEZA DE TERRENO:** En el caso de sitios en TERRENO, es necesario eventualmente limpiar la zona de construcción, eliminar los arbustos y plantas que hayan crecido en el lugar, eliminar los desperdicios que se encuentren y de igual forma remover las rocas del lugar, en ocasiones es preciso realizar trabajos de demolición de estructuras existentes en el terreno destinado para el sitio celular y con ello la remoción de los escombros derivados de esta operación.

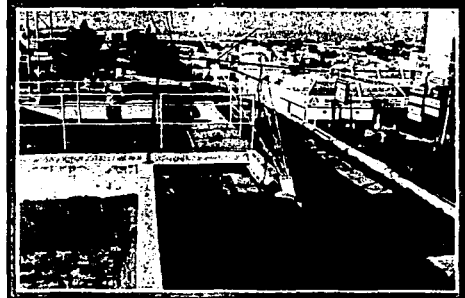
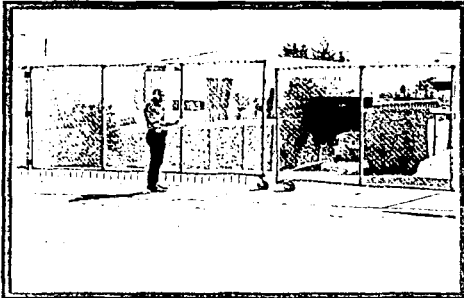


Fig. III.1 Fotografía de sitio en un terreno. Fig. III.2 Fotografía de sitio en azotea.

Para los sitios en azoteas en ocasiones es necesario efectuar operaciones de limpieza e inclusive también de demolición para dejar el espacio libre para la instalación de los equipos y estructuras de soporte.

**b) ACCESOS:** Para todos los tipos de sitios es preciso garantizar el acceso de personas, vehículos de carga y transporte, maquinaria de construcción, grúas, camiones con revolventadoras de concreto, etc. Este es un punto muy importante en el proceso completo de construcción e instalación de equipos dado que los métodos y equipos que se utilicen dependerán en gran parte de este concepto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fig. III.3 Fotografía del acceso a un sitio en azotea para maquinaria y equipo.

**c) MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIÓN:** En esta etapa se efectúan los trabajos de evaluación de las condiciones del suelo mediante los resultados obtenidos en pruebas de mecánica de suelos. La información obtenida de estos estudios proporciona datos importantes para la revisión de la cimentación propuesta para las diferentes estructuras que se han de desarrollar en el sitio, esto pasa principalmente en la cimentación de la torre o Monopolo que se utilice para la instalación de las antenas de telecomunicaciones, los fabricantes proporcionan una cimentación estándar para cada modelo de torre o Monopolo que producen, dando la resistencia del suelo que requieren, de tal forma que los resultados obtenidos en los estudios de mecánica de suelos, permiten determinar si se requerirán estructuras adicionales para proporcionar un soporte adecuada.

Para llegar en el laboratorio a resultados razonablemente dignos de crédito es necesaria la obtención de las muestras de suelos apropiadas para la realización de las correspondientes pruebas.

Para determinar el programa de muestreo y pruebas que se han de realizar para cada sitio en particular, es común efectuar un programa preliminar de exploración y muestreo, adquiriéndose información preliminar suficiente respecto al suelo, información que, con ayuda de pruebas de clasificación, tales como granulometría y límites de plasticidad, permita formarse una idea clara de los problemas que sean de esperar en cada caso particular. Esta información permite programar en forma completa las pruebas necesarias para la obtención del cuadro completo de datos de proyecto. La realización de estas pruebas definitivas suele presentar nuevas exigencias respecto a las muestras de suelo, obligando a efectuar nuevas operaciones de sondeo y muestreo. Así pues, en general, se tendrán dos tipos de sondeos: preliminares y definitivos, cada uno con sus métodos propios de muestreo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Los tipos principales de sondeo que se usan en Mecánica de Suelos para fines de muestreo y conocimiento del subsuelo, en general, son los siguientes:

### ***Métodos de exploración de carácter preliminar:***

- Pozo a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado.
- Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.
- Métodos de lavado.
- Método de penetración estándar.
- Método de penetración cónica.
- Perforación en boleos y gravas (con barretones, etc.)

### ***Métodos de sondeo definitivo:***

Se incluyen aquí los métodos de muestreo que tienen por objeto rendir muestras inalteradas en suelos, apropiadas para pruebas de compresibilidad y resistencia y muestras de roca, que no pueden obtenerse con los métodos antes mencionados. En ocasiones, cuando estas muestras no se requieran, los procedimientos anteriores, especialmente los que rinden muestras representativas, pueden llegar a considerarse como definitivos, en el sentido de no ser necesaria exploración posterior para recabar las características del suelo; sin embargo, cuando la clasificación del suelo permita pensar en la posibilidad de la existencia de problemas referentes a asentamientos o a falta de la adecuada resistencia al esfuerzo cortante en los suelos, se hará necesario recurrir a los métodos que ahora se exponen:

- Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado.
- Método con tubo de pared delgada.
- Métodos rotatorios para roca.

### ***Métodos Geofísicos:***

Estos métodos se aplican a cuestiones de geología y minería y en mucha menor escala en mecánica de suelos no proporcionando suficiente información para fundar criterios definitivos de proyecto. En estudios para fines de cimentación no proporcionan información de detalle comparable a la que se obtiene de un programa de exploración convencional. Los métodos geofísicos son:

- Método Sísmico.
- De resistencia eléctrica.
- Magnético y gravimétrico.

Dependerá de la experiencia y del criterio de los especialistas en mecánica de suelos contratados por las empresas de telecomunicaciones, los procedimientos a efectuar para generar la información necesaria para el proyecto, entregando en forma convencional un reporte que contendrá:

- Descripción general de proyecto con la ubicación del sitio.
- Información acerca de la exploración y el muestreo.
- Pruebas de laboratorio y resultados.
- Revisión de la cimentación propuesta.
- Conclusiones y recomendaciones.

En cuanto a la cimentación, podemos identificar cimentaciones poco profundas o superficiales y cimentaciones profundas para los diferentes elementos que se instalen en el sitio celular.

### ***Cimentación poco profunda o superficial:***

En los sitios celulares se emplea principalmente la losa de cimentación para dar soporte a los contenedores que contendrán los equipos de telecomunicaciones. En los casos en que se construya un cuarto para este propósito, se podrán manejar zapatas corridas para la cimentación del mismo. En cuanto a equipos de telecomunicaciones para exteriores y para generadores de energía eléctrica auxiliar se manejan losas de cimentación de igual forma que con los contenedores.

### ***Cimentación profunda:***

Para el caso de la cimentación para las torres o monopolos, como ya se había mencionado en este capítulo, los fabricantes proponen una cimentación para cada modelo que producen. Esta cimentación consiste, generalmente, de un dado de concreto armado por cada pata de la torre, en los que se colocan las anclas con las que se atornillan las patas de la torre. Estos dados se ligan entre sí con una losa de cimentación o por traves de liga. De la misma forma, se construye una sola estructura similar para un monopolo.

En todos los casos, cuando no se encuentra a poca profundidad un suelo lo suficientemente resistente para desplantar directamente sobre él la cimentación de la torre o monopolo, es preciso buscar terreno de apoyo más resistente a mayor profundidad; a veces estos no aparecen a niveles alcanzables económicamente y es preciso utilizar como apoyo los terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone contando con elementos de cimentación que distribuyan la carga en un espesor grande de suelo. En todos estos casos se hace necesario recurrir al uso de cimentaciones profundas.

Las cimentaciones profundas usadas para resolver estos problemas son:

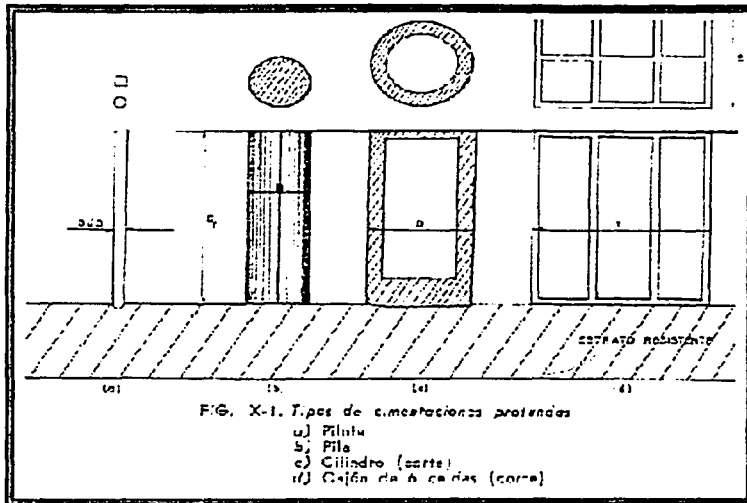


Fig. III.4 Diagrama que representa los diferentes tipos de cimentaciones profundas.

**Pilotes:** elementos muy esbeltos con dimensiones transversales del orden comprendido entre 0.30 m y 1.00 m. Pueden ser de madera concreto o acero.

**Pilas:** elementos cuyo ancho sobrepasa 1.00 m pero no excediendo el doble de ese valor.

**NOTA:** No se ha establecido hasta hoy una distinción definida entre pilas y pilotes y el criterio arriba expuesto tiene el mérito de ser seguido por un cierto número de especialistas.

**Cilindros:** se requieren muchas veces elementos de mayor sección que los anteriores a los que se da el nombre de cilindros, los diámetros suelen oscilar entre 3.00 m y 6.00 m, se construyen huecos para ahorro de materiales y de peso, con un tapón en su punta y siempre se hace de concreto.

#### **Cajones de cimentación:**

De igual forma que con los cilindros, son elementos de mayor sección que los pilotes y las pilas formados por paralelepípedos. Estos también son de concreto y son huecos por ahorro de material y peso.

Hay diferentes variaciones de estos tipos de cimentación profunda y métodos para su construcción y colocación en el sitio de construcción. Estos elementos

complementarios de la cimentación estándar de una torre o monopolo deben ligarse como una sola pieza para que trabajen monolíticamente.

**d) ANÁLISIS ESTRUCTURAL:** Por parte de las empresas que se contraten para realizar las obras de construcción del sitio celular, estará la responsabilidad de generar toda la documentación que respalde el proceso de diseño y análisis estructural. Estos trabajos deberán observar algunos requerimientos mínimos, entre los cuales están:

### *Requerimientos Estructurales*

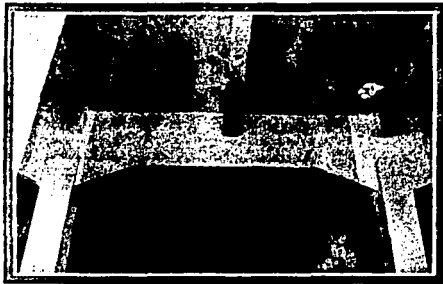


Fig. III.5 Fotografía estructura de concreto. Fig. III.6 Fotografía de plataforma de acero.

#### *Resistencia del concreto:*

Una resistencia a la compresión mínima del concreto de  $281.2278 \text{ Kg/cm}^2$  (4000 psi) para equipos para exteriores (Outdoor BTS) y  $210.9209 \text{ Kg/cm}^2$  (3000 psi) para interiores (Indoor BTS).

#### *Espesor de la losa del piso(cimentación) y del techo:*

Un espesor mínimo de losa, tanto para el techo como para el piso de 15 cm (6 pulgadas). Esta consideración se toma en cuenta para sitios en los cuales se tenga un cuarto para equipos con techo y piso de concreto. En general se procurará; sobre todo en zona sísmica, el uso de una losa de mayor espesor para ambos elementos siendo esta de unos 20 cm, dado los requerimientos en capacidad de anclaje de los taquetes de expansión empleados para fijar equipos en este tipo de zonas.

#### *Capacidad del techo:*

La resistencia mínima del techo debe ser de unos  $170 \text{ kg/cm}^2$  (35 psi).

#### *Capacidad del piso:*

La resistencia mínima del piso debe ser de unos  $675 \text{ kg/m}^2$  (150 lbs/ft<sup>2</sup>), en el área del BTS. Es importante establecer que los equipos BTS y los bancos de baterías y

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

equipos para suministro de energía, son los más grandes y pesados en un sitio celular, siendo la especificación para estos últimos de  $1464 \text{ kg/m}^2$  ( $350 \text{ lbs/ft}^2$ ).

**e) EXCAVACIONES, NIVELACIONES, TERRAPLENES:** Los trabajos de excavación están orientados principalmente a la construcción de las cimentaciones de la torre, del shelter o cuarto de equipos de telecomunicaciones y de equipos auxiliares de energía eléctrica. Estos trabajos de excavación así como el equipo a utilizar, dependerán de las especificaciones del proyecto de construcción en base a las condiciones del terreno.

Los trabajos de nivelación y compactación del terreno y el equipo para realizarlo dependerán de igual forma de las especificaciones de proyecto.

**f) CIMBRADO:** Colocación de la cimbra para el colado de concreto para cada estructura de la obra. La cimbra debe tener las siguientes características:

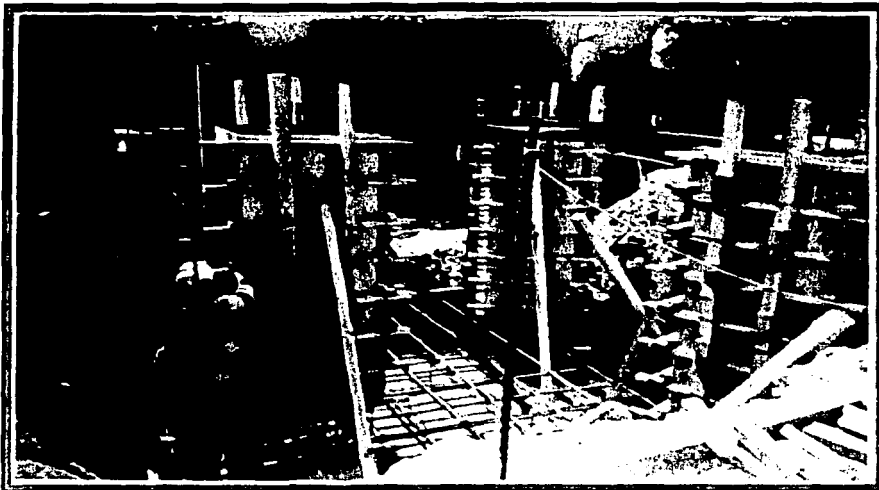


Fig. III.7 Fotografía de proceso de colocación de cimbrado para concreto.

- La cimbra debe dar como resultado una estructura que cumpla con la forma, los lineamientos y las dimensiones de los elementos, según lo establecido en los planos de diseño y en las especificaciones.
- Las cimbras deben ser sustancial y suficientemente impermeables para impedir la fuga del mortero.
- Las cimbras deben estar adecuadamente apuntaladas o ligadas, de tal manera que conserven su forma y posición.
- Las cimbras y sus apoyos deben diseñarse de tal manera que no se dañe la estructura previamente construida.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- El diseño de la cimbra tomará en cuenta los siguientes factores:

1. Rapidez y método de colocación del concreto.
2. Cargas de construcción, incluyendo carga vertical, horizontal y de impacto.
3. Requisitos especiales de la cimbra, necesarios para la construcción de estructuras con formas especiales.

### ***El proceso de descimbrado y retiro de puntales:***

Ninguna carga de construcción deberá apoyarse sobre ninguna parte de la estructura en construcción, ni se debe retirar ningún puntal de dicha parte, excepto cuando la estructura junto con el sistema restante de cimbra y de puntales tenga suficiente resistencia como para soportar con seguridad su propio peso y las cargas colocadas sobre ella.

Debe demostrarse mediante análisis estructural la existencia de suficiente resistencia, considerando las cargas propuestas, la resistencia del sistema de cimbras y puntales, así como los datos de resistencia del concreto. Los datos de resistencia del concreto deben estar basados en pruebas de cilindros curados en el campo o, cuando lo apruebe el director responsable de obra, en otros procedimientos para evaluar la resistencia del concreto.

El descimbrado deberá hacerse de tal forma que no perjudique la completa seguridad y la condición de servicio de la estructura. El concreto que se descimbra debe ser suficientemente resistente para no sufrir daños posteriores.



**Fig. III.8 Fotografía de retiro parcial de cimbra.**

**g) ARMADO:** Preparación del acero de refuerzo para cada estructura de concreto. Los elementos dentro de un sitio celular que requieren armado como parte integral de su estructura son: la cimentación de la torre, cimentación del shelter y generador de energía, en su caso la cimentación del cuarto de equipos y la cimentación de la barda para colindancias (en el caso que se utilice).

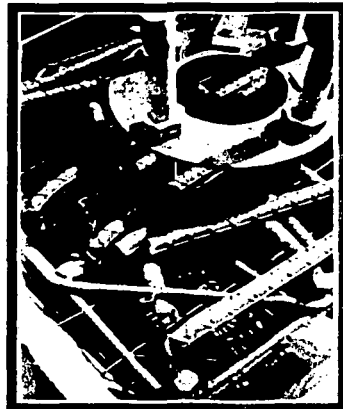
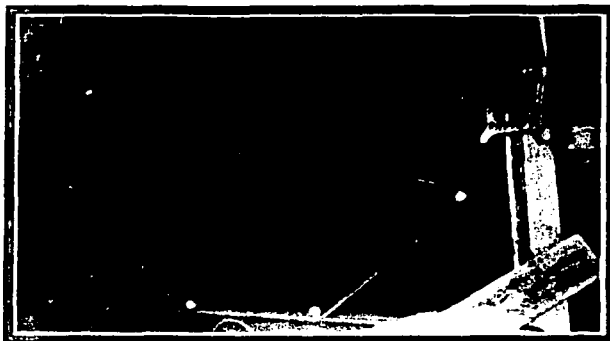


Fig. III.9 Fotografía de armado para cimentación. Fig. III.10 Fotografía del armado de un dado de una torre.

Es importante considerar en este proceso los estándares establecidos y detalles a revisar, para la preparación del acero de refuerzo en cada estructura. A continuación se citan algunos de ellos:

#### ***Ganchos estándar:***

Este concepto se refiere a los dobleces efectuados sobre las varillas dentro de un cierto rango de ángulo de doblado.

#### ***Doblado:***

Todo el acero de refuerzo debe doblarse en frío, a menos que se especifique en proyecto otro procedimiento.

#### ***Condiciones de la superficie del acero de refuerzo:***

En el momento de colar el concreto, el acero de refuerzo debe estar libre de lodo, aceite u otros recubrimientos no metálicos, que puedan afectar adversamente su capacidad de adherencia. Son permitidos los recubrimientos epóxicos en las varillas al igual que ligeras oxidaciones.

ESIS CON.  
FALLA DE OR

### ***Colocación del acero de refuerzo:***

El acero de refuerzo debe colocarse con precisión, se debe contar con los soportes necesarios antes de colar el concreto y estar asegurados contra desplazamientos dentro de ciertas tolerancias permisibles.



Fig. III.11 Fotografía del proceso de colocación de acero de refuerzo para la cimentación de una torre.

### ***Límites para el espaciamiento del acero de refuerzo:***

En cuanto a la separación de las varillas del acero de refuerzo se pueden observar algunas condiciones básicas para su disposición.

Para varillas paralelas de una capa, se considera una separación libre mínima de el diámetro nominal de la varilla pero no menos de 2.5 cm.. Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más capas, las varillas de las capas superiores deben colocarse exactamente arriba de las que están en las capas inferiores, con una distancia libre entre ambas no menor a 2.5 cm. En elementos en compresión reforzados con espirales o anillos, la distancia libre entre varillas longitudinales no será menor de 1.5 el diámetro nominal de una varilla, ni de 4 cm. La limitación entre la distancia libre entre las varillas también se debe aplicar a las distancias libres entre un traslape y los traslapes de las varillas adyacentes. Los grupos de varillas paralelas de refuerzo armadas en paquetes, que actúan como una unidad, deben limitarse a cuatro varillas para cada paquete. Los paquetes de varillas deben estar confinados por estribos o anillos. Donde las limitaciones de espaciamiento y recubrimiento mínimo de concreto se basan en el diámetro nominal de las varillas, un paquete de varillas deberá considerarse como una varilla sencillas de un diámetro equivalente al área total de las varillas del paquete.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**h) COLADO DE CONCRETO:** Proceso de colado de concreto para la integración de las estructuras de concreto reforzado del sitio celular.

***Fabricación del concreto:***

En cuanto a la elaboración del concreto, se consideran dos procesos diferentes, el concreto integrado en la obra y el concreto integrado o prefabricado en condiciones de control en la planta. Para tener un mayor control de calidad y considerando la importancia de este tipo de obras es imperativo utilizar un concreto fabricado en planta.

El concreto debe dosificarse de manera que proporcione una resistencia promedio a la compresión, así como también satisfacer los criterios de durabilidad como son los relacionados con la exposición a congelación y deshielo, exposición a sulfatos, corrosión del acero de refuerzo.

El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto será considerado satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

1. El promedio de todas las series de pruebas de resistencia consecutivas es igual o superior a la  $f'c$  requerida.
2. Ningún resultado individual de la prueba de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que  $f'c$  por más de  $35 \text{ kg/cm}^2$ .

Los requisitos para  $f'c$  deben basarse en cilindros de prueba. Amenos que se especifique lo contrario, la  $f'c$  debe basarse en pruebas a los 28 días. Si la prueba no es a los 28 días, la edad de prueba para obtener la  $f'c$  debe indicarse en los planos o especificaciones de diseño.

Cuando los criterios de diseño indiquen el empleo de un valor de resistencia a la tensión del concreto, deberán practicarse pruebas de laboratorio para establecer un valor de  $f'ct$ , correspondiente al valor de  $f'c$ . Las pruebas de resistencia a la tensión no deben emplearse para la aceptación del concreto en el campo.

***Relación con el proporcionamiento de la mezcla de concreto:***

El proporcionamiento de los materiales para el concreto deberá establecerse para lograr:

- Trabajabilidad y consistencia que permita trabajar fácilmente con el concreto dentro de las cimbras y alrededor del refuerzo en las condiciones de colado que vayan a emplearse sin segregación ni sangrado excesivo.

- Cuando se emplean materiales diferentes para distintas partes de la obra propuesta, debe evaluarse cada una de las combinaciones.
- Los proporcionamientos del concreto, incluyendo la relación agua cemento, deben establecerse tomando como base la experiencia en el campo y /o las mezclas de prueba con los materiales que vayan a utilizarse.

### ***Preparación del equipo y del lugar de colocación:***

La preparación previa a la colocación del concreto debe incluir lo siguiente:

- a) Todo el equipo de mezclado y transporte deberá estar limpio.
- b) Deberán retirarse todos los escombros y el hielo de los espacios que serán ocupados por el concreto.
- c) Las cimbras deberán estar adecuadamente engarzadas.
- d) El acero de refuerzo deberá estar completamente libre de hielo o de otros recubrimientos.
- e) El agua deberá ser retirada del lugar de colocación del concreto antes de depositarlo, a menos que se vaya a emplear un tubo de colado (tremie) o que lo permita el director responsable de obra.
- f) La superficie del concreto ya endurecido deberá estar libre de lechada y de otros materiales sueltos antes de colocar concreto adicional sobre ella.

### ***Mezclado:***

Todo el concreto deberá mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales, y deberá descargarse completamente antes de que se vuelva a cargar la mezcladora.

El concreto mezclado en obra se mezclará de acuerdo con lo siguiente:

- a) El mezclado deberá hacerse en una mezcladora del tipo aprobado.
- b) La mezcladora deberá hacerse girar a la velocidad recomendada por el fabricante.
- c) El mezclado deberá prolongarse por lo menos durante unos cinco minutos después de que todos los materiales estén dentro del tambo, a menos que se demuestre que un tiempo menor es satisfactorio mediante las pruebas de uniformidad en el mezclado.

### ***Transporte:***

El concreto deberá transportarse de la mezcladora al sitio final de colocación empleando métodos que eviten la segregación o la pérdida de materiales. El equipo de transporte debe ser capaz de llevar el suministro de concreto a sitio de colocación sin

segregación de los componentes, y sin interrupciones que pudieran causar pérdidas de plasticidad entre colados sucesivos.

### ***Colocación:***

El concreto debe depositarse lo más cerca posible de su ubicación final para evitar la segregación debido al recolocado o al flujo.

El colado debe efectuarse a tal velocidad que el concreto conserve su estado plástico en todo momento y fluya fácilmente dentro de los espacios entre las varillas de refuerzo.

No debe colocarse en la estructura el concreto que se haya endurecido parcialmente, o que se haya contaminado con materiales extraños.

El concreto retemplado o aquél que se haya remezclado después del fraguado inicial no debe utilizarse, a menos que el ingeniero lo apruebe.

Una vez iniciado el colado, éste deberá efectuarse en una operación continua hasta que se termine el colado del tablero o la sección, de acuerdo con sus propios límites o juntas predeterminadas.

La superficie superior de las capas coladas verticalmente por lo general debe estar a nivel.

Cuando se necesiten juntas de colado, la superficie de las juntas de construcción de concreto deberán limpiarse y la lechada deberá quitarse. Inmediatamente antes de un nuevo colado de concreto, hay que mojar todas las juntas de construcción y eliminar toda el agua estancada. Las juntas de construcción deben hacerse y ubicarse de manera que no perjudiquen la resistencia de la estructura. Deberán tomarse medidas para la transferencia de cortante y de otras fuerzas, a través de las juntas de construcción.

Todo concreto deberá compactarse cuidadosamente por los medios adecuados durante la colocación, y acomodarse por completo alrededor del refuerzo y de las instalaciones ahogadas, y dentro de las esquinas de las cimbras.

### ***Curado:***

Amenos que el curado sea acelerado, el concreto deberá mantenerse a una temperatura arriba de los 10° C y en condiciones de humedad por lo menos durante los primeros siete días después de colado (excepto el concreto de alta resistencia).

El concreto de alta resistencia debe mantenerse arriba de 10° C y en condiciones de humedad por lo menos los primeros tres días.

El curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad, u otro proceso aceptado, puede emplearse para acelerar la adquisición de resistencia y reducir el tiempo de curado. El curado acelerado deberá proporcionar una resistencia a la compresión del concreto en la etapa de carga considerada por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en esa etapa de carga. El proceso de curado debe ser tal que produzca concreto con una durabilidad por lo menos equivalente al concreto curado por el método indicado en los dos párrafos anteriores. Cuando lo requiera el ingeniero, pueden exigirse pruebas complementarias de resistencia para asegurar que el curado sea satisfactorio.

### ***Requisitos para clima frío:***

Debe proporcionarse un equipo adecuado con el fin de calentar los materiales para la fabricación del concreto y protegerlo contra temperaturas de congelación o cercanas a ella. Todos los materiales integrantes del concreto y todo el acero de refuerzo, la cimbra, los rellenos y el terreno con el que habrá de estar en contacto el concreto, deben estar libres de escarcha. No deben utilizarse materiales congelados o que contengan hielo.

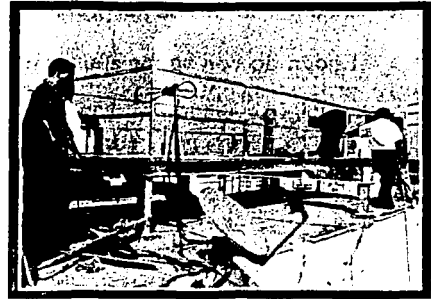
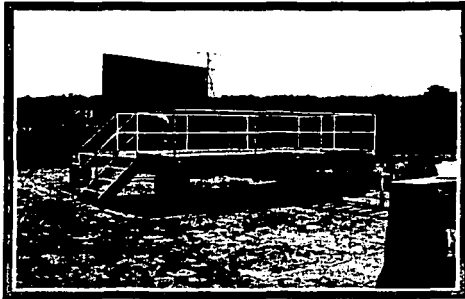
### ***Requisitos para clima caliente:***

En clima caliente deberá darse la atención adecuada a los componentes, a los métodos de producción, al manejo, a la colocación, a la protección y al curado, a fin de evitar temperaturas excesivas en el concreto o evaporación del agua, lo cual podría dañar la resistencia requerida o las condiciones de servicio del elemento o la estructura.

**i) ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS DE ACERO:** En el caso de usar vigas y rejillas de acero para plataformas en las cuales se instalarán los contenedores o los equipos de telecomunicaciones OUTDOOR o los equipos auxiliares de energía.

Para los sitios celulares en terrenos ubicados en zonas donde se presenten inundaciones, se aconseja utilizar una estructura de acero para elevar el equipo a una altura tal que queden protegidos de el agua que se pueda acumular por inundaciones.

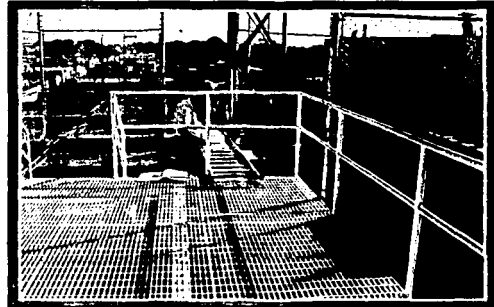
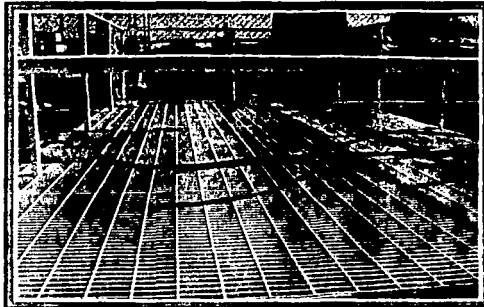
En el caso de usar este tipo de estructuras en las azoteas de los edificios, es con el propósito de controlar y bajar las cargas de los equipos a través de la estructura del edificio apoyando la estructura de acero sobre columnas principalmente. Es importante que para este propósito sean evaluadas los edificios sobre los cuales serán instaladas estas estructuras de acero garantizando que soporten el peso de estas e interactúen ambas estructuras en forma eficiente y sin afectar la integridad estructural de la edificación.



**Fig. III.12** Fotografía de plataforma de acero. **Fig. III.13** Fotografía de armado de plataforma.

El procedimiento normalmente usado para fijar las estructuras de acero al edificio es mediante la colocación de anclas de acero ligadas al acero de refuerzo de la estructura del edificio y terminadas estas uniones con concreto, formando un dado del cual sobresalen secciones de las anclas cuyos extremos están roscados para, posteriormente, fijar la estructura de acero con tuercas directamente a las anclas. El resto de los perfiles de acero se unen con tuercas y se aseguran estas conexiones con rondanas de presión o colocando doble tuerca para evitar que se aflojen las uniones de la estructura de acero.

Se colocarán rejillas de acero sobre la estructura de acero y se fijarán a ella con grapas y puntos de soldadura. Estas rejillas constituirán los andadores para los ingenieros y técnicos de mantenimiento de los equipos instalados. Se colocarán también barandales de seguridad en todo el perímetro de la plataforma.



**Fig. III.14** Fotografías de la rejilla colocada en las plataformas para tránsito de personal.

Todas las partes de acero que constituirán esta plataforma están galvanizadas para evitar la posible corrosión del metal.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**j) IZADO CON GRÚA:** Para la instalación del CONTENEDOR en sitios EN TERRENO como en sitios EN AZOTEA, y para la instalación de la TORRE en ambos tipos de sitio, es preciso usar una grúa para realizar este tipo de trabajos. De la misma forma, se requiere utilizar este tipo de maquinaria para la instalación de equipos para la generación de energía y equipos OUTDOOR de telecomunicaciones.

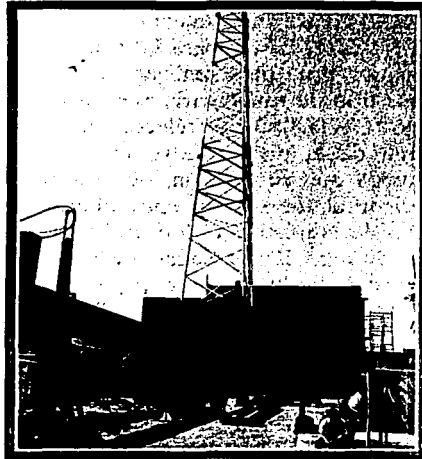
La capacidad de carga de la grúa que se utilice en estos procedimientos de penderá del peso de los equipos que se instalen, de la altura del edificio en el cual e coloquen y de la distancia horizontal que se tiene entre el punto de carga en el extremo de la pluma de la grúa y el apoyo de la misma. En general el peso máximo aproximado que se carga en un sitio celular es de unas 12 toneladas y esto se da en el caso de instalar un contenedor para equipos, grande y totalmente equipado. Las partes de la torre, dependiendo de la marca y de los procedimientos de armado, en ocasiones, también requieren del uso de grúas.

**k) ARMADO DE TORRE, MONOPOLO O MÁSTILES:** Para la colocación de las antenas de transmisión y recepción de los sistemas de telefonía inalámbrica es preciso contar con estructuras que les proporcionen tanto el soporte adecuado como la altura a la cual deben, por diseño, ser instaladas. Estas estructuras son convencionalmente torres, monopolos y mástiles y su uso depende de las condiciones del sitio en el cual se instalará en equipo de la estación celular.

Básicamente se utilizan en los sitios celulares; en base al tipo de sitio, los siguientes tipos de estructuras de soporte para las antenas:

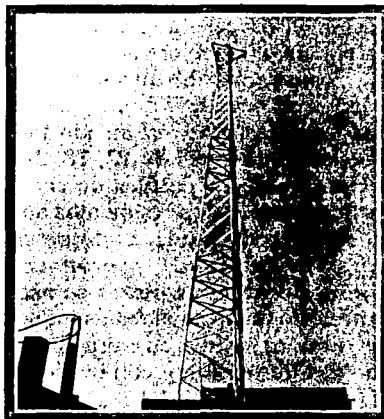
#### ***Torre auto-soportada y auto-soportada esbelta:***

La torre auto-soportada; salvo en casos muy especiales en los cuales se le llega a instalar sobre azoteas de edificios, se instala en sitios en terrenos, desplantando la torre desde los dados en los cuales están ahogadas las anclas que cuentan con rosca en su parte superior y sobre las cuales se iniciará el proceso de armado de la torre. Estas torres; como se mencionó en el capítulo II, tienen características diferentes dependiendo de los fabricantes siendo un estándar convencional, torres con secciones rectangulares y cuadrangulares, soportadas en dados en cada una de sus patas o puntos de soporte y con secciones continuas de aproximadamente 6 metros, siendo fabricadas en alturas que van en múltiplos de 6, siendo lo convencional alturas de 12, 18, 24, 30, 36 y 42 metros. Estas torres tiene como soporte principal postes o perfiles de acero continuos que cubren la longitud estándar de 6 metros y que se unen con segmentos superiores e inferiores iguales por medio e pernos o tornillos sujetos con rondanas de presión y tuercas, las cuales se aprietan a una determinada presión (libras de presión conseguida con herramienta especializada) asegurando la unión. Sobre estas piezas se aseguran todas las demás, las cuales se aseguran unas con otras de la misma manera que los elementos principales (tornillos, turcas y rondanas de presión), y que constituyen el cuerpo de la torre en una armadura que manejará los esfuerzos de tensión y compresión ejercidos sobre la torre por efectos del peso propio de la torre, peso de las antenas y cables, sismo y viento principalmente.



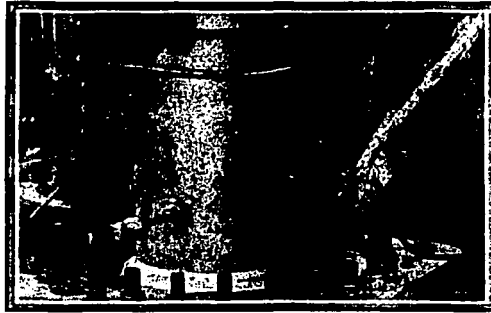
**Fig. III.15 Fotografía de torre auto-soportada.**

Para la construcción de la torre se emplean diversas técnicas entre las cuales podemos identificar tres principales: una en la cual se auxilian los técnicos de una grúa para el izado de partes de la torre en cada una de las etapas de construcción, en un proceso que podríamos denominar como ensamble pieza por pieza. Otra técnica en la cual se arman secciones completas por separado (generalmente de 6 metros) y se colocan sobre la sección inicial (sección inferior unida directamente a las anclas de los dados de la cimentación de la torre), por medio de grúa. Una tercera sería el construir la torre en la misma forma que el primer paso, pero sin el auxilio de una grúa, utilizando cuerdas, poleas y secciones de tubo un poco más grandes que las secciones continuas estándar de las torres para el izado de las demás partes.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Fig. III.16 Fotografía de la parte superior de una torre auto-soportada.**



**Fig. III.17 Fotografía de la unión de la pata de una torre auto-soportada con su cimentación.**

Las torres; en algunos casos, son complementadas con una plataforma en su parte superior, generalmente en la posición de las antenas de radio frecuencia que dan la cobertura a los aparatos celulares y que; dependiendo de los datos de diseño, se colocan en pares apuntando en tres direcciones o sectores, para ello se usan; en el caso de torres triangulares con plataformas triangulares, los vértices de la plataforma para poner los soportes sobre los cuales se instalarán las antenas. En el caso de las torres con secciones cuadrangulares, se ponen soportes o brazos extensores sobre los cuales se colocan travesaños en los que se ubican las antenas. El colocar la plataforma dependerá de cada proveedor de torres y de las características de las mismas. La función principal de las plataformas es; además de un auxiliar en la instalación, el proporcionar un lugar cómodo y seguro para realizar los trabajos de mantenimiento de las antenas.

En el caso de las antenas de microondas cuya función principal es la de establecer comunicación inalámbrica de las estaciones celulares entre si y con la central telefónica. La altura, posición, tamaño y número de antenas dependerá de los datos de diseño de las áreas de transmisión y se instalarán sobre soportes que se colocan sobre la estructura principal de la torre, constituida por las secciones que componen las extensiones de las patas de la torre.

Para el ascenso de personas a la torre, se añade una escalerilla que corre por el centro o por uno de los lados de la torre, el cual cuenta con un cable de seguridad en el centro de la escalerilla sobre el cual se instala un dispositivo de freno para el arnés del personal, evitando una posible caída. En algunos modelos de torres se cuenta con barras en las patas de la torre a manera de peldaños sobre los cuales se pueda ascender en la torre, estos en lugar o además de la escalerilla.

Es muy importante establecer que para torres de telecomunicaciones para telefonía inalámbrica celular, se instala la torre con un vértice apuntando al norte geográfico, debido a que todo el proceso de ingeniería de radiofrecuencia y transmisión para el diseño de la red de telefonía inalámbrica, se basa en este punto de referencia y por lo general; dependiendo de las condiciones de la zona y de diseño de cobertura, se orienta un sector de las antenas de radio frecuencia al norte geográfico. Esto facilita la



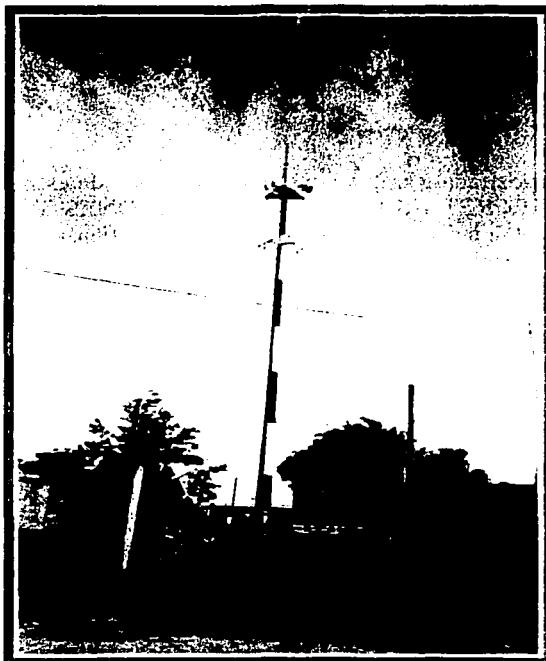
instalación de los soportes de este tipo de antenas sin que la misma torre se convierta en un obstáculo para la adecuada orientación de los sectores, dado que podría haber sectores que no fueran orientados exactamente a 0° de azimut geográfico y se requiriera mover el soporte, de estar este sujeto de un lado de la torre sería imposible la adecuada orientación.

Todos los elementos de acero de la torre están galvanizados y; dependiendo de la ubicación y altura, se requiere pintarlos de blanco y anaranjado o rojo, alternando los dos colores iniciando y terminando con anaranjado o rojo, dividiendo la torre en siete partes iguales. Además, se deben colocar luces de obstrucción (rojas o blancas (estroboscópicas)) en la parte superior de la torre y en algunos puntos intermedios dependiendo de la altura de la torre. Todas estas especificaciones y el detalle de las mismas se encuentran en las especificaciones de la SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES para el SEÑALAMIENTO VISUAL Y LUMINOSO DE OBJETOS, DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL.

### ***Monopolo:***

Los Monopolos son estructuras que cumplen con las mismas funciones que las torres auto-soportadas y están sujetas a las mismas regulaciones de la SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Su característica principal es la facilidad y rapidez de instalación además de que ocupa menos espacio que una torre auto-soportada, pero sin alcanzar los mismos rangos de alturas. Por lo general, los monopolos se fabrican; al igual que las torres, en alturas que van en múltiplos de 6 al igual que las torres, siendo las alturas 12, 18, 24, 30 y 36 metros.

El monopolo está formado de secciones de longitud variable de acuerdo a cada fabricante. Por lo general se fabrican con una plataforma triangular que tiene la posibilidad de colocarse en varias posiciones permitiendo la orientación de la misma dependiendo de la orientación de los sectores de las antenas de RF., siendo, como ya se mencionó, la orientación general al norte geográfico. La plataforma, de acuerdo a cada fabricante, tiene la posibilidad de ser instalada a diferentes alturas de acuerdo a las necesidades de altura establecidas por las áreas de ingeniería para las antenas de RF. Estas antenas de RF se instalan siguiendo los mismos criterios que para las torres auto-soportadas.



**Fig. III.18 Fotografía de un monopolo de 36 metros de altura.**

Para el ascenso de los técnicos y personal de mantenimiento se coloca una escalerilla sobre un lado del monopolo que cuenta; al igual que con las torres auto-soportadas, con un cable de seguridad con un freno para prevenir las posibles caídas de las personas que ascienden el monopolo.

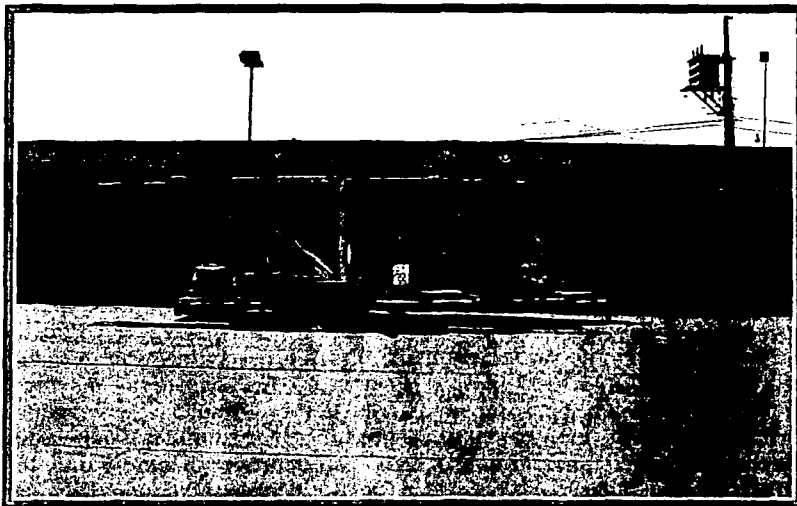
El procedimiento más adecuado para el ensamble del monopolo es hacerlo con las secciones colocadas en forma horizontal. Las secciones superiores se colocan sobre las inferiores en una formación de macho campana, todas las secciones son más anchas en su parte inferior con relación a la superior. Una vez colocadas todas las secciones, se procede a apretar las uniones con el auxilio de gatos hidráulicos, colocados en lados opuestos del monopolo, los cual ejercen una presión sobre la unión garantizando que las secciones queden permanentemente unidas. Esto es importante debido a que, los cambios de temperatura pueden alterar la integridad del monopolo aflojando las uniones. La plataforma, la escalerilla, el cable de seguridad, los soportes para las antenas, los soportes de los cables, el pararrayos y las luces de obstrucción, también se instalan con el monopolo horizontal sobre el terreno. Una vez que el monopolo está listo, se levanta y coloca sobre las anclas de la base de cimentación, con el uso de una grúa. El monopolo se nivela mediante las tuercas colocadas debajo de la sección inferior del mismo, una vez nivelado, la sección inferior del monopolo se fija; por medio de las anclas roscadas, a la

cimentación, fijando esta sección por medio de rondanas, tuercas y asegurando la unión con rondanas de presión o con otra tuerca. Por lo general se usan varias anclas distribuidas en toda la circunferencia de dicha sección.

### ***Torre arriostrada:***

Las torres arriostradas, al igual que los otros tipos de estructuras, se sujetan a las disposiciones de la SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Este tipo de estructuras al igual que las anteriores citadas, tienen como función dar a las antenas de telecomunicaciones las alturas establecidas en el proceso de diseño de la red. Las torres arriostradas se emplean en estaciones celulares fijas y en estaciones temporales llamadas COW (Cellular on wheel). En ambos casos se emplean torres arriostradas.

Las COW's se emplean cuando se quiere dar servicio de telefonía celular en una determinada zona en forma temporal como por ejemplo en ocasiones especiales como eventos deportivos, culturales, exposiciones etc. , en lugares con poca cobertura o alejados de las zonas de cobertura de la red principal. Por lo general en estas ocasiones se incrementa el número de usuarios y es preciso cubrir el servicio con estaciones como estas. También se colocan para instalar repetidos inalámbricos temporales, para la transmisión de la señal de una estación a otras o a una central telefónica.



TESIS CON  
PÁGINA DE ORIGEN

**Fig. III.19 Fotografía de una COW, Se puede apreciar la torre si extender en el remolque.**

En cualquiera que sea el caso, para la instalación de las antenas se utiliza una torre arriostrada directamente en el terreno natural o a alguna estructura auxiliar. Estas antenas son extensibles y la posición de los arriostres es variable. Los arriostres son cables de

acero los cuales se fijan por lo general al terreno con estacas. Estas torres no están diseñadas para alcanzar grandes alturas. En general se buscan terrenos amplios para su instalación debido a el área necesaria para la colocación de los tensores.

En el caso de las estaciones celulares fijas estas torres se manejan en las azoteas de edificios y las alturas que se manejan por parte de los fabricantes son, al igual que con las torres auto-soportadas y los monopolos, múltiplos de seis metros siendo principalmente las alturas convencionales de 6, 12, 18, 24 y 36 metros. El fabricante por lo general; al igual que con los otros tipos de torres y monopolos, proporciona las especificaciones técnicas relacionadas con su instalación, y la preparación del sitio para este efecto.

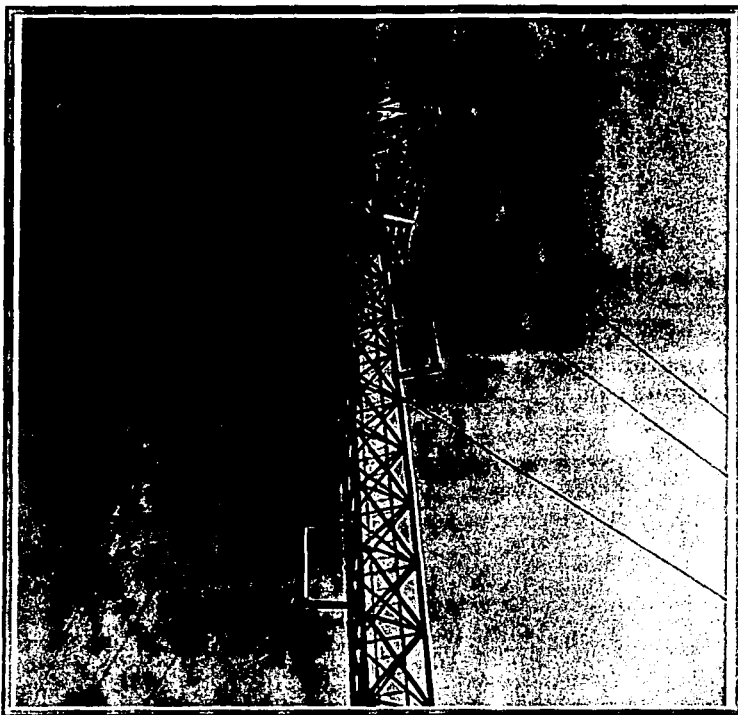


Fig. III.20 Fotografía de la parte superior de una torre arriostrada.

Los puntos principales en la preparación del sitio son:

- Posición de la base de la torre, la cual está constituida por una placa de acero fijada a la estructura del edificio ya sea con anclas integradas al acero de refuerzo y completada la unión con concreto o colocada sobre una estructura de acero ligada a la estructura del edificio en algunos puntos estructuralmente correctos para la transmisión de las cargas y esfuerzos debidas a la torre

asegurando una adecuada interacción estructural torre – estructura del edificio. La determinación del procedimiento de fijado de la base de la torre dependerá de un análisis estructural previo del edificio, en base a las dimensiones de la torre y las especificaciones técnicas de instalación. Es preciso en este proceso de evaluación estructural tomar en cuenta los diferentes esfuerzos que una torre arriostrada ejerce sobre la estructura de un edificio, como son los derivados de el peso de la torre, la tensión producida por los arriostres y los incrementos y variaciones de estos esfuerzos debidos a la acción del viento y sismos.

- Para la colocación de las bases de los arriostres se realizan las mismas consideraciones de análisis para la determinación de su posición y procedimiento de colocación.

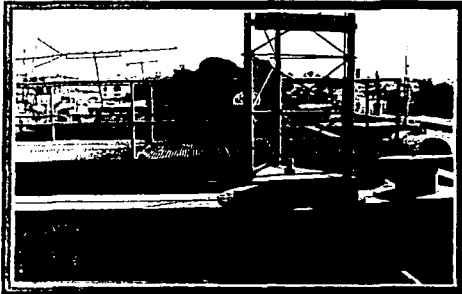


Fig. III.21 Fotografía de la instalación de torre arriostrada en una trabe de acero

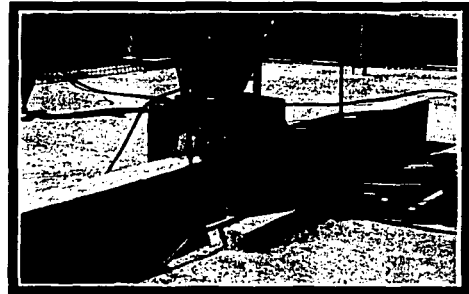


Fig. III.22 Fotografía de la instalación de una torre arriostrada sobre un dado de concreto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

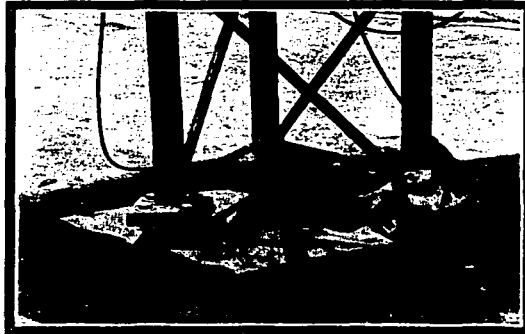
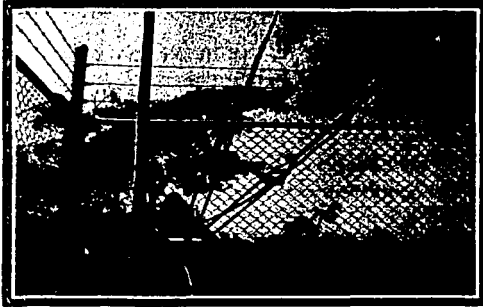


Fig. III.23 Fotografía de la instalación de una torre arriostrada sobre una losa de concreto.

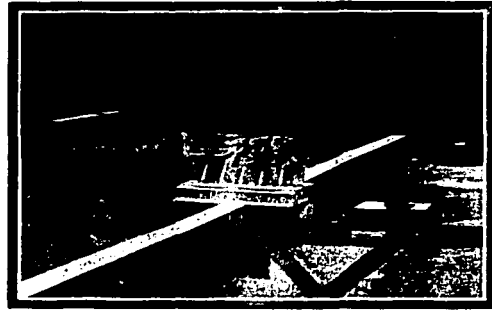
La base se une al segmento inferior de la torre, colocando este segmento sobre los pernos que forman parte de la base de la torre, esta unión se fija mediante el uso de rondanas, tuercas - rondanas de presión o sistemas de doble tuerca para asegurar que no

se afloje la unión. Por lo general se tienen tres pernos en la base, uno en cada vértice sin embargo, esto dependerá del proceso de diseño del fabricante. El estándar de este tipo de torres son las secciones triangulares.

Los segmentos superiores de la torre, cuyo número dependerá de la altura que se quiera alcanzar, se fijaran a los inferiores por medio de pernos y tuercas con los mismos elementos de seguridad para las uniones.



**Fig. III.24** Fotografía de la instalación de los tensores de una torre arriostrada sobre un dado de concreto.



**Fig. III.25** Fotografía de la instalación de los tensores de una torre arriostrada sobre una trabe de acero.

Los tensores para el arriostre de la torre, se fijarán, a diferentes alturas, en placas de acero unidas a los postes de cada segmento de la torre localizados en los vértices. Como se ha mencionado, Las posiciones, ángulo y alturas en que se colocan los tensores en la torre y el número de ellos, dependen de las consideraciones de diseño y, en ciertos casos, de las condiciones del sitio de instalación dado que, aunque se establecen estándares para las dimensiones del lugar en que se colocará la torre, no siempre es posible encontrar, en las zonas previstas en el diseño de la red de telecomunicaciones, espacios que cubran al cien por ciento con los estándares. Algunas de las consideraciones generales observadas en la instalación de estas torres, independientemente del diseño de cada fabricante, son por ejemplo, el colocar un arriostre, en la medida de lo posible, en cada tercio de la torre, asegurando todos los tensores en un mismo punto de apoyo, por cada uno de los lados de la torre conservando el mismo ángulo de inclinación de los tensores de una misma altura. A los cables de los arriostres se les coloca un elemento especial para lograr la tensión adecuada para que estructuralmente trabaje en forma eficiente.

Es uso, sobre todo en torres que superan los 6 m de altura, de marco anti-torsionante. Estos elementos tienen la misma sección que la torre pero con el doble de dimensión por lado y se colocan rotados  $180^\circ$  con relación a la posición de la torre, se asegura a los postes y se le colocan dos tensores en cada vértice sujetos a los soportes de los arriostres de la torre. Estos dispositivos tienen como función principal evitar la torsión de la torre la cual podría provocar esfuerzos adicionales en la estructura.

**D) SISTEMA DE TIERRAS:** En todo sitio celular es importante considerar el control de las descargas de corriente producto de la operación de los equipos de telecomunicaciones y de los equipos para el suministro de energía eléctrica, de igual forma de las descargas debidas a la caída sobre las instalaciones de rayos. Para lograr el control, hasta cierto punto parcial, de este tipo de fenómenos, se instala un sistemas de tierras. Este sistema está compuesto por tres partes principales:

***Pararrayos:***

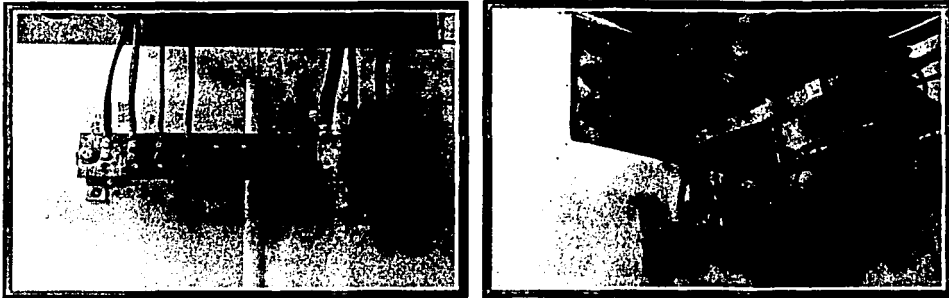
Una es el sistema de pararrayos que está constituido por un polo principal que está constituido en forma general por una varilla con características especiales que dependen de cada fabricante y que cuentan con componentes principalmente de cobre el cual es el material ideal para este propósito por sus propiedades como excelente conductor. El pararrayos se coloca por encima de los elementos a proteger, tratando de condicionar la caída del rayo sobre él para conducir la descarga directamente a tierra. La consideración establecida en la instalación del sistema de pararrayos es la formación de un cono de protección de aproximadamente 45° de inclinación, quedando controladas las descargas de los rayos en el área concentrada a una determinada distancia radial con relación a la posición del dispositivo y siendo mayor el área en función de una mayor altura no obstante, es importante considerar que el cono de cobertura no es estrictamente en esta forma, es el producto de imaginar una esfera cuyo radio es la altura de la torre y se encuentra recargada sobre ella, el área entre la torre y la esfera es la de más alta protección (96%) y disminuye el los elementos que se alejen de la torre y salen de la zona debajo de la esfera, es como el área debajo del lienzo de una carpa sostenida por un poste central, siendo considerados sin protección todos los elementos que no estén estrictamente debajo de él. El sistema no es eficiente al tener pararrayos en torres mayores de los 50 metros de altura siendo necesarios dispositivos auxiliares sin embargo, en las redes de telefonía inalámbrica no se manejan alturas de este rango.

En sitios donde se tienen torres para la instalación de las antenas, se coloca el pararrayos en la parte superior de la torre y se conecta un cable de cobre al pararrayos y se corre hasta la basa de la torre fijándose este cable, con aisladores, a una de las patas de la torre, en el caso de torres auto-soportadas, en el caso de torres arriestradas, se fija a uno de las lados de la torre, sobre uno de los elementos continuos de cada sección de la misma, en el caso de monopolos, se corre el cable en la misma forma que en los dos casos anteriores sobre un lado del monopolo. Este cable se conecta a una varilla de tierra que forma parte de la malla de tierra y que se encargará de disipar la descarga en el terreno.

En el caso de azoteas donde se alcance la altura de diseño para las antenas y no sea necesario el uso de una torre y se usen mástiles para su instalación, se colocan pararrayos en diferentes puntos del área prevista para los componentes del sitio celular, se tendrían pararrayos en cada mástil.

### ***Sistema de Tierra General:***

La segunda parte está constituida por el sistema de tierra general. Esta parte del sistema considera la protección de cables de datos, tanto los que interconectan a las antenas con los equipos de telecomunicaciones en el interior del cuarto de equipos o shelter como los que interconectan equipos en el interior del shelter. Considera también la puesta a tierra de todos los elementos metálicos del sitio, especialmente aquellos en contacto con cables de datos, cables de energía, equipos de telecomunicaciones y para suministro de energía. De igual forma, la puesta a tierra de los racks de equipos, el contenedor o shelter, la planta auxiliar de energía y tanque de combustible en caso de haberlos. La puesta a tierra de la torre o en su caso, los mástiles o monopolo. Es importante considerar la puesta a tierra de los cables que constituyen los tensores de las torres arriostradas.



**Fig. III.26 Fotografías de las barras de cobre y conexiones del sistema de un contenedor.**

Dentro de este proceso es importante no olvidar la puesta a tierra del neutro de los equipos de energía.

Todos los elementos que se instalan sobre la torre se aterrizan a barras de cobre colectoras a diferentes alturas en las torres o monopolos las cuales se interconectan y se aterrizan directamente a la malla de tierra. En el caso de sitios donde se tengan mástiles, se coloca una barra de tierra en su base para el aterrizaje de los elementos instalados sobre ellos.

### ***Malla de Tierra:***

La tercera parte del sistema es la malla de tierra la cual esta constituida por un arreglo de anillos alrededor de las diferentes estructuras e interconectados entre sí, formados por alambre de cobre desnudos instalados en zanjas. Estos anillos se conectan a varillas de cobre enterradas en diferentes puntos constituyendo los electrodos que disipan las descargas en la tierra. Los puntos donde se colocan las varillas para los electrodos, son revisados al igual que el terreno del sitio, asegurando que tenga el nivel de resistencia a la disipación de las descargas dentro de ciertos limite que permitan el adecuado



funcionamiento del sistema de tierra. El nivel de resistividad estándar en redes de telecomunicaciones es de entre 5 y 3 ohms.

En el caso de sitios en azoteas, se disponen los anillos en la misma forma pero se usan alambres con recubrimiento y se dispone una zona a nivel del terreno natural para instalar la varillas para la disipación de las descargas.

Cualquiera que sea el tipo de sitio, es necesario tomar la medición de la resistividad del terreno y de no conseguir los valores necesarios se puede mejorar la tierra en los puntos de los electrodos con tierra mejorada con químicos como por ejemplo la tierra negra.



Fig. III.27 Fotografías de las zanjas para la colocación de la malla de tierra.

**m) ACABADOS:** En esta fase se realizan todos los trabajos necesarios para dar el acabado a la obra en construcción y dejarlo listo para la etapa de instalación. Dentro de este proceso se cuida el acabado de las uniones de los soportes y cimentación de concreto para las torres, al nivelar las torres y monopolos, se queda una separación entre la cimentación o apoyo principal de concreto el cual se debe cubrir para evitar filtración de agua en la unión y tener un proceso perjudicial de corrosión de los elementos metálicos. En las cimentaciones del contenedor y equipo auxiliar de energía; en el caso de sitios en terreno natural, en los puntos donde se colocan placas de acero con pernos para fijar los equipos al concreto es necesario garantizar el sellado de la unión por las mismas razones que con las torres.

Todos los elementos metálicos usados en la estructura de la torre al igual que en mallas, tubos, y otras piezas usadas para constituir los elementos que servirán para delimitar la zona del sitio y en general todas las piezas metálicas expuestas a la intemperie y con posibilidad de sufrir deterioro por corrosión, deben estar galvanizados y/o pintados para protegerlos o en su caso ser de acero inoxidable.

En sitios en azoteas se deben observar las mismas consideraciones para los elementos metálicos. En estos sitios se usan muchas estructuras de acero las cuales deben

ser protegidas, sobre todo en los puntos de unión dado que por lo general se usan pernos y tuercas las cuales aseguran las uniones y de sufrir corrosión se podrían tener problemas serios en mantener la integridad de la estructura.

Para los cuartos de equipos o contenedores en los cuales se tengan pisos de concreto y no de madera como en el caso de los contenedores prefabricados, se tendrían las siguientes consideraciones técnicas.

### ***Tolerancia del Piso***

#### ***Nivel:***

La máxima desviación de la elevación establecida de cada piso no debe exceder  $\pm$  2.54 cm (1 pulgada) sobre el área de la entrada y la máxima diferencia en elevación entre el punto más alto y el más bajo no debe exceder 1.90 cm (0.75 pulgadas).

#### ***Aplanado:***

La máxima desviación en longitud de un borde real seguido de 2.46 m (8 pies), ubicado en cualquier lugar en el piso no debe exceder los 0.64 cm (0.25 pulgadas).

#### ***Recubrimiento:***

El piso terminado tendrá un recubrimiento adecuado para prevenir que polvo del concreto invada las áreas de equipos, por ejemplo, vinil antiestático, piso de loseta vinílica o pintado.

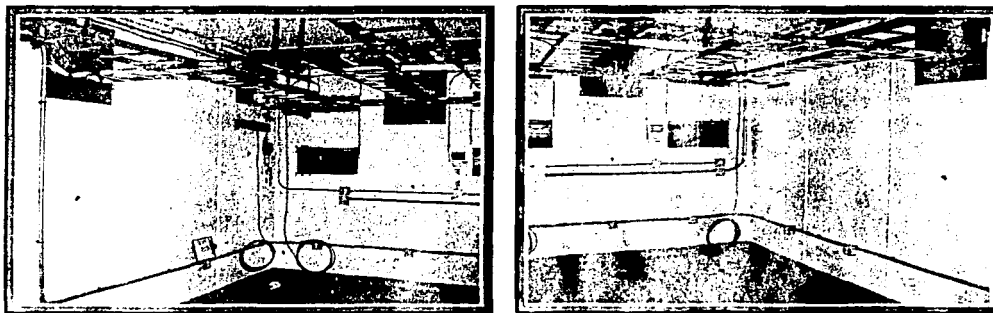
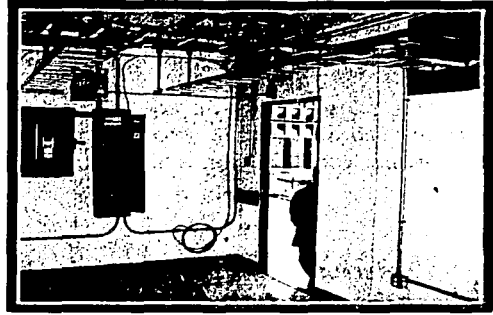


Fig. III.28 Fotografías de los acabados finales de un contenedor para la instalación de equipos. Vista del fondo del contenedor.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Fig. III.29** Fotografías de los acabados finales de un contenedor para la instalación de equipos. Vista de la entrada del contenedor.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## III.2 INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPO

Una vez concluida la etapa de construcción del sitio celular se procede con el proceso de instalación que considera principalmente la colocación y fijado de equipos de telecomunicación y para suministro de energía, antenas y cables de datos, de energía y cables para completar el sistema de tierras. El tipo de elementos a instalar en este proceso dependerá del tipo de sitio siendo; como ya se había establecido, dos tipos principales, sitios en terrenos y sitios en azoteas.

En el proceso de instalación de equipos se establecen estándares dependiendo del fabricante sin embargo, hay consideraciones de tipo general tomadas por todos los proveedores de equipos.

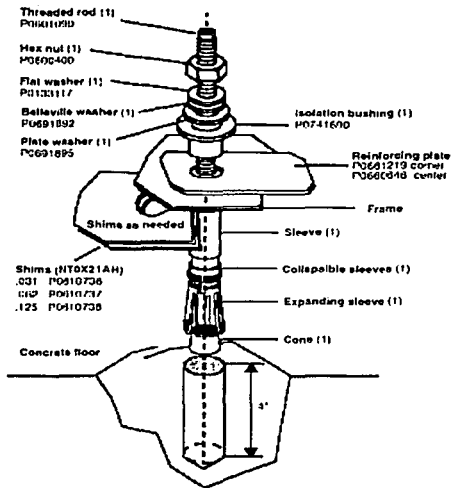
Uno de los puntos principales en el proceso de instalación es el determinar el tipo de zona en la cual se instalan los equipos desde el punto de vista de la sismicidad, siendo considerados dos tipos, zona sísmica y zona no sísmica (asísmica). Los requisitos para los anclajes de los equipos para zonas sísmicas son más estrictos que para los que no lo son.

Los anclajes, en un sismo estarán sujetos a esfuerzos adicionales a la tensión y laterales que tenderán al corte de la sección del anclaje. Para compensar este efecto, sobre todo en los sitios en azoteas, se fijan todos los equipos también en su parte superior, ya sea al techo del contenedor o cuarto de equipos o a las escalerillas de cables.

Los equipos de telecomunicaciones como los equipos para suministro de energía, se fijan en su posición por medio de pernos sujetos al piso con taquetes de expansión cuando se colocan sobre concreto. En el caso de colocarse sobre piso de madera, se usan pijas las cuales tienen tales dimensiones que garanticen el correcto anclaje del equipo.

En general, para el anclaje en concreto se requiere un espesor del piso mínimo de 10.16 a 12.70 cm (4 a 5 pulgadas), para la instalación de los taquetes de expansión convencionalmente usados, esto condicionaría, de acuerdo a lo establecido anteriormente a un espesor de losa de 20 cm, para estar dentro de ciertos rangos de seguridad, todo esto dependiendo de los tipos de anclajes utilizados para cada equipo. Un tipo de anclaje utilizado para estos propósitos son los denominados M-12 o M-16

- NTOX21AV (B0221794) M12 Anchor Installation



- NTOX21AW (B0221795) M16 Anchor Installation

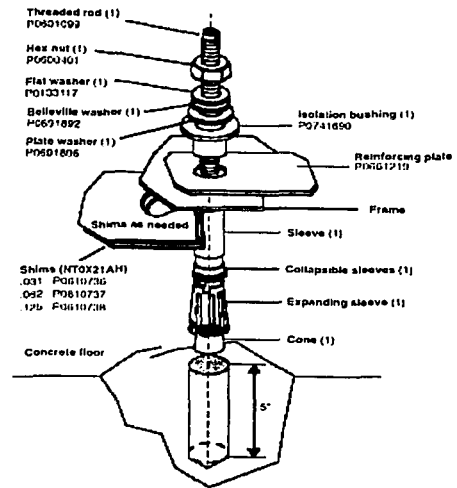


Figura III.30 Diagramas sobre los dos tipos de anclaje (taquete de expansión y juego de tornillo, tuercas y rondanas) usados para la instalación de equipos.

### *Piso Falso:*

En el caso de instalar los equipos sobre piso falso, se debe garantizar que la altura sobre el piso será lo establecido en el capítulo II para sitios celulares, y se respetarán todas las consideraciones estructurales establecidas en este capítulo. Este tipo de configuración de sitio, no es recomendable para zonas sísmicas de modo que de usarlo, debe ser diseñado en forma especial y no recurrirse a estructuras de este tipo generadas en forma estándar en el mercado.

Todo el cableado se correrá por debajo del piso sobre escalerillas de acero o aluminio, por ello es preciso contar con una altura mínima para este propósito, la cual es de 30.5 cm (1 pie), sin embargo 457 cm (18 pulgadas) es preferible.

En cuando al sistema de tierra, el piso falso debe tener continuidad eléctrica. De no poder garantizarse esto, en forma convencional, se usa, para aterrizar el piso falso, un red de alambre de cobre 2 AWG (66 MCM). Esta red debe anexarse a la estructura de soporte. Esta red debe ser de 2.4 metros x 2.4 metros (8 pies x 8 pies) y ser conectada la malla general de tierra del sitio.

### *Soportes Sujetos al Techo / Soporte de Techo:*

En zonas sísmicas se requiere instalar un sistema de soportes diagonales sobre las escalerillas de acero usadas en los contenedores o cuartos de equipos, para el corrido o

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

transporte de cables. Estos soportes restringen el movimiento excesivo de las escalerillas en el momento de presentarse un sismo, evitando daños en la misma y la posibilidad de movimientos inconveniente de los cables causando daños sobre ellos o sobre las conexiones de estos con los equipos.

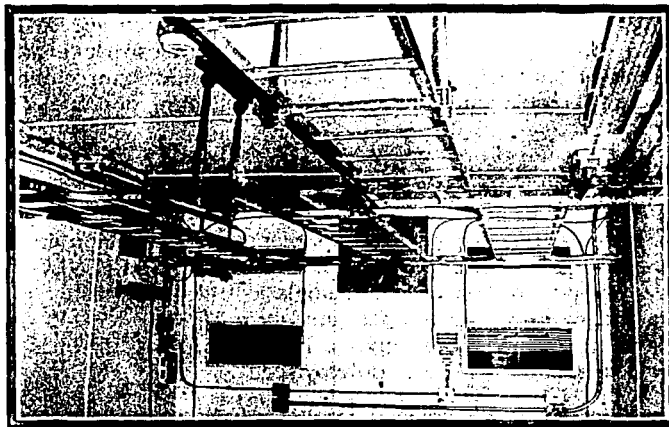


Fig. III.31 Fotografía de las escalerillas para el transporte de cables instaladas en el techo de un contenedor.

Un estándar de instalación empleado es hacer hoyos para la inserción de taquetes de expansión de 6.99 cm (2.75 pulgadas) con separaciones de 1.524 m (5 pies) entre ellos. Este estándar debe ser revisado una vez establecidas las condiciones de instalación de cada caso en particular.

### *Introducción de Equipos:*

Se confirmará en esta etapa que la entrada al shelter o cuarto de equipos esté ubicada en el extremo opuesto al punto de inicio de instalación de equipos. Esta entrada debe ser de al menos 1.22 m (4 pies) de ancho y de 2.44 m (8 pies) de altura. Esto se establece durante el proceso de diseño del cuarto de equipos o de la fabricación del contenedor y puede variar dependiendo de la marca de los equipos sin embargo, se podrían considerar como un estándar estas especificaciones.

En el caso de sitios en azoteas; de ser posible, se puede utilizar el elevador siempre que la capacidad de carga de este sea de 750 Kg. (1650 libras) o más. Es importante tener un área libre para manejo de los equipos y materiales de instalación alrededor del contenedor o cuarto de equipos, una medida recomendable sería de 9.29 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>) o más.

En forma general podríamos establecer el siguiente resumen de requisitos para considerar el sitio listo para instalación:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### ***Trabajos de obra civil:***

Antes de la llegada de los grupos de instalación de equipos tener terminados los trabajos de construcción, ensamble de estructuras de soporte de antenas (torre, monopolo, mástil) y equipos, cuarto de equipos o colocación de contenedor, sistemas de tierra y energía. El personal de instalación de equipos deben contar con acceso libre al sitio y a los caminos de llegada al mismo, desde el inicio del proceso de instalación hasta su terminación. Garantizar condiciones de seguridad del sitio para equipos y personal. Garantizar la no interferencia en el procesos de instalación por la no terminación de trabajos previos.

### ***Condiciones generales y documentación:***

Proveer a los equipos de instalación los planos de instalación de cada uno de los sitios con las especificaciones generales establecidas en el CAPÍTULO I. Se verificará que el cuarto de equipos o contenedor cumpla con los requisitos para sistema de protección contra fuego, rango de temperatura entre 18.33 y 29.44° C (65 a 85° F), humedad entre 20% a 55%. Verificar que se han tomado las acciones necesarias para asegurar que el sitio se encuentra libre de polvo y seco.

### ***Corriente Alterna AC y Sistema de Tierras:***

Proveer los sistemas de suministro de corriente eléctrica para los equipos, incluyendo contactos de 110 V AC con protección de tierra para equipos para soldar, lámparas de mano, herramientas eléctricas, etc. En las áreas de instalación. Confirmar que lo especificado en el CAPÍTULO II sobre sistema de suministro de energía se cumpla. Garantizar la preparación adecuada del sistema de tierras.

### ***Transmisión:***

Previa preparación de los sitios antes de la llegada de los instaladores incluyendo, estructuras de soporte de antenas, instalación de antenas y cables coaxiales, protectores de descargas para cables coaxiales, aterrizaje para coaxiales, etc.

### **III.3 DOCUMENTACIÓN**

Se considera para la integración de la documentación de un Sitio Celular toda aquella información necesaria para el desarrollo de todas las etapas de proyecto, **Evaluación de sitio, Preparación del proyecto ejecutivo, Construcción, Instalación e Implementación**. También se debe considerar el proceso de **Control de Proyecto** (Project Management), la cual es de las funciones más importantes en todo este proceso y que es una de las funciones desempeñadas por el ingeniero civil en la industria de las telecomunicaciones en general.

En la etapa de **Preparación del proyecto ejecutivo**, se integra el denominado **PROYECTO EJECUTIVO** para cada Sitio Celular, con la estructura considerada por las empresas de telecomunicaciones desarrolladoras de tecnología, equipos y servicios de ingeniería, en este documento se procura establecer un resumen general de los planos de construcción, destacando los detalles relevantes para los procesos de instalación de equipos ya que en esencia, los planos contenidos en el proyecto ejecutivo, son planos de instalación y la información complementaria es para soportar este proceso. Este documento es complementado por el paquete de planos de construcción generados por los contratistas, en el cual plasman el detalle constructivo y de diseño así como resultado de procesos de cálculo.

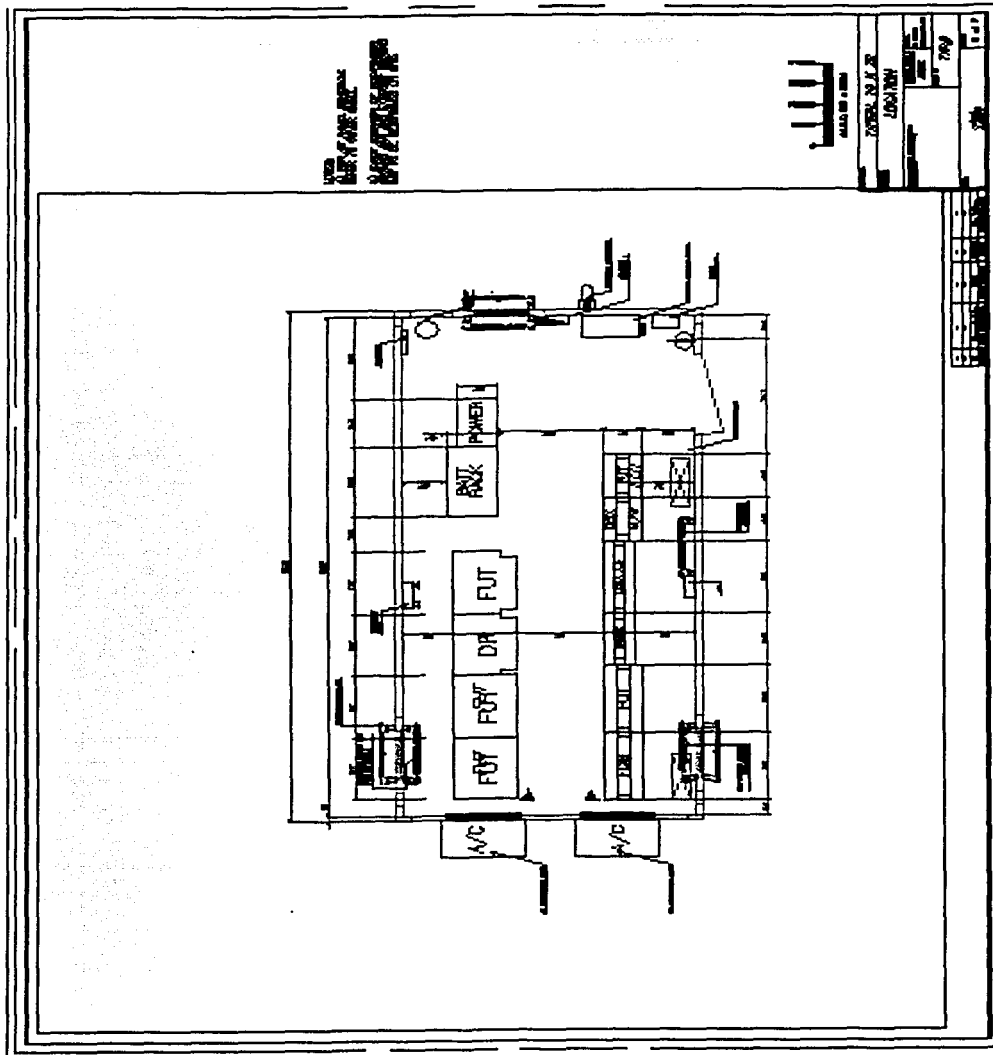
#### **III.3.1 PLANOS DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS PARA CONTENEDORES**

A continuación se muestran algunos ejemplos de planos típicos para el paquete de información usado para el proceso de instalación de equipos. En estos planos se muestran a grandes rasgos las características generales de cada etapa de instalación sin pretender mostrar cada detalle de los mismos.









**Fig. III.32** Plano de instalación de equipos en el interior de un contenedor. Este describe la posición de los equipos de telecomunicación y de energía. También muestra la ubicación de los equipos de aire acondicionado, barras para el sistema de tierra y dimensiones generales del contenedor.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

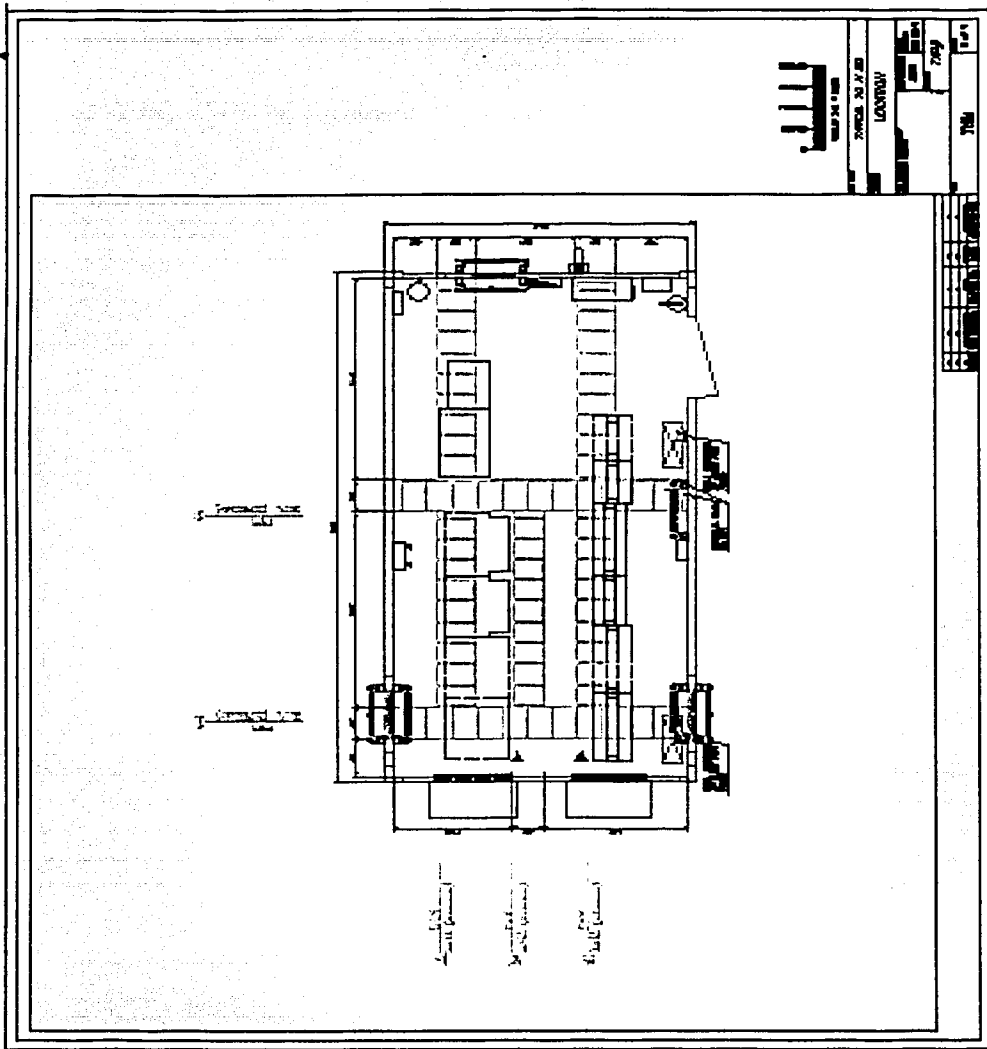


Fig. III.35 Plano que describe la posición de las escalerillas de cables en el interior de un contenedor o shelter.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# CAPÍTULO IV

## INGENIERÍA PARA EL EDIFICIO DEL SWITCH APOYÁNDOSE DE LAS ÁREAS DE LA INGENIERÍA CIVIL (CONSTRUCCIÓN, GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS)

### **IV.1 PROCESO DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DEL SWITCH**

Como ya se ha mencionado, el MTSO, edificio del Switch o también denominada central telefónica (telefonía inalámbrica), se puede instalar en un conjunto específicamente construido para este propósito o se puede instalar en un inmueble ya existente adaptando lo para la instalación de los equipos, realizando para esto una revisión completa de todo el sitio, para ver si cumple con las condiciones necesarias para acondicionarlo adecuadamente. El proceso con una edificación ya existente representa muchos problemas y riesgos, por eso se recomienda conseguir un terreno adecuado; tanto en dimensiones como en ubicación geográfica en función del diseño de la red telefónica, en el cual se construirá el edificio del switch así como todas las estructuras complementarias del sistema. Este trabajo de tesis se concentra en la construcción de un conjunto creado específicamente para la instalación de la central telefónica, y se describirán en forma general las etapas de proyecto y especificaciones para su desarrollo, también se mencionará la documentación generada para cada proyecto.

En la construcción del edificio del switch están considerados los siguientes elementos principales:

- a) EDIFICIO DEL SWITCH (MTSO):** Esta es la estructura principal construida para albergar a todos los equipos que controlarán la red de telefonía inalámbrica.

#### ***Requerimientos de Espacio:***

Se considera espacio para el equipo del Switch, equipo de interconexión, equipo de transmisión, planta de energía, banco de baterías, equipo de aire acondicionado, MAP (cuarto de control) y espacio para un proyectado de crecimiento a 5 años como estándar.

La altura mínima libre en todas las áreas de instalación es de 2.743 metros (9 pies), se considera desde el piso hasta el obstáculo más bajo (ducto de aire

acondicionado, vigas, techo falso, lámparas y tuberías). En muchos casos se provee una altura de 4 metros.

Este edificio está constituido por las siguientes partes principales:

- **Cuarto del switch:** En este cuarto se concentran los equipos de telecomunicación en general.

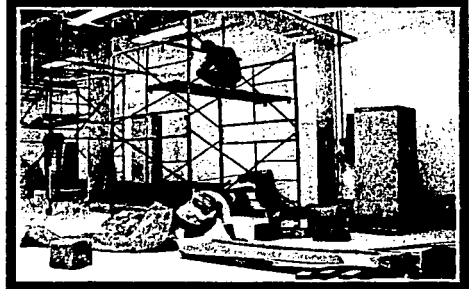


Fig. IV.1 Fotografía del cuarto del switch durante el proceso de acabados e instalación.

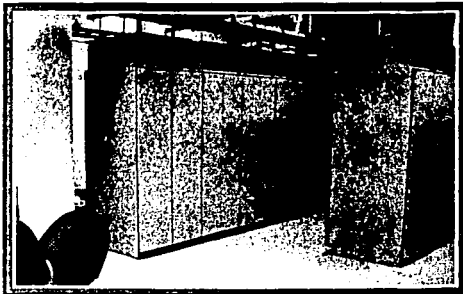


Fig. IV.2 Fotografía de equipos instalados en el cuarto del switch.



Fig. IV.3 Fotografías de equipos instalados en el cuarto del switch.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- **Cuarto de energía:** En éste cuarto se concentran todos los equipos para el suministro de energía eléctrica. Se provee espacio suficiente para la planta de energía, rectificadores, inversores, y bancos de baterías para proporcionar el respaldo de energía requerido. La altura requerida para estos equipos es la misma empleada para los equipos de telecomunicaciones. Es necesario un panel de fusibles de 400 amps. Con la habilidad de agregar un panel de 200 amps. Adicional de una fase o tres fases. El panel de fusibles debe contener 40 posiciones de 15, 20 y 60 amps. De uno y dos polos. El panel de AC debe ser instalado con un protector de variaciones de cargas. El edificio debe tener varios contactos para suministro de energía de 120 V 60 Hz con estándar americano.

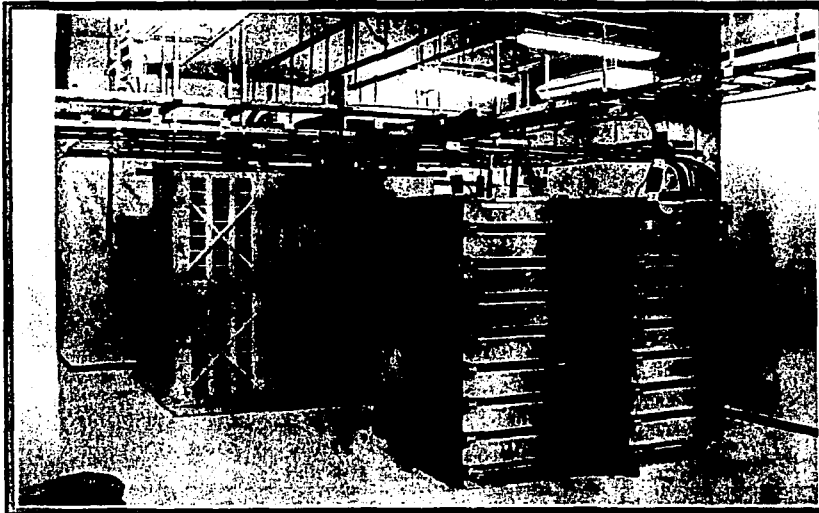


Fig. IV.4 Fotografía de los equipos para suministro de energía eléctrica y bancos de baterías, instalados en el cuarto de energía.

- **POI (punto de interconexión / point of interconnection):** Los POI's están constituidos por pequeños cuartos en los cuales se instalan los equipos para interconectar al switch con otros operadores, Empresas de telecomunicaciones prestadores de servicios, principalmente de telefonía.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



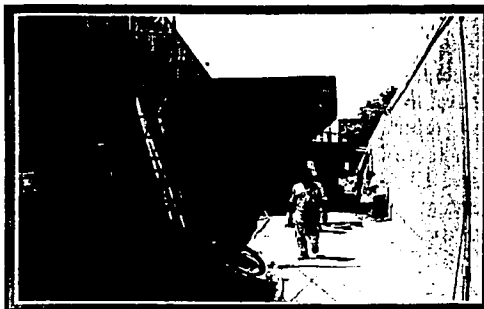


Fig. IV.5 Fotografías de la construcción de los POI's.



Fig. IV.6 Fotografías de la construcción de los POI's.

- **Cuarto de control (MAP ROOM):** El cuarto de control (Map Room) contiene todos los equipos para el control y monitoreo de los equipos del switch y de los sistemas de alarma.



Fig. IV.7 Fotografías del cuarto de control.

- **Servicios generales:** En este edificio se tendrán áreas reservadas para oficinas, cuartos de baño, cocina y cuartos para almacenaje.

### ***Aire acondicionado:***

Los equipos de telecomunicaciones precisan de un control de temperatura y humedad en forma permanente para su buen funcionamiento, esta se mantiene por medio de aparatos de aire acondicionado que mantienen estas condiciones de temperatura y humedad estables. Por lo general se instalan las unidades necesarias en función de la disipación de calor de los equipos.



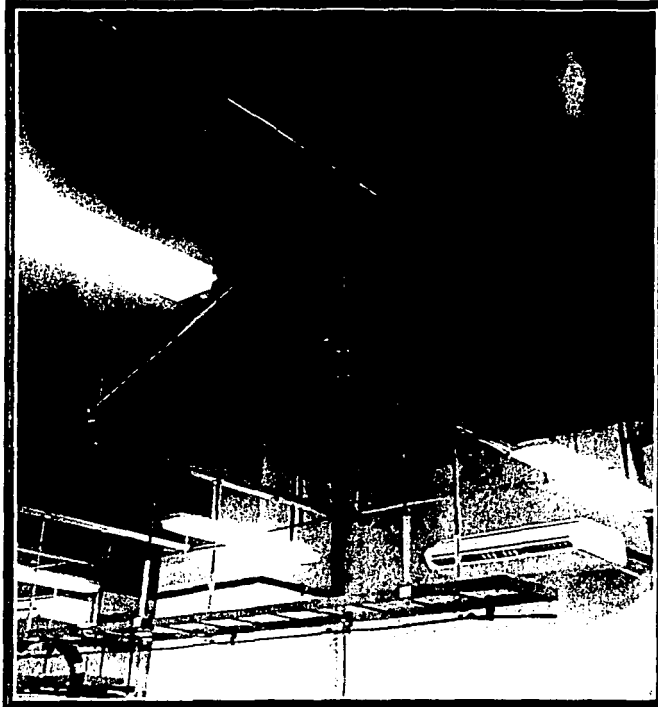
Fig. IV.8 Fotografías del equipo de aire acondicionado para le cuarto del switch.

### ***Limpieza del Aire:***

El estándar de las condiciones optimas para el adecuado funcionamiento de los equipos de telecomunicaciones es de no más de clase 100,000. La clase está definida por el número de partículas de 0.5 micrones (micras) o mayores por pie cúbico.

### ***Iluminación:***

Una vez establecido el plano de instalación de los equipos en el área dispuesta para este propósito, es necesario preparar un plano de instalación del sistema de iluminación estableciendo la posición de las lámparas y su altura con relación al piso. Para esto se da un estándar usado por los proveedores de los equipos que es de 150 lux en el frente y parte posterior del equipo a 1.2 m (5 pies) del piso.



**Fig. IV.9** Fotografía que muestra las lámparas para el sistema de iluminación.

**b) PLANTA DE EMERGENCIA:** La planta de emergencia para el suministro de energía auxiliar, se instala en un cuarto aparte del edificio principal del switch, el cual contará con espacio suficiente para la operación del generador, para mantenimiento y se le proporcionará ventilación adecuada. Este equipo contará de un sistema de transferencia de la alimentación comercial a la del generador. Se preparará un cuarto independiente adyacente a el de la planta para el combustible del generador.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fig. IV.10 Fotografía que muestra a la planta de energía.

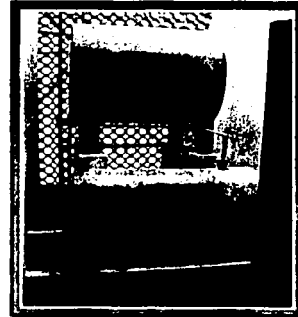


Fig. IV.11 Fotografía de la planta de emergencia y del tanque de combustible.

c) **TORRE:** Como en los sitios celulares se instala una torre para la colocación de las antenas.

d) **ESTACIONAMIENTO:** Se reserva un espacio para estacionamiento de automóviles y para maniobras de carga y descarga.

Las etapas de proyecto ligadas a la construcción del edificio del switch son similares a las de un sitio celular. A continuación describiremos las principales actividades en el proceso de Preparación y Construcción del edificio del switch.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **IV.1.1 ACTIVIDADES PRINCIPALES EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL SITIO CELULAR.**

El proceso de construcción se desarrolla en base a la información plasmada en el paquete del proyecto ejecutivo y apoyada por toda información adicional preparada por la empresa constructora y la empresa de telecomunicaciones.

La construcción del edificio del switch tendrá diferentes etapas dependiendo del tipo de sitio, siendo las siguientes las principales actividades:

**a) LIMPIEZA DE TERRENO:** Es necesario eventualmente limpiar la zona de construcción, eliminar los arbustos y plantas que hayan crecido en el lugar, eliminar los desperdicios que se encuentren y de igual forma remover las rocas del lugar. En ocasiones es preciso realizar trabajos de demolición de estructuras existentes en el terreno destinado para la central telefónica y con ello la remoción de los escombros derivados de esta operación.

**b) ACCESOS:** Para todos los tipos de sitios es preciso garantizar el acceso de personas, vehículos de carga y transporte, maquinaria de construcción, grúas, camiones con revolvedoras de concreto, etc. Este es un punto muy importante en el proceso completo de construcción e instalación de equipos dado que los métodos y equipos que se utilicen dependerán en gran parte del acceso.

Es preciso que el proceso de construcción esté perfectamente programado y revisado dado que en algunos casos los accesos al sitio de la obra son bloqueados por la terminación de las diferentes etapas de la construcción. Maquinarias empleadas en procesos como los de colocación de pilotes, son grandes y requieren de espacios amplios para ser colocadas y operar adecuadamente. Lo mismo pasa cuando se emplean grúas en el proceso de construcción, sobre todo cuando se emplean grandes elementos prefabricados de concreto o acero para la estructura del edificio.

**c) MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIÓN:** En esta etapa se efectúan los trabajos de evaluación del suelo haciendo las pruebas de mecánica de suelos y los muestreos que sean necesarios para pruebas de laboratorio. A partir de estos estudios se determinará las características del suelo en el sitio de construcción y se determinará el tipo de cimentación para todas las estructuras que conformarán el conjunto de la central telefónica. Los resultados de los estudios de mecánica de suelos se hacen críticos para la cimentación de la torre y para el edificio del switch, los resultados obtenidos en los estudios de mecánica de suelos, permiten determinar si se requerirán estructuras adicionales para proporcionar un soporte adecuada a la cimentación y a toda la estructura soportada por ella.

Los trabajos relacionados con la mecánica de suelos son los mismos que los desarrollados en los sitios celulares y que se describen en detalle en el Capítulo III / Inciso "c" / MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIÓN (CAPII / "c").

En cuanto a la cimentación, podemos identificar cimentaciones poco profundas o superficiales y cimentaciones profundas para los diferentes elementos que se instalen en el conjunto de la central telefónica.

### ***Cimentación poco profunda o superficial:***

En los conjuntos de las centrales telefónicas se emplea principalmente una forma de cimentación integrada por un sistema de zapatas corridas sobre las cuales se construye una losa de piso que convencionalmente tendrá que cumplir con un mínimo de 20 cm de espesor y será una estructura de concreto reforzado con acero, esto para garantizar un espeso adecuado para el anclaje de los equipos además de proporcionar la capacidad para soportar el peso de los mismos. Este tipo de cimentación se empleará para el cuarto del generador, caseta de vigilancia, cuartos para almacenaje y; en el caso de que los POI's no se encuentren integrados al conjunto estructural del edificio del switch, se empleará el mismo tipo de cimentación. También se usa losa de cimentación para dar soporte a los contenedores o shelters que contendrán los equipos de telecomunicaciones para el caso en que se instale un sitio celular en el conjunto de la central telefónica o también cuando se usan equipos de telecomunicaciones para exteriores o outdoor.

### ***Cimentación profunda:***

Para el caso de la cimentación para las torres o monopolos, como ya se había mencionado en el Capítulo III, los fabricantes proponen una cimentación para cada modelo que producen. Esta cimentación consiste, generalmente, de un dado de concreto armado por cada pata de la torre, en los que se colocan las anclas con las que se atornillan las patas de la torre. Estos dados se ligan entre sí con una losa de cimentación o por traves de liga. De la misma forma, se construye una sola estructura similar para un monopolo. Lo más utilizado en una central telefónica es una torre auto-soportada, estas cuentan con una estructura con tales características que permiten la instalación de más antenas.

El edificio del switch es por lo general, una estructura como máximo tres niveles y se prepara este edificio principalmente para la instalación de los equipos de telecomunicaciones para el control de la red de telefonía inalámbrica y de otros servicios relacionados. Pero también se dispone de espacio para oficinas, baños, cuarto de control MAP, cuarto de energía y recepción entre los principales. Esta estructura tiene, por lo general, dados que se ligan a la cimentación profunda y se interconectan con contra trabes. Sobre esta estructura se construye la losa de piso de concreto reforzado con un mínimo de 20 cm de espesor.

El conjunto de la central telefónica, para todos los casos arriba expuestos, en los cuales se establece la necesidad de una cimentación profunda y no se encuentra a poca

profundidad un suelo lo suficientemente resistente para desplantar directamente sobre él la cimentación de la torre o monopolo o del edificio del switch, es preciso buscar terreno de apoyo más resistente a mayor profundidad; a veces estos no aparecen a niveles alcanzables económicamente y es preciso utilizar como apoyo los terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone contando con elementos de cimentación que distribuyan la carga en un espesor grande de suelo. En todos estos casos se hace necesario recurrir al uso de cimentaciones profundas.

Las cimentaciones profundas usadas para resolver estos problemas son:

**Pilotes:** elementos muy esbeltos con dimensiones transversales del orden comprendido entre 0.30 m y 1.00 m. Pueden ser de madera concreto o acero.

**Pilas:** elementos cuyo ancho sobrepasa 1.00 m pero no excediendo el doble de ese valor.

**NOTA:** No se ha establecido hasta hoy una distinción definida entre pilas y pilotes y el criterio arriba expuesto tiene el mérito de ser seguido por un cierto número de especialistas.

**Cilindros:** se requieren muchas veces elementos de mayor sección que los anteriores a los que se da el nombre de cilindros, los diámetros suelen oscilar entre 3.00 m y 6.00 m, se construyen huecos para ahorro de materiales y de peso, con un tapón en su punta y siempre se hace de concreto.

**Cajones de cimentación:** De igual forma que con los cilindros, son elementos de mayor sección que los pilotes y las pilas formados por paralelepípedos. Estos también son de concreto y son huecos por ahorro de material y peso.

Hay diferentes variaciones de estos tipos de cimentación profunda y métodos para su construcción y colocación en el sitio de construcción. Estos elementos complementarios de la cimentación estándar de una torre o monopolo o del edificio del switch deben ligarse como una sola pieza para que trabajen monolíticamente.

**d) ANÁLISIS ESTRUCTURAL:** En esta parte se revisa que el diseño de las estructuras cumplan con los estándares establecidos para los equipos y estructuras complementarias, pudiendo efectuar su instalación con seguridad para estos elementos y para la integridad del edificio del switch y demás elementos que conforman el conjunto de la central telefónica.

Es importante que las empresas contratadas para desarrollar el proyecto constructivo y realizar los cálculos estructurales documenten estrictamente toda la información que generen al igual que se hace con los sitios celulares. Es preciso tomar en

cuenta algunos requerimientos generales establecidos por las empresas de Telecomunicaciones fabricantes de equipos, para realizar todo este trabajo.

Uno de los primeros conceptos a considerar es el respetar los reglamentos de construcción locales, siendo, en la ciudad de México, las consideraciones en cuanto a sismicidad se refiere, una de las más importantes.

### ***Ubicación del Equipo.***

Se recomienda que el equipo de telecomunicaciones se instale a nivel del terreno natural o nivel de planta baja. Esto se hace más necesario en zonas sísmicas, sobre todo por el efecto del peso de los equipos sobre la estructura del edificio, generando en la posición recomendada, menores esfuerzos y bajando el costo de la estructura.

Los equipos para la generación de energía eléctrica (planta de energía y baterías), se deben instalar en el sótano o; de no haberlo, en la planta baja en un cuarto aislado de aquel preparado para los equipos de telecomunicaciones.

En general, considerando un estándar en las dimensiones de los equipos de cada fabricante, podemos considerar que el área adecuada para su instalación sería de unos 371.6122 m<sup>2</sup> (4000 ft<sup>2</sup>), esto incluiría espacio para el equipo de telecomunicaciones, energía y cuarto de control (MAP). En general se requerirá un espacio superior para garantizar un mejor manejo de la instalación y posibles crecimientos futuros. También es importante considerar el tamaño de la demanda de servicio de telefonía en cada red lo cual provocará crecimiento en equipos.

El que los equipos queden instalados en el mismo nivel o en niveles consecutivos hace de la instalación más fácil y menos costosa, sobre todo por la cantidad de cables a utilizar, las trayectorias que estos tienen que seguir, las estructuras para el corrido de cables a instalar, entre otros conceptos.

### ***Requerimientos Estructurales***

#### ***Resistencia del concreto:***

Se debe cumplir con una resistencia del concreto de unos 210.9209 Kg /cm<sup>2</sup> (3000 psi).

#### ***Espesor de la losa del piso y del techo:***

Un espesor mínimo de losa, tanto para el techo como para el piso de 15 cm (6 pulgadas). En general se procurará; sobre todo en zona sísmica, el uso de una losa de mayor espesor para ambos elementos siendo esta de unos 20 cm, dado los requerimientos en capacidad de anclaje de los taquetes de expansión empleados para fijar equipos en este tipo de zonas.



### ***Capacidad del Techo:***

La resistencia mínima del techo debe ser de unos 170 kg / cm<sup>2</sup> (35 psi).

### ***Capacidad del Piso:***

La resistencia mínima del piso debe ser de unos 675 kg / m<sup>2</sup> (150 lbs/ft<sup>2</sup>). la especificación para el área de baterías (banco de 4 baterías) y equipos de energía es de 1464 kg / m<sup>2</sup> (350 lbs/ft<sup>2</sup>). 2928 kg / m<sup>2</sup> (700 lbs/ft<sup>2</sup>) para bancos de baterías de 8 unidades.

**e) EXCAVACIONES, NIVELACIONES, TERRAPLENES:** Se realizan trabajos de excavación para la construcción de la cimentación del edificio del switch y de la torre principalmente, estos trabajos dependerán de los requerimientos de cimentación de cada caso. Solo en el caso de que se determine el tener un sótano para usarlo como estacionamiento o para equipos de energía, se considerarán modificaciones en el diseño de la estructura, cimentación y trabajos de excavación.

De igual forma se realizan trabajos de nivelación en toda el área del sitio. Para las diferentes zonas del conjunto de la central, se llevarán al cabo trabajos de compactación del suelo.

Estos trabajos de excavación así como el equipo a utilizar, dependerán de las especificaciones del proyecto de construcción en base a las condiciones del terreno. Los trabajos de nivelación y compactación del terreno y el equipo para realizarlo dependerán de igual forma de las especificaciones de proyecto.

**f) CIMBRADO:** Colocación de la cimbra para el colado de concreto para cada estructura de la obra del conjunto de la central telefónica. La cimbra debe tener las siguientes características establecidas en la sección de cimbrado de **CAPÍTULO III / Inciso "f" / CIMBRADO.** De igual forma, para el proceso de descimbrado y retiro de puntales, se deben tomar en cuenta las mismas especificaciones descritas en el **CAPÍTULO III.**

**g) ARMADO:** Preparación del acero de refuerzo para cada estructura de concreto. Los elementos dentro del conjunto de la central telefónica que requieren armado como parte integral de su estructura son: la cimentación de la torre, cimentación del edificio del switch, las edificaciones adicionales para los POI's, generador y sitio celular (en caso de que se instale uno en el conjunto), principalmente.

Es importante considerar en este proceso los estándares establecidos y detalles a revisar, para la preparación e instalación del acero de refuerzo en cada estructura. A continuación se citan algunos de ellos:

### ***Ganchos Estándar:***

Este concepto se refiere a los dobleces efectuados sobre las varillas dentro de un cierto rango de ángulo de doblado.

### ***Doblado:***

Todo el acero de refuerzo debe doblarse en frío, a menos que se especifique en proyecto otro procedimiento.

### ***Condiciones de la superficie del acero de refuerzo:***

En el momento de colar el concreto, el acero de refuerzo debe estar libre de lodo, aceite u otros recubrimientos no metálicos, que puedan afectar adversamente su capacidad de adherencia. Son permitidos los recubrimientos epóxicos en las varillas al igual que ligeras oxidaciones.

### ***Colocación del acero de refuerzo:***

El acero de refuerzo debe colocarse con precisión, se debe contar con los soportes necesarios antes de colar el concreto y estar asegurados contra desplazamientos dentro de ciertas tolerancias permisibles.

### ***Límites para el espaciamiento del acero de refuerzo:***

En cuanto a la separación de las varillas del acero de refuerzo se pueden observar algunas condiciones básicas para su disposición.

Para varillas paralelas de una capa, se considera una separación libre mínima de el diámetro nominal de la varilla pero no menos de 2.5 cm. Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más capas, las varillas de las capas superiores deben colocarse exactamente arriba de las que están en las capas inferiores, con una distancia libre entre ambas no menor a 2.5 cm. En elementos en compresión reforzados con espirales o anillos, la distancia libre entre varillas longitudinales no será menor de 1.5 el diámetro nominal de una varilla, ni de 4 cm. La limitación entre la distancia libre entre las varillas también se debe aplicar a las distancias libres entre un traslape y los traslapes de las varillas adyacentes. En muros y losas, exceptuando las losas nervadas, la separación del refuerzo principal por flexión no debe ser mayor de tres veces el espesor del muro o de la losa, ni de 45 cm.

### ***Paquetes de varillas:***

Los grupos de varillas paralelas de refuerzo armadas en paquetes, que actúan como una unidad, deben limitarse a cuatro varillas para cada paquete. Los paquetes de varillas deben estar confinados por estribos o anillos. En vigas o trabes, las varillas

mayores del # 11 no deben armarse en paquetes. En elementos sujetos a flexión, cada una de las varillas de los paquetes que se cortan dentro del claro debe terminar en puntos distintos y separados a distancias de, por lo menos, 40 veces el diámetro nominal de la varilla. Donde las limitaciones de espaciamiento y recubrimiento mínimo de concreto se basan en el diámetro nominal de las varillas, un paquete de varillas deberá considerarse como una varilla sencillas de un diámetro equivalente al área total de las varillas del paquete.

**h) COLADO DE CONCRETO:** Proceso de colado de concreto para la integración de las estructuras de concreto reforzado de una central telefónica.

### ***Fabricación del concreto:***

En cuanto a la elaboración del concreto, se consideran dos procesos diferentes, el concreto integrado en la obra y el concreto integrado o prefabricado en condiciones de control en la planta. Para tener un mayor control de calidad y considerando la importancia de este tipo de obras es imperativo utilizar un concreto fabricado en planta.

El concreto debe dosificarse de manera que proporcione una resistencia promedio a la compresión, así como también satisfacer los criterios de durabilidad como son los relacionados con la exposición a congelación y deshielo, exposición a sulfatos, corrosión del acero de refuerzo.

El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto será considerado satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

1. El promedio de todas las series de pruebas de resistencia consecutivas es igual o superior a la  $f'c$  requerida.
2. Ningún resultado individual de la prueba de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que  $f'c$  por más de  $35 \text{ kg/cm}^2$ .

Los requisitos para  $f'c$  deben basarse en cilindros de prueba. A menos que se especifique lo contrario, la  $f'c$  debe basarse en pruebas a los 28 días. Si la prueba no es a los 28 días, la edad de prueba para obtener la  $f'c$  debe indicarse en los planos o especificaciones de diseño.

Cuando los criterios de diseño indiquen el empleo de un valor de resistencia a la tensión del concreto, deberán practicarse pruebas de laboratorio para establecer un valor de  $f'ct$ , correspondiente al valor de  $f'c$ . Las pruebas de resistencia a la tensión no deben emplearse para la aceptación del concreto en el campo.

### ***Relación con el proporcionamiento de la mezcla de concreto:***

El proporcionamiento de los materiales para el concreto deberá establecerse para lograr los mismos términos establecidos en el **CAPÍTULO III / Inciso "h" / COLADO DE CONCRETO / Relación con el proporcionamiento de concreto.**

### ***Preparación del equipo y del lugar de colocación:***

La preparación previa a la colocación del concreto debe incluir lo siguiente:

- a)** Todo el equipo de mezclado y transporte deberá estar limpio.
- b)** Deberán retirarse todos los escombros y el hielo de los espacios que serán ocupados por el concreto.
- c)** Las cimbras deberán estar adecuadamente engarzadas.
- d)** Los tabiques o bloques de los muros de relleno que van a estar en contacto con el concreto estarán bien humedecidos.
- e)** El acero de refuerzo deberá estar completamente libre de hielo o de otros recubrimientos.
- f)** El agua deberá ser retirada del lugar de colocación del concreto antes de depositarlo, a menos que se vaya a emplear un tubo de colado (tremie) o que lo permita el director responsable de obra.
- g)** La superficie del concreto ya endurecido deberá estar libre de lechada y de otros materiales sueltos antes de colocar concreto adicional sobre ella.

### ***Mezclado:***

Todo el concreto deberá mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales, y deberá descargarse completamente antes de que se vuelva a cargar la mezcladora.

El concreto mezclado en obra se mezclará de acuerdo con lo establecido en el **CAPÍTULO III / Inciso "h" / COLADO DE CONCRETO / Mezclado.**

### ***Transporte:***

El concreto deberá transportarse de la mezcladora al sitio final de colocación empleando métodos que eviten la segregación o la pérdida de materiales. El equipo de transporte debe ser capaz de llevar el suministro de concreto a sitio de colocación sin segregación de los componentes, y sin interrupciones que pudieran causar pérdidas de plasticidad entre colados sucesivos. En la construcción del conjunto de la central telefónica es importante este punto debido al volumen de concreto a trasportar en comparación a un sitio celular.

En cuanto a la colocación, curado y especificaciones para clima frío y caliente se tomará como referencia lo establecido en el CAPÍTULO III / Inciso "h"/Colocación, Curado, Requisitos para clima frío y Requisitos para clima caliente,

**i) ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS DE ACERO:** En el caso de usar vigas y rejillas de acero para plataformas en las cuales se instalen equipos de cualquier tipo (equipos de telecomunicaciones o los equipos auxiliares de energía), es importante revisar el proceso de armado de la estructura.

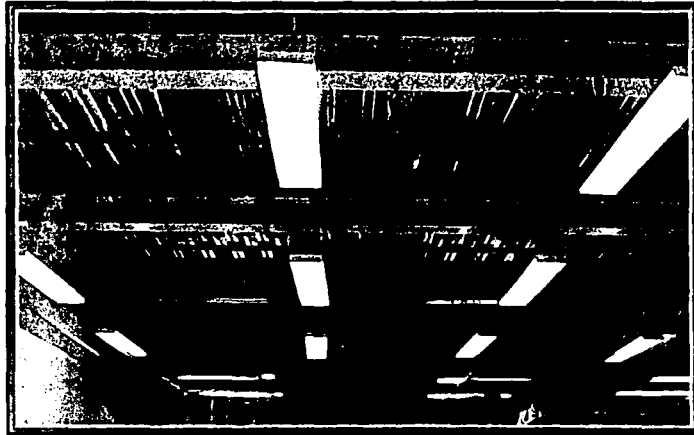


Fig. IV.12 Fotografía de traveses de acero y losa de concreto de entrepiso integrados de la estructura del edificio del switch.

La estructura del edificio del switch puede estar integrada por un sistema de vigas y columnas de acero, concreto o combinaciones de ambas. Por los tiempos de integración de las redes de telefonía celular, lo convencional es el uso de estructuras en acero para la construcción del edificio. Complementando esta estructura, se integra el entrepiso con losa de concreto.

**j) IZADO CON GRÚA:** Este proceso se efectúa para la colocación de elementos estructurales prefabricados de concreto o acero, para la construcción del edificio. También se emplean grúas en los trabajos de ensamble de la estructura sobre la cual se instalarán antenas, estas estructuras son principalmente las torres auto-soportadas y los monopolos. De la misma forma, se requiere utilizar este tipo de maquinaria para la instalación de equipos para la generación de energía eléctrica y para equipos de telecomunicación, en ambos casos se tiene el problema de manejar equipos sumamente

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

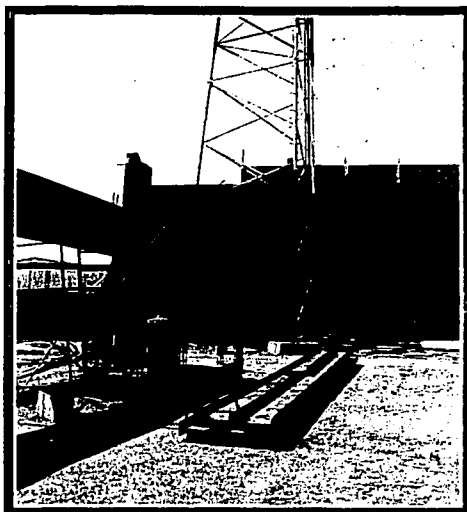
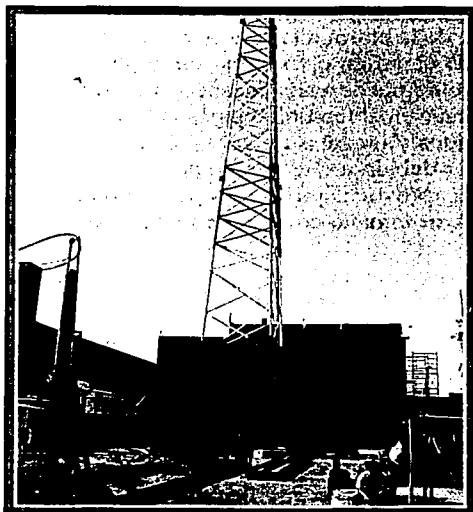
grandes y pesados los cuales son difíciles de mover y en los cuales no se tiene la posibilidad de desarmarlos para manejarlos con mayor facilidad.

La capacidad de carga de la grúa que se utilice en estos procedimientos dependerá del peso de los objetos que se tengan que mover, de la altura a la cual se coloquen y de la distancia horizontal que se tiene entre el punto de carga en el extremo de la pluma de la grúa y el apoyo de la misma. El peso de los objetos puede variar desde varias toneladas hasta unos cientos de kilos por lo cual, se usarán; en diferentes etapas del proceso de construcción de la central telefónica, diferentes tipos y tamaños de grúas. El espacio para ubicar la grúa es un punto importante a considerar debido a que el gran peso y tamaño de elementos prefabricados de concreto o acero provoca problemas de movilidad y demandan un espacio mayor para una grúa de mayor tamaño con requerimientos de espacio para anclaje grandes.

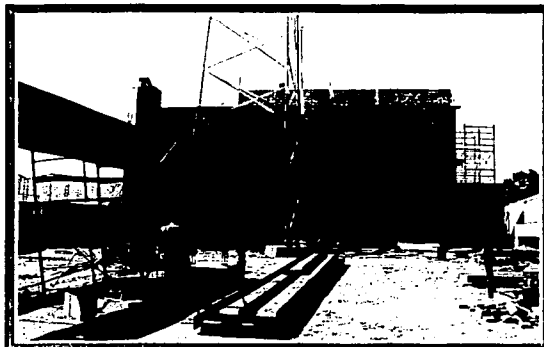
**k) ARMADO DE TORRE O MONOPOLO:** Proceso de ensamble de la torre auto-soportada o monopolo en los que se instalarán las antenas. Básicamente se consideran; como ya se había establecido anteriormente, estos dos tipos de estructuras para las antenas debido a que tienen una estructura más robusta que las torres arriostradas y esto proporciona un apoyo más fuerte para la instalación de mayor número de antenas. A comparación de los sitios celulares, las centrales telefónicas tienen un mayor número de enlaces inalámbricos, los cuales establece por medio de las antenas, esto debido a que ahí confluyen varios de los enlaces establecidos por diversas estaciones celulares instaladas alrededor de la central. De hecho la estructura apropiada para este propósito son las torres auto-soportadas, que son las estructuras más grandes y robustas. Además del tamaño de la estructura, es preciso en muchos de los casos, tener una altura tal que no sería posible alcanzar con una torre arriostrada dado el área que requerirían los tensores para dar soporte a la torre además que; en zonas sísmicas, se tendrían riesgos potenciales de daños estructurales e incluso desplome de la torre, desde este punto de vista es más apropiada la estructura de una torre auto-soportada.

Tanto para las torres auto-soportadas como para los monopolos en su instalación en el conjunto de la central telefónica se consideran las mismas especificaciones establecidas en el **CAPÍTULO III / Inciso "k"/Armado de torre, monopolo o mástiles.**

*Torre auto-soportada*

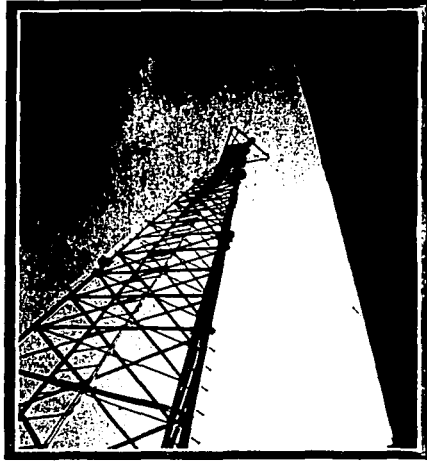


**Fig. IV.13** Fotografías de una torre auto-soportada de 36 m de altura de sección triangular instalada en el área del conjunto de una central telefónica.



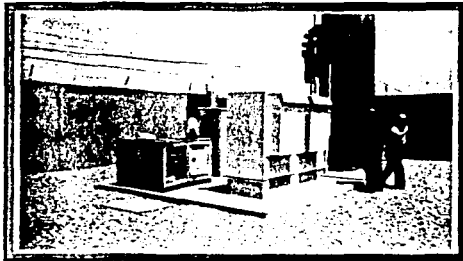
**Fig. IV.14** Fotografías de la base de la torre auto-soportada de la figura anterior.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Fig. IV.15** Fotografía de la parte superior de las figuras anteriores. Podemos observar en ellas la escalerilla para ascenso de personal instalada en un lado de la torre.

*Monopolo:*



**Fig. IV.16**



**Fig. IV.17**

En la fotografía de la figura IV.16 podemos observar la parte inferior de un monopolo de 36 m de altura anclado a la parte superior de su cimentación. En la Fig. IV-17 se tiene la parte superior del mismo monopolo que cuenta con una plataforma de mantenimiento en la parte superior y se puede observar el izado de una antena de microondas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



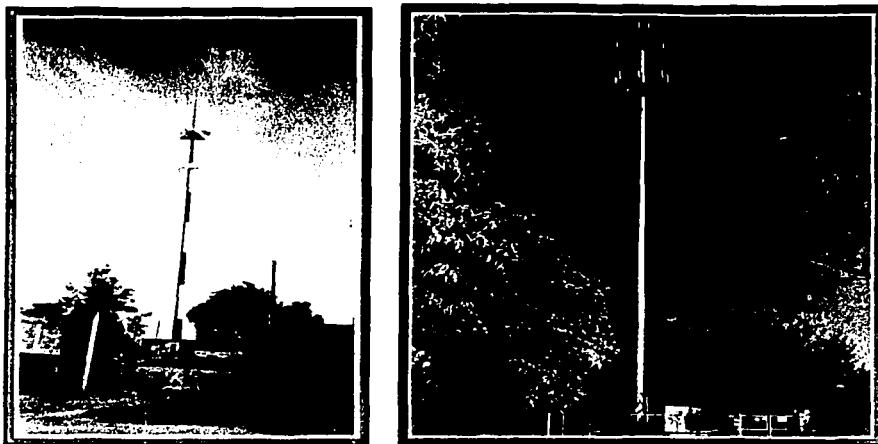


Fig. IV.18 Fotografías que muestran dos ejemplos de monopolos.

**D) SISTEMA DE TIERRAS:** En esta fase se coloca en el terreno, el sistema de tierras para el control de descargas, constituido por cables de cobre instalados en zanjas y dispuestos en anillos alrededor de las diferentes estructuras e interconectados entre sí, estos cables se conectan a varillas de cobre enterradas en diferentes puntos que disipan las descargas en la tierra. El acero de refuerzo de las diferentes estructuras de la central telefónica se conectan al sistema de tierras de todo el sitio.

En toda central telefónica es importante considerar el control de las descargas de corriente producto de la operación de los equipos de telecomunicaciones y de los equipos para el suministro de energía eléctrica, de igual forma de las descargas debidas a la caída sobre las instalaciones de rayos. Para lograr el control, hasta cierto punto parcial, de este tipo de fenómenos, se instala un sistemas de tierras. Este sistema está compuesto por tres partes principales:

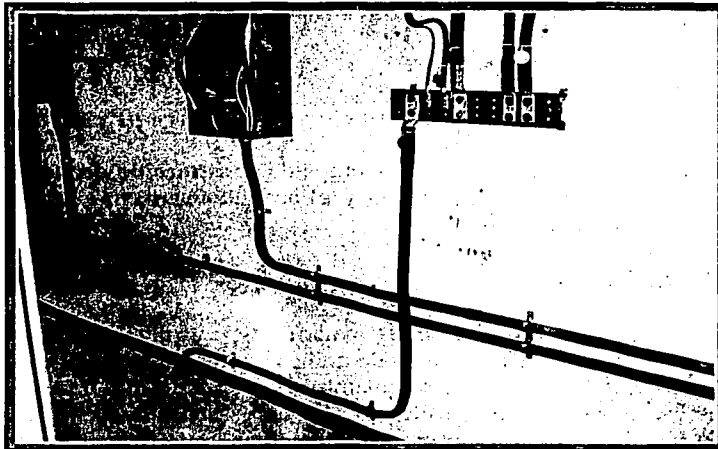
#### ***Pararrayos:***

Para el conjunto de la central telefónica se cumplen los mismos parámetros establecidos en el CAPÍTULO III / Inciso "1"/Sistema de tierras / Pararrayos.

En general, en el conjunto de una central telefónica, el pararrayos que a de dar la cobertura principal del área donde se encuentran las instalaciones, se encontrará instalado en el parte superior de la torre. Dependiendo de la distribución de los elementos del conjunto de la central y la lejanía que tengan las construcciones con respecto a la torre, se colocarán otros pararrayos en puntos estratégicos como por ejemplo, en la azotea del edificio del switch.

### ***Sistema de Tierra General:***

La segunda parte está constituida por el sistema de tierra general. Esta parte del sistema considera la protección de cables de datos, tanto los que interconectan a las antenas con los equipos de telecomunicaciones en el interior del edificio del switch como los que interconectan equipos en el interior del edificio. Considera también la puesta a tierra de todos los elementos metálicos del sitio, especialmente aquellos en contacto con cables de datos, cables de energía, equipos de telecomunicaciones y para suministro de energía. De igual forma, la puesta a tierra de los racks y gabinetes de equipos, las escalerillas y estructuras de soporte para el corrido de cables, la planta auxiliar de energía y tanque de combustible. La puesta a tierra de la torre o en su caso del monopolo son importantes para el adecuado funcionamiento del sistema de tierra.

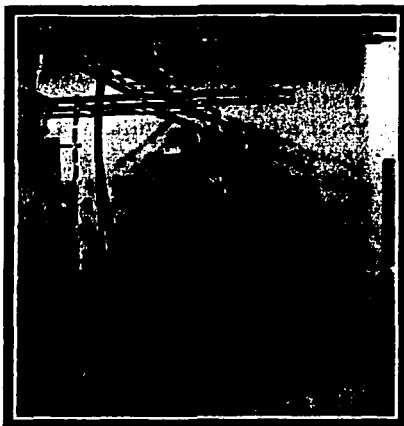


**Fig. IV.19 Fotografía que muestra la barra principal colectora del sistema de tierra general de una central telefónica y que está conectada directamente a la malla de tierra del conjunto de la central telefónica.**

Dentro de este proceso es importante no olvidar la puesta a tierra del neutro de los equipos de energía.

Todos los elementos que se instalan sobre la torre se aterrizan a barras de cobre colectoras a diferentes alturas en las torres o monopolos las cuales se interconectan y se aterrizan directamente a la malla de tierra.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Fig.20** Fotografía que muestra otro ejemplo de barra principal de tierra.

Algo importante a considerar en la etapa de construcción del edificio es la puesta a tierra del acero de refuerzo del edificio y el acondicionamiento del sistema de tierra para todas las tomas de energía del edificio.

### ***Malla de Tierra:***

La tercera parte del sistema es la malla de tierra que, al igual que en los sitios celulares, esta constituida por un arreglo de anillos alrededor de las diferentes estructuras e interconectados entre sí, formados por alambre de cobre desnudos instalados en zanjas. Estos anillos se conectan a varillas de cobre enterradas en diferentes puntos constituyendo los electrodos que disipan las descargas en la tierra. Los puntos donde se colocan las varillas para los electrodos, son revisados al igual que el terreno del sitio, asegurando que tenga el nivel de resistencia a la disipación de las descargas dentro de ciertos límite que permitan el adecuado funcionamiento del sistema de tierra. El nivel de resistividad estándar para conjuntos de centrales telefónicas en redes de telecomunicaciones es, al igual que en los sitios celulares, de entre 5 y 3 ohms.



**Fig. IV.21** Fotografía que muestra parte del proceso de unión de dos puntas del alambre de cobre que formará parte de la malla de tierra de un edificio del switch.

Cualquiera que sea el tipo de sitio en el que se construya un conjunto de central telefónica, es necesario tomar la medición de la resistividad del terreno y de no conseguir los valores necesarios se puede mejorar la tierra en los puntos de los electrodos con tierra mejorada con químicos como por ejemplo la tierra negra al igual que se hace en los sitios celulares.

**m) ACABADOS:** En esta fase se realizan todos los trabajos necesarios para dar el acabado a la obra en construcción y dejarlo listo para la etapa de Instalación.

Es importante que todas las áreas del edificio, cuarto del switch, cuarto de energía, POI's, el cuarto de control, baños, oficinas administrativas, bodegas, etc., así como los servicios de iluminación, aire acondicionado, drenaje y agua potable, limpieza del aire del aire y suministro de energía eléctrica y sistema de tierra, estén terminados y probados para iniciar con los trabajos de instalación. De igual forma se deben de dejar listos las áreas de estacionamiento, vigilancia, el cuarto para la planta de energía auxiliar, sitio celular (en el caso de haberlo), la torre o monopolo para la instalación de antenas, estructuras para el transporte de cables, etc.

Todos los elementos metálicos usados en la estructura de la torre al igual que en mallas, tubos, y otras piezas usadas para constituir los elementos que servirán para delimitar diferentes zonas dentro del conjunto y en general todas las piezas metálicas expuestas a la intemperie y con posibilidad de sufrir deterioro por corrosión, deben estar galvanizados y / o pintados para protegerlos o en su caso ser de acero inoxidable.

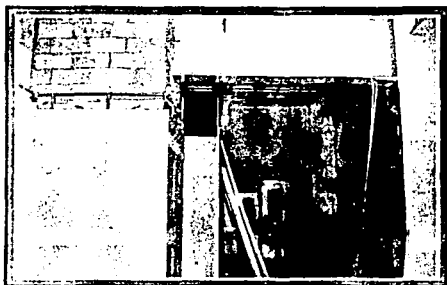


Fig. IV.22

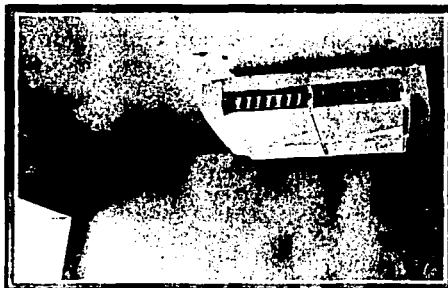


Fig. IV.23

En la fotografía de la Fig. IV.22 se puede observar el proceso de instalación de tableros de tablarroca en la entrada del edificio del switch. En la Fig. IV.23 están los acabados de los POI's y se ve una unidad de aire acondicionado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

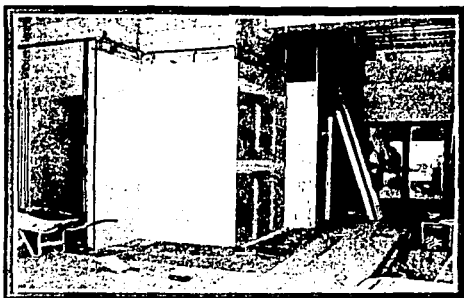


Fig. IV.24

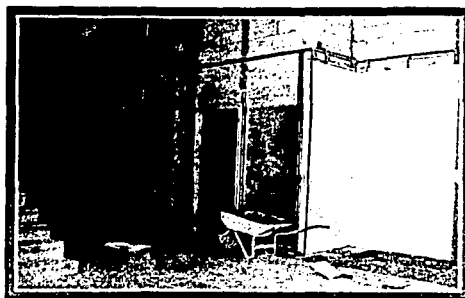


Fig. IV.25

En las fotografías de las Figs. 24 y 25 se muestran otras secciones en el proceso de instalación de tablarroca para las paredes de la entrada del edificio del switch.

### *Tolerancia del Piso*

#### *Nivel:*

La máxima desviación de la elevación establecida de cada piso no debe exceder  $+ / - 2.54$  cm (1 pulgada) sobre el área de la entrada y la máxima diferencia en elevación entre el punto más alto y el más bajo no debe exceder 1.90 cm (0.75 pulgadas).

#### *Aplanado:*

La máxima desviación en longitud de un borde real seguido de 2.46 m (8 pies), ubicado en cualquier lugar en el piso no debe exceder los 0.64 cm (0.25 pulgadas).

#### *Recubrimiento:*

El piso terminado tendrá un recubrimiento adecuado para prevenir que polvo del concreto invada las áreas de equipos, por ejemplo, vinil antiestático, piso de loseta vinílica o pintado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## IV.2 INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPO

### *Requerimientos de Espacio:*

Los equipos de telecomunicaciones se instalan formando líneas de equipos, estas están formadas por un número estándar de equipos por líneas o filas, los cuales se interconectan entre equipos de la misma fila o como con otros ubicados en otras líneas. En general se consideran entre 10 a 15 equipos por fila, dependiendo de la forma del cuarto de equipos el cual está condicionado por el terreno encontrado. Se establecen también espacios fijos entre filas de equipos para el tránsito del personal, trabajos de mantenimiento, disipación de calor y apertura de puertas por ambos lados del equipo. Esto se establece en forma precisa en las especificaciones de instalación de cada fabricante de equipos, por lo general todos los equipos son de un mismo proveedor. Un estándar que se podría establecer es de 1.20 metros entre líneas.

Es recomendable colocar el cuarto de control (, MAP), enfrente de la primera línea de equipos teniendo un espacio estándar de 1.30 metros. El MAP es un cuarto aparte del cuarto de equipos y se la coloca un ventanal amplio para tener un vista libre de todo el cuarto de equipos y fácil acceso a él. Este cuarto se prepara con las condiciones apropiadas para equipo de cómputo, impresoras y personal principalmente.

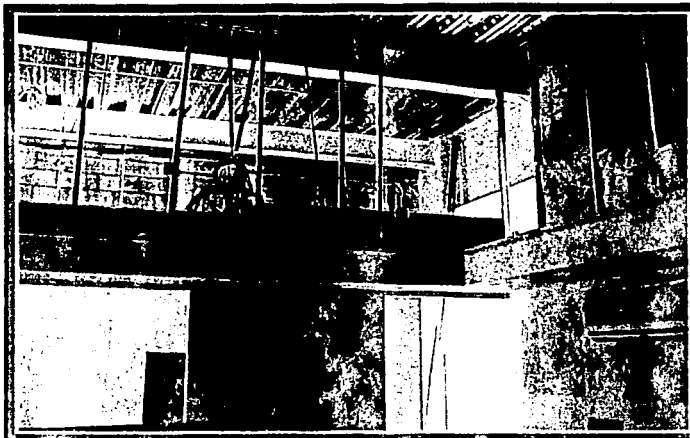


Fig. IV.26 Fotografía que muestra parte de los acabados del cuarto de control.

Se recomiendan luces fluorescentes en los pasillos y espacios entre equipos.

### *Piso Falso:*

En el caso del edificio del switch, se pueden también instalar los equipos sobre piso falso, se debe garantizar que la altura sobre el piso será lo establecido en los requerimientos de espacio inciso IV.1 (a), y se respetarán todas las consideraciones

estructurales establecidas en este capítulo II. Este tipo de configuración de sitio, no es recomendable para zonas sísmicas de modo que de usarlo, debe ser diseñado en forma especial y no recurrirse a estructuras de este tipo generadas en forma estándar en el mercado. Uno de los más grandes inconvenientes del piso falso es el proceso efectuado para fijar los equipos en su posición y controlar su movimiento en un sismo. El gran peso de los equipos sobre la estructura requerida para soportar el piso falso, se ve sujeta a grandes esfuerzos en un sismo siendo necesario un análisis estructural más detallado y requiriendo eficiencia en la instalación y garantía en la calidad de los materiales a emplear, es por esto que se hace mucho hincapié en usar los soporte al techo para escalerillas de cables siendo mucho menos el peso manejado con este tipo de estructuras sin embargo, es preciso cumplir con todos los requerimientos estructurales establecidos para el edificio.

En el caso de usar el piso falso una vez cubiertas todos los puntos establecidos en el párrafo anterior, se deberán cumplir con las características establecidas en el **CAPÍTULO III / III.2 Instalación de infraestructura y equipo / Piso falso.**

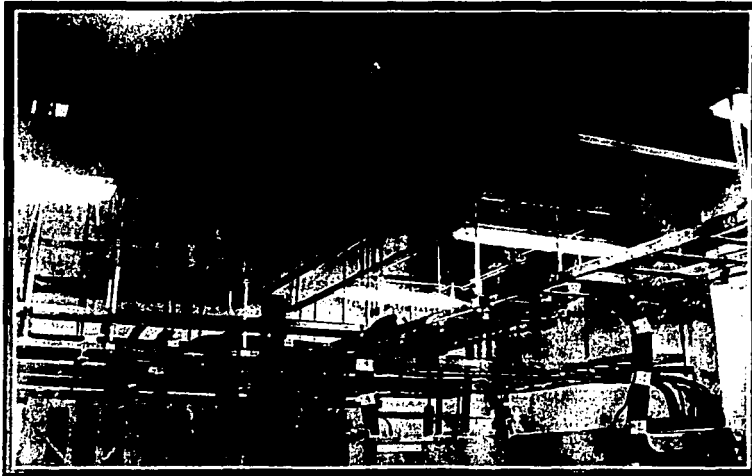
### ***Soportes Sujetos al Techo / Soporte de Techo:***

Como ya se ha recalcado, es recomendado un sistema de escalerillas montadas en soportes sujetos al techo para el corrido de cables en zonas sísmicas. Los principales elementos que conforman esta estructura son las escalerillas de acero de diferentes anchos, auxiliares y unicanales de acero, varillas roscadas (espárragos), diferentes tipos de herrajes para el armado de la estructura y los taquetes de expansión usados para la sujeción de toda la estructura al techo.



TESTEADO  
FALLA DE ORIGEN

**Fig. IV.27** Fotografía de la estructura de soporte de escalerillas y escalerillas sujetas al techo del cuarto del switch.



**Fig. IV.28 Fotografía que muestra el conjunto de escalerillas y soportes instalados en el techo del cuarto de equipos de energía.**

Básicamente la secuencia es colocar los unicanales en el techo sujetándolos con los tornillos que van sujetos a los taquetes de expansión insertados en hoyos de 6.99 cm (2.75 pulgadas) con separaciones de 1.524 m (5 pies) entre ellos. Dependiendo de la altura que se tenga en el edificio será el arreglo de piezas para las escalerillas de cables. Normalmente se guarda una distancia entre los unicanales y las escalerillas de aproximadamente de 1 m a 60 cm, de tenerse mayor distancia se emplean los auxiliares. Generalmente se procura mantener a todos estos niveles de elementos estructurales (unicanales, auxiliares (de haberlos) y escalerillas) perpendiculares unos de otros. La estructura más simple y recomendable es tener las escalerillas sujetas directamente de los unicanales.

En zonas sísmicas se requiere instalar un sistema de soportes diagonales sobre las escalerillas. Estos soportes restringen el movimiento excesivo de las escalerillas en el momento de presentarse un sismo, evitando daños en la misma y la posibilidad de movimientos inconveniente de los cables causando daños sobre ellos o sobre las conexiones de estos con los equipos, de igual forma que se hace en los sitios celulares sin embargo, el arreglo de la posición de estos elementos y su número dependerá de las dimensiones de la estructura de escalerillas instalada. Estos soportes están constituidos por varillas roscadas del mismo tipo que las empleadas para soportar la estructura y herrajes especiales para sujetarlos. Uno de los requisitos que debe cumplir el arreglo de estos soportes es el de tener un soporte en sentido contrario a cada uno que se coloque y estos se instalarán en un ángulo de inclinación de  $45^\circ$ .



### ***Introducción de Equipos:***

Se confirmará en esta etapa que la entrada dispuesta en el edificio para meter los equipos, esté ubicada en el extremo opuesto al punto de inicio de instalación de equipos. Esta entrada debe ser de al menos 1.22 m (4 pies) de ancho y de 2.44 m (8 pies) de altura. Esto se establece durante el proceso de diseño del edificio sin embargo, Sería recomendable colocar un acceso por lo menos del triple de ancho que el establecido en este estándar debido a que; no obstante el tamaño de los equipos de los diferentes fabricante no varía dramáticamente, es necesario tomar en cuenta la posibilidad de tener que meter un mota cargar para colocar un equipo pesado en el interior del edificio o también, introducir un equipo completamente armado que exceda el tamaño mínimo del acceso. La consideración inicial del tamaño de la puerta de acceso se establece; como ya se mencionó, como un mínimo requerimiento en el caso de haber fuertes restricciones de espacio.

En el caso de tener instalación en niveles superiores a la planta baja y de contar con un elevador en el edificio, se necesitaría que tenga una capacidad mayor a 1 Ton.

Es importante también reservar un espacio de aproximadamente 12.4 metros / cuadrados (150 pies / cuadrados), para maniobras para desempacar y preparar equipos y otros elementos que se han de colocar en las diferentes áreas del edificio.

En forma general podríamos establecer el siguiente resumen de requisitos para considerar el sitio listo para instalación:

### ***Trabajos de obra civil:***

Antes de la llegada de los grupos de instalación de equipos tener terminados los trabajos de construcción, ensamble de estructuras de soporte de antenas (Torre, monopolo, mástil) y equipos, , sistemas de tierra, energía y aire acondicionado. El personal de instalación de equipos deben contar con acceso libre al sitio y a los caminos de llegada al mismo, desde el inicio del proceso de instalación hasta su terminación. Garantizar condiciones de seguridad del sitio para equipos y personal. Garantizar la no interferencia en el procesos de instalación por la no terminación de trabajos previos.

### ***Condiciones generales y documentación:***

Proveer a los equipos de instalación los planos de instalación de cada uno de los sitios con las especificaciones generales establecidas en el **CAPÍTULO I**. Se verificará que el edificio del switch cumpla con los requisitos para sistema de protección contra fuego, rango de temperatura entre 18.33 y 29.44° C (65 a 85° F), humedad entre 20% a 55%. Verificar que se han tomado las acciones necesarias para asegurar que el sitio se encuentra libre de polvo y seco.

### ***Corriente Alterna y Sistema de Tierras:***

Proveer los sistemas de suministro de corriente eléctrica para los equipos, incluyendo contactos de 110 V AC con protección de tierra para equipos para soldar, lámparas de mano, herramientas eléctricas, etc. En las áreas de instalación. Confirmar que lo especificado en este capítulo sobre sistema de suministro de energía se cumpla. Garantizar la preparación adecuada del sistema de tierras.

### ***Transmisión:***

Previa preparar de los sitios antes de la llegada de los instaladores incluyendo, estructuras de soporte de antenas, instalación de antenas y cables coaxiales, protectores de descargas para cables coaxiales, aterrizaje para coaxiales, etc.

### **IV.3 DOCUMENTACIÓN**

Se considera para la integración de la documentación de una central telefónica toda aquella información necesaria para el desarrollo de todas las etapas de proyecto, **evaluación de sitio, preparación del proyecto para el edificio del switch (conjunto de la central telefónica), construcción, instalación e implementación.** También se debe considerar el proceso de **control de proyecto** (Project Management), la cual es de las funciones más importantes en todo este proceso y que es una de las funciones desempeñadas por el ingeniero civil en la industria de las telecomunicaciones en general.

**EL PROYECTO PARA EL EDIFICIO DEL SWITCH (CONJUNTO DE LA CENTRAL TELEFÓNICA)** está conformado por el **PROYECTO EJECUTIVO** para cada edificio del switch, con la estructura considerada por las empresas de Telecomunicaciones Desarrolladoras de Tecnología, Equipos y Servicios de Ingeniería, en este documento se procura establecer un resumen general de los planos de construcción, destacando los detalles relevantes para los procesos de instalación de equipos ya que en esencia, los planos contenidos en el proyecto ejecutivo, son planos de instalación y la información complementaria es para soportar este proceso. Este documento es complementado por el paquete de planos de construcción y especificaciones generales generados por los contratistas, en el cual plasman el detalle constructivo y de diseño así como resultado de procesos de cálculo, toda esta información constituirá el **PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.**

El paquete de planos y especificaciones generado (**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN**) por las empresas constructoras participantes en estos proyectos, es la base de los planos y gran parte de las especificaciones contenidas en el proyecto ejecutivo de una central telefónica. Este paquete de planos y especificaciones en general, debe observar; entre otros, los siguientes puntos:

- Las copias de los planos de diseño, los detalles típicos y especificaciones para toda construcción de concreto reforzado deberán llevar la firma de un Ingeniero o Arquitecto con licencia. Estos planos, detalles y especificaciones deberán incluir:
  - a) Nombre y fecha de publicación del reglamento y del suplemento de acuerdo con los cuales está hecho el diseño.
  - b) Carga viva y otras cargas utilizadas en el diseño.
  - c) Resistencia a la compresión especificada del concreto en diferentes edades o etapas señaladas de construcción para las que se diseña cada parte de la estructura.
  - d) Resistencia especificada o grado de acero de refuerzo.
  - e) Tamaño y posición de todos los elementos estructurales y del acero de refuerzo.
  - f) Precauciones por cambios en las dimensiones producidas por fluencia, contracción y temperatura.

- g)** Magnitud y localización de las fuerzas de preesfuerzo.
- h)** Longitud de anclaje del acero de refuerzo y localización y longitud de los traslapes de refuerzo.
- i)** Tipo y localización de los traslapes soldados y las conexiones mecánicas del acero de refuerzo.
  - Los cálculos correspondientes al diseño se archivarán con los planos cuando así lo requiera el director responsable de obra. Cuando se usan programas de computadora, podrán entregarse las hipótesis de diseño y se entregarán los datos de entrada y salida en vez de los cálculos. Es permitido que el modelo de análisis complemente los cálculos.
  - Por director responsable de obra se entiende un funcionario, un representante debidamente autorizado o cualquier otra autoridad designada que habrá de encargarse de administrar y hacer cumplir los reglamentos y especificaciones establecidas.

Las especificaciones y procedimientos para las diferentes etapas de construcción se plasman en los planos y en documentos anexos en los cuales se describe principalmente información relativa a:

- Acero de refuerzo para concreto.
- Adoquín (en el caso de usarlo).
- Aplanados.
- Azoteas.
- Banquetas.
- Castillos y cadenas.
- Cimbras de concreto.
- Estructuras metálicas.
- Excavaciones y terraplenes.
- Firmes de concreto.
- Jardinería.
- Limpieza.
- Muros.
- Pintura.
- Pisos.
- Rellenos.
- Especificaciones para instalaciones eléctricas.
- Requisitos generales de calidad.
- Trazo.
- Vidriería.
- Zoclos.

En cuanto al paquete de planos de construcción, tendríamos los siguientes:

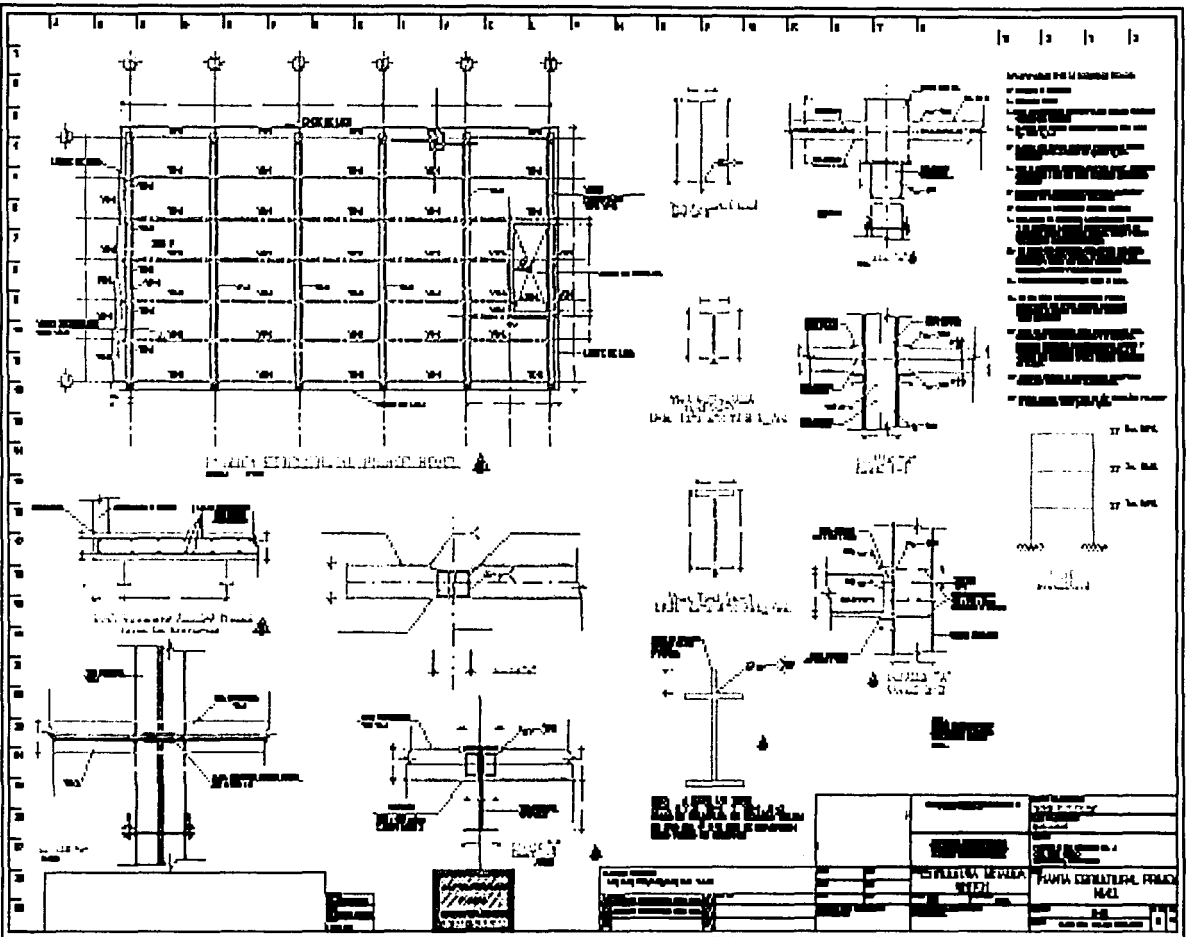
- Planos de Instalaciones eléctricas.
  - Alumbrado.
  - Alimentadores de energía.
  - Contactos.
  - Cuadro de cargas.
  - Diagrama unifilar.
  - Red general.
  - Red del sistema de tierras.
  
- Planos del sistema de aire acondicionado y ventilación.
- Plano de alarmas.
- Red externa e interna.
  - Abastecimiento de agua potable.
  - Drenaje y alcantarillado.
  - Cisterna.
  - Sistema de bombeo.
  - Ductos para Fibra óptica.
  - Andadores.
  
- Trazo.
- Planos arquitectónicos del conjunto.
- Planos de fachadas.
- Planos de cortes.
- Planos de detalles para las diferentes especificaciones y planos.
- Planos estructurales y licencias para el edificio del switch, torre y construcciones adicionales (caseta de vigilancia, cuarto del generador auxiliar de energía, bodegas, etc.).
  - Planos de Cimentación.
  - Planos de detalles de cimentación.
  - Planos estructurales generales para cada nivel.
  - Planos de detalles de cada nivel.
  - Planos de columnas y traveses (especificaciones y detalles).
  - Escaleras.
  - Muros y castillos.
  - Pisos.
  - Planos de cortes.

El paquete que constituye el proyecto ejecutivo del edificio del switch está constituido básicamente con la siguiente información:

- Resumen de especificaciones y planos del proyecto de construcción (esta parte no es siempre incluida).
- Plano de ubicación de equipos en el cuarto del switch, cuarto de control y cuarto de energía.
- Plano de ubicación de soportes para escalerillas de cables.
- Plano de ubicación de la trayectoria de las escalerillas de cables.
- Plano de detalles de instalación y alzados.
- Hoja de especificaciones generales del sitio, simbología y localización.

Como ya se había mencionado en el ***CAPÍTULO II***, el gerente de proyecto (PM, Project Manager) es el encargado de supervisar todas las etapas del proyecto de edificio del switch y tener conocimiento de cada una de las actividades que constituyen las diferentes etapas de proyecto y de la documentación necesaria para desarrollar todos estos procesos.

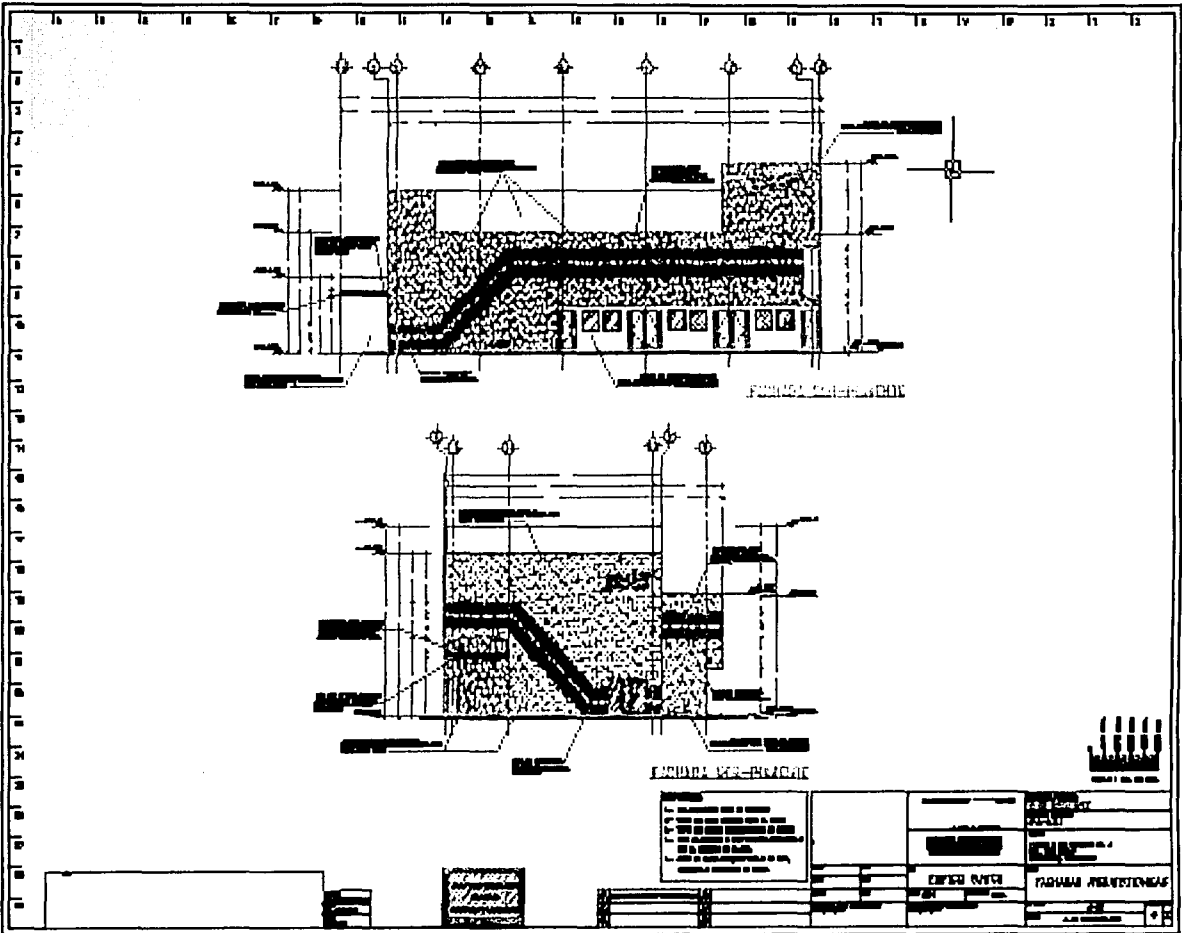
A continuación se muestran algunos ejemplos de planos que forman parte del proyecto de construcción. En ellos se trata de mostrar el formato general de cada tipo de plano sin pretender mostrar en detalle la información plasmada en cada uno de ellos.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN







TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



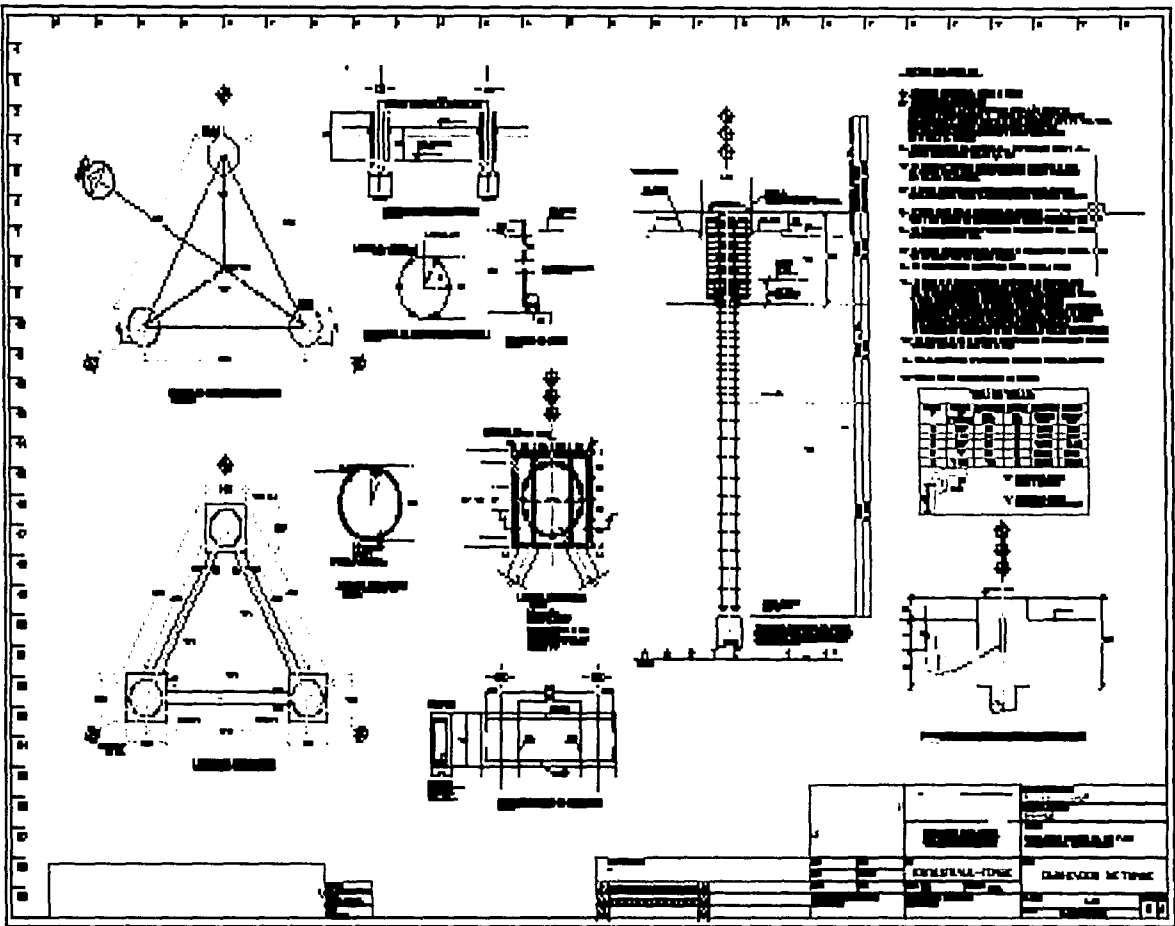


Fig. IV.33 Plano de cimentación de la torre.

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

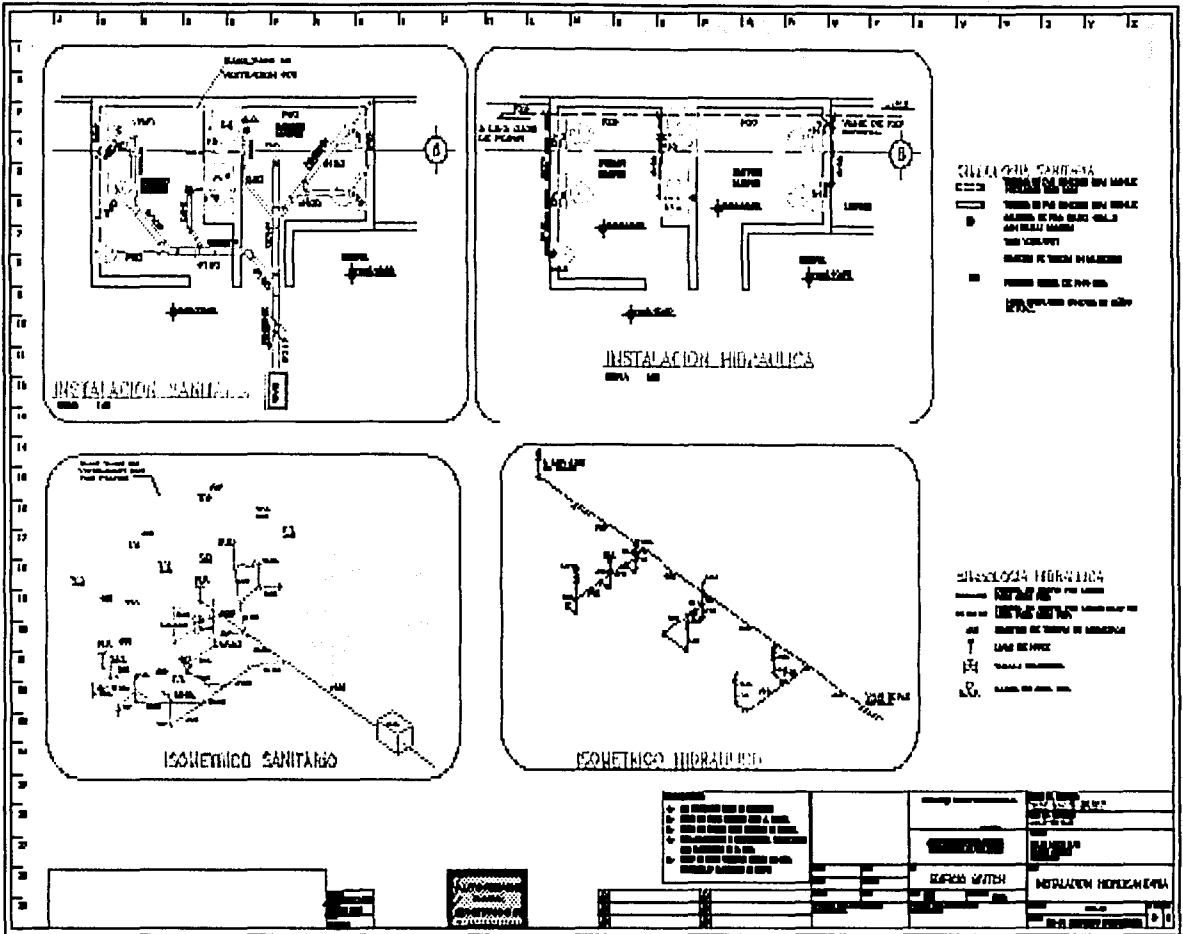


Fig. IV.34 Plano de instalación sanitaria e hidráulica.

TESIS CON  
FALTA DE

Estos son ejemplos de planos que forman parte del paquete de información para el proceso de instalación.

**CONTACTS**

**GENERAL NOTES**

**SITE INFORMATION**

**PROJECT HISTORY**

**ROOM INFORMATION**

**TABLE A**

**TABLE B**

**LEGEND**

Fig. IV.35 Hoja de datos generales del proyecto. 1. Ingenieros encargados de cada sección del proyecto. 2. Notas generales de instalación. 3. Información de ubicación de la central telefónica. 4. Historia de proyecto, cuadro cronológico de revisiones. 5. Información de proyecto, especificaciones de instalación, información sobre equipo de energía. 6. Tabla de equipos a instalar. 7. Cuadro de distribución de barras de cobre para el sistema de tierras. 8. Tabla de símbolos del plano.

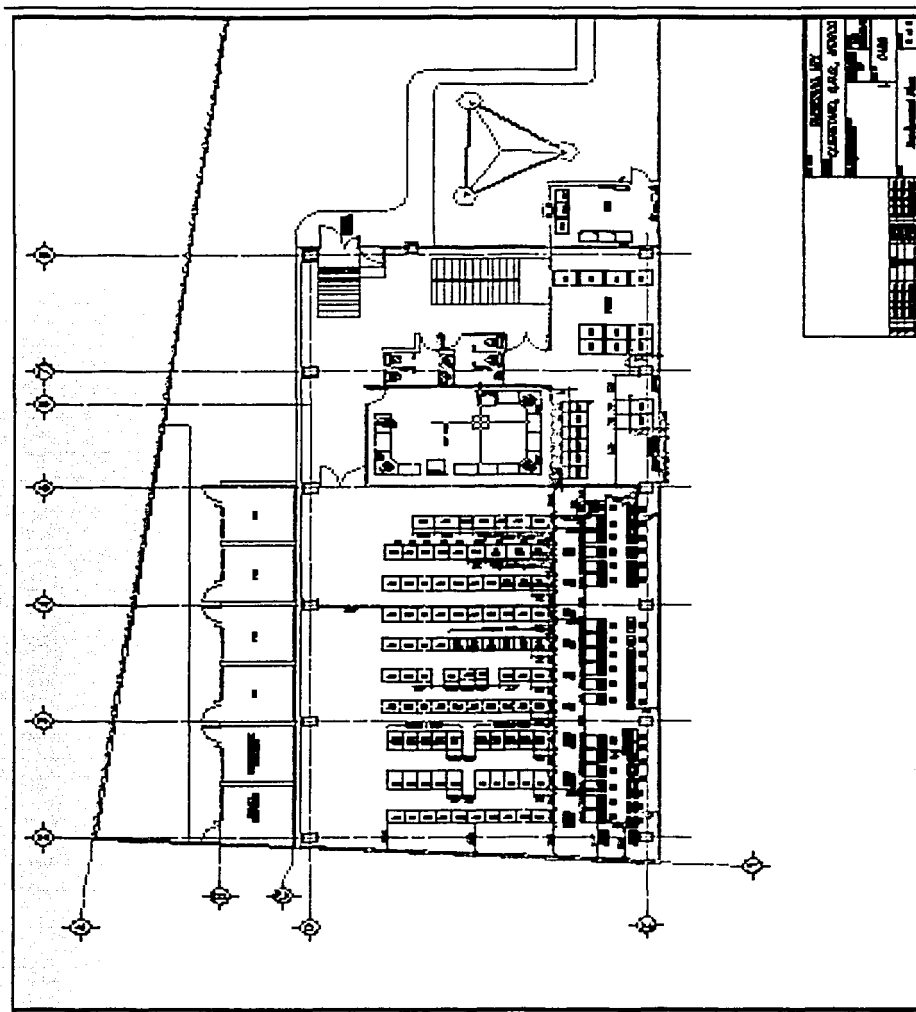


Fig. IV.36 Plano de equipos. En este plano se establece la posición de los equipos de telecomunicaciones y energía en el edificio del switch.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

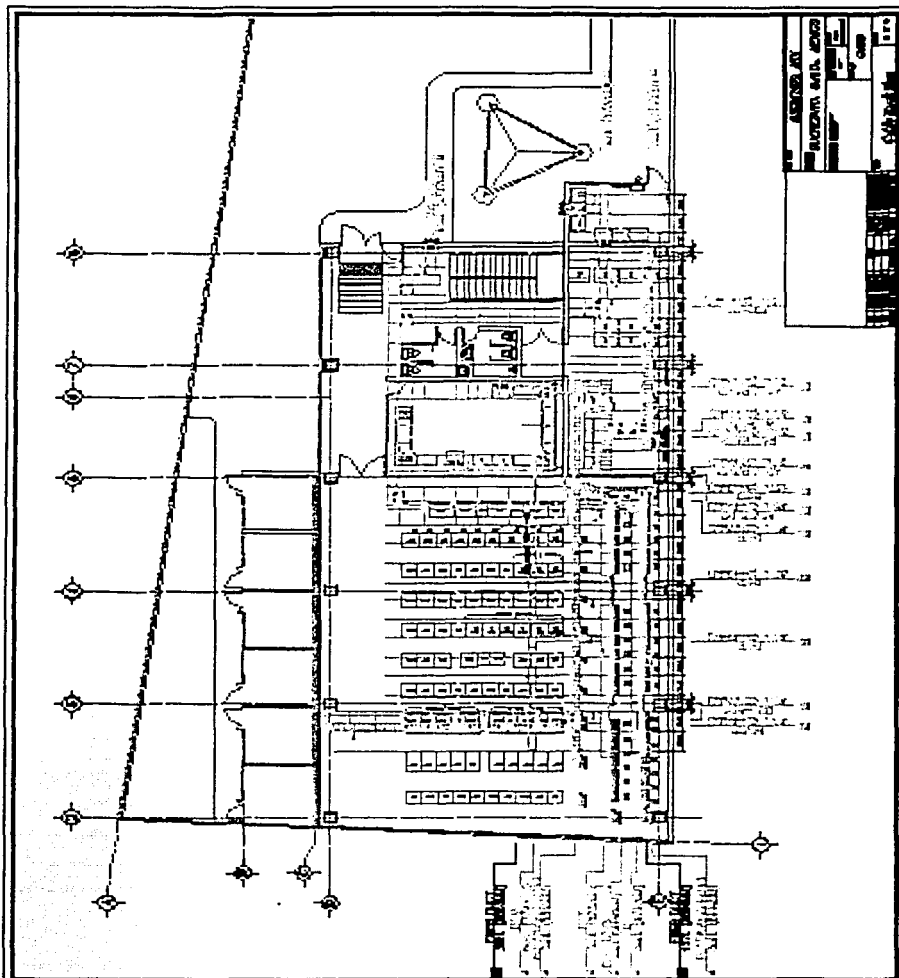


Fig. IV.37 Plano de ubicación de escalerillas de cables para el corrido de cables de datos, energía y tierra.

TESIS CC IN  
FALLA DE ORIGEN

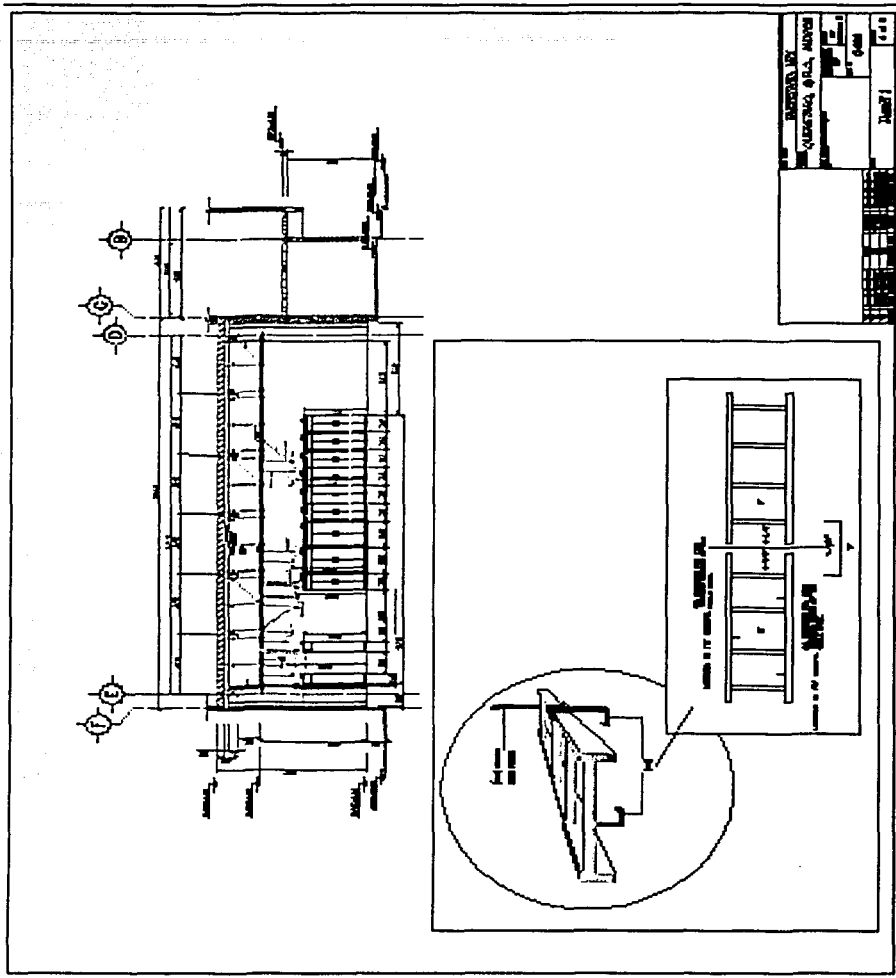


Fig. IV.38 Plano de corte del edificio para mostrar detalles de instalación de equipos y escalerillas de cables.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





# **CAPÍTULO V**

## **IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO CIVIL EN LA INDUSTRIA DE LAS TELECOMUNICACIONES**

### **V.1 IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO CIVIL EN PROYECTOS DE TELECOMUNICACIÓN INALÁMBRICA**

El ingeniero civil tiene en su formación la posibilidad de desarrollarse en diferentes áreas, de las cuales las siguientes serían las principales:

- a) Estructuras.
- b) Construcción.**
- c) Hidráulica.
- d) Geotecnia.
- e) Administración.

Dentro de estas áreas se derivan varias especialidades en las cuales el ingeniero civil puede tener un campo de desarrollo profesional amplio.

Sin embargo, en ocasiones se pierde de vista algunas otras capacidades que el ingeniero civil tiene y que puede desarrollar ampliando su campo de acción y que derivan de su formación profesional. Además de las áreas identificadas arriba y que formal el perfil tradicional del ingeniero civil como especialista en geotecnia, en estructuras, especialista en hidráulica, ingeniero constructor, etc., el ingeniero civil es también un físico, matemático, administrador, negociante, etc. En la industria de las telecomunicaciones, el ingeniero civil es requerido por muchas de estas facetas.

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, el ingeniero civil puede desarrollar diferentes roles dentro de las telecomunicaciones, tanto en las empresas de telecomunicaciones prestadoras de servicios de telecomunicaciones u operadores como en las empresas de telecomunicaciones desarrolladoras de tecnología, equipos y servicios de ingeniería.

El ingeniero civil participa en diferentes etapas dentro del proceso para la instalación y puesta en marcha de una red de telefonía inalámbrica celular. Las funciones del ingeniero civil se pueden concentrar en las siguientes posiciones dentro de una empresa de telecomunicaciones desarrolladora de tecnología, equipos y servicios de ingeniería:

### ***Adquisición de Sitios (Site Acquisition “SA”):***

En esta etapa, el ingeniero civil participa en la localización de los sitios celulares, evaluando la viabilidad de la construcción e instalación de los equipos de telecomunicación, en los puntos de una zona geográfica determinados por otras áreas de ingeniería de estas empresas encargadas del diseño de la red. El Ingeniero Civil determinará, dependiendo de las condiciones del sitio, los trabajos a realizar para el acondicionamiento del área y las estructuras para la instalación de los equipos, cables y antenas, tanto el sitios celulares como para el conjunto de las centrales telefónicas y edificios del switch.

En esta posición el ingeniero civil debe tener nociones en el análisis estructural y en procedimientos de construcción principalmente para poder establecer la posibilidad de construir el sitio celular o central telefónica en los diferentes puntos que localice como posibles.

### ***Ingeniería de Sitio (Site Engineering “SE”):***

En esta área el ingeniero civil se encarga de proporcionar los estándares de construcción para los sitios celulares y para el edificio del switch, aquí también establece los pesos de los equipos y las condiciones del sitio para su instalación. Proporciona también las dimensiones necesarias del área para alojar los equipos; según sea el caso(sitio celular o edificio del switch), estableciendo el número y tipo de ellos que se han de instalar inicialmente y a futuro.

Está encargado también, de establecer los requerimientos de suministro de energía eléctrica, de sistema de tierras y sistema de aire acondicionado. De igual forma establece el diseño de las estructuras auxiliares para el transporte de cables de datos, energía y tierras para los equipos, proporcionando el tipo de material a utilizar y los requerimientos estructurales del sitio para su instalación y soporte.

Desarrollará los planos de instalación y proporcionará las estimaciones de materiales a utilizar para el proceso de instalación de equipos y estructuras auxiliares de soporte y transporte de cables.

El ingeniero civil en este caso se apoya en sus conocimientos en estructuras, construcción y geotecnia, dado que tiene la responsabilidad de ser uno de los enlaces de las empresas de telecomunicaciones con las empresas constructoras participantes en los proyectos. El ingeniero de sitio integra gran parte de la información para el proyecto de construcción, tanto de los sitios celulares como de los edificios del switch.

Es importante que el ingeniero de sitio además de su preparación como ingeniero civil, tenga amplios conocimientos en telecomunicaciones ya que se involucra en forma importante con todo lo relacionado con la ingeniería desarrollada por otras áreas de las empresas de telecomunicaciones (equipos, operaciones de instalación, etc.).

### ***Ingeniero de Proyecto (Project Engineer “PE”):***

Tiene la responsabilidad de revisar el proyecto desde el punto de vista de estructuras, geotecnia y proceso constructivo principalmente, apoyado en los estándares proporcionados por el ingeniero de sitio.

Por lo general se procura tener un ingeniero encargado estrictamente de todos los aspectos de ingeniería civil sin embargo, en muchas ocasiones, esta función es desempeñada por el ingeniero de sitio también.

### ***Supervisor de Construcción (Construction Supervisor “CS”):***

Este se encarga de efectuar la supervisión de la construcción del sitio (sitio celular o edificio del switch) de principio a fin. El ingeniero en esta posición desarrolla informes semejantes a los generados por los supervisores de las empresas constructora y son auxiliares de los gerentes de proyecto (PM, Project Manager) en cada una de las obras en construcción. En muchas ocasiones el PM, absorbe esta posición dependiendo de las circunstancias particulares de cada proyecto.

### ***Gerente o Administrador de Proyectos (Project Manager “PM”):***

Esta función es por antonomasia de los ingenieros civiles los cuales están involucrados constantemente con el manejo de proyectos y las bases recibidas en su formación académica para este propósito se pueden aplicar en cualquier otro tipo de proyectos.

El PM desarrolla en general las siguientes actividades:

Proporciona los elementos clave fundamentales para la administración de proyectos. Define la Integración del Proyecto.

La Administración del Alcance fundamenta la forma de identificar sistemáticamente los entregables claves del proyecto.

La Administración del Tiempo toma a los entregables identificados en los procesos anteriores y los divide en actividades, si es necesario, para desarrollar el programa o calendario del proyecto. El programa de proyecto debe considerar las fechas comprometidas para la terminación y entrega de cada etapa (los entregables).

La Administración de los Recursos Humanos se enfoca en los aspectos y problemas principales para lograr la mejor selección y desarrollo del equipo del proyecto.

La Administración del Costo cubre la metodología para estimar, planear y controlar el costo.

La Administración del Riesgo es un área crítica que identifica los riesgos, los analiza y evalúa, para planear la manera de manejarlos.

La Administración de la Calidad garantiza que tenemos un plan para manejar, asegurar y controlar la calidad del proyecto.

La Administración de las Adquisiciones cubre las decisiones esenciales para el manejo de contratistas y proveedores y la administración de sus respectivos contratos.

La Administración de las Comunicaciones ayuda al entendimiento de todos los participantes para obtener las aprobaciones y consenso de los integrantes del equipo.

Básicamente un proyecto lo podemos encuadrar en las siguientes etapas:

Iniciación del Proyecto  
Planeación del Proyecto  
Ejecución del Proyecto  
Control del Proyecto  
Cierre del proyecto

El gerente de proyecto debe conocer y dar seguimiento a estos informes de supervisión y documentar los avances.

En las empresas Constructoras que desarrollan los proyectos para las redes de telecomunicaciones podemos encontrar los roles tradicionales para un ingeniero civil. Entre las posiciones que en un proyecto de telefonía celular encontramos por parte de este tipo de empresas tenemos:

### ***Ingeniero Estructurista:***

Participa en todo lo relacionado al diseño y cálculo desde el punto de vista de las estructuras de concreto y acero que conformarán un sitio celular o un edificio del switch o conjunto de la central telefónica y es el que genera toda la información necesaria para la integración de planos y especificaciones al respecto.

### ***Ingeniero Constructor:***

En esta categoría encontraremos a los supervisores y residentes responsables de obra principalmente. La supervisión en la etapa de construcción es importante, como requisito mínimo, las construcciones de concreto deben ser supervisadas según el estándar establecido en los reglamentos oficiales de construcción, en todas las etapas de la obra por un ingeniero o arquitecto competente, o por un representante competente responsable ante él.

El supervisor debe exigir el cumplimiento de los planos y especificaciones de diseño. Los registros de supervisión deben incluir:

- Calidad y dosificación de los materiales del concreto y resistencia del concreto.

- Construcción y remoción de cimbra y re-apuntalamiento.
- Colocación del acero de refuerzo.
- Mezclado, colocación y curado del concreto.
- Secuencia de montaje y conexión de elementos prefabricados.
- Tensado de los cables de preesfuerzo.
- Cualquier carga de construcción significativa aplicada sobre pisos, elementos o muros terminados.
- Avance general de la obra.

### ***Especialista en Geotecnia y Cimentación:***

El ingeniero civil encargado de la evaluación de los resultados arrojados por las pruebas de mecánica de suelos es, por lo general, responsable del diseño y revisión de las estructuras que conformarán la cimentación del elementos que conformarán un sitio celular o conjunto de la central telefónica.

### ***Administración de Obra:***

Esta es una de las posiciones más importante de un proyecto. Esta función se identifica en forma genérica para cualquier tipo de proyecto, no solo en el campo de la construcción e ingeniería civil, como Gerencia de Proyecto (PM, Project Management). En construcción, la gerencia de proyecto desarrollará la organización de obra o control de proyecto. Este proceso está conformado por varias etapas:

- Proceso Constructivo: Se define como los trabajos que son necesarios efectuar para producir una obra. Este proceso está gobernado por los siguientes aspectos:

Planeación.  
Planos y Especificaciones.  
Controles del proceso.

- Concepto de Administración: Consiste en la determinación y logro de objetivos mediante la utilización de recursos (naturales, económicos, humanos, etc.). Es importante que los ingenieros civiles conozcan los aspectos fundamentales de las teorías administrativas. Existen básicamente tres teorías administrativas:

La Administración Científica de Taylor.  
La Administración Funcional de Fayol.  
La Administración Moderna, basada en motivación, guía o liderazgo y comunicación.

- Parámetros de Control: Para cualquier obra de ingeniería, existen tres parámetros de control que deben cuidarse al máximo a lo largo del proceso constructivo. Todos ellos se relacionan entre si y la desviación de alguno invariablemente provoca consecuencias negativas para la evaluación final del proceso.

Calidad.

Costo.

Tiempo.

- Materiales, Mano de Obra y Maquinaria: Estos elementos son indispensables para el desarrollo de una obra de ingeniería e implican un costo y requieren de control.
- Programación de Obra / Método de la Ruta Crítica: En el desarrollo de un proyecto, cada actividad se programa y se le da seguimiento con referencia a un programa establecido donde se establece la secuencia de las actividades y la interrelación entre ellas. El Método de la Ruta Crítica es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control, de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse en un tiempo crítico y al costo óptimo.

Este método es aplicable en cualquier situación en la que se tenga que llevar a cabo una serie de actividades o áreas relacionadas entre sí, para alcanzar un objetivo determinado.

- Reprogramación de Obra: La ejecución de un proyecto se rige por un contrato legal en el que se especifican entre otros aspectos “El tiempo legal de ejecución”, este tiempo es el periodo comprendido entre la fecha de inicio marcado en el contrato y la fecha de terminación estipulada en este mismo documento. Debido a diferentes factores, en ocasiones es necesario estudiar reprogramaciones para ampliar o reducir el periodo de contrato.

Las empresas constructoras que participan en proyectos de telefonía celular desarrollan especialistas que conozcan los estándares establecidos para este tipo de proyectos y interactúen mejor con las empresas de telecomunicaciones para el buen desarrollo de su trabajo.

## **V.2 ÁREAS PRINCIPALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL QUE APOYAN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO DE TELECOMUNICACIONES**

Para el desarrollo de un proyecto de telefonía inalámbrica celular el ingeniero civil se apoya en las áreas que conforman su preparación profesional para desarrollar las diferentes posiciones que desempeña en este tipo de proyectos y que mencionamos en la sección anterior. Las áreas principales son:

### ***Estructuras:***

El ingeniero se apoya en esta área para desarrollar las funciones siguientes:

En las empresas de telecomunicaciones:

### ***Adquisición de Sitios (Site Acquisition “SA”):***

Usando sus conocimientos en estructuras para hacer una primera evaluación de las edificaciones en los que se instalen sitios celulares y edificios del switch o, en el caso de terrenos, establecer las posibles estructuras necesarias para la instalación de los equipos de telecomunicación.

### ***Ingeniería de Sitio (Site Engineering “SE”):***

Se apoya en esta área para determinar los estándares de instalación de equipos así como los estándares y recomendaciones de construcción para los diferentes casos de sitios celulares y centrales telefónicas.

### ***Ingeniero de Proyecto (Project Engineer “PE”):***

En el área de Ingeniería de sitio es el experto en cuestiones de estructuras y es el que tiene una relación más estrecha con las empresas constructoras, revisa los estándares de construcción y recomendaciones aportando su experiencia y conocimientos en el área y dando soluciones a problemas que surjan en el proceso de construcción e instalación. Como ya se había mencionado, en muchas ocasiones esta función también la desempeña el ingeniero de sitio.

En las compañías constructoras:

### ***Ingeniero Estructurista:***

Es el especialista en estructuras el cual desarrolla todos los trabajos relacionados con esta área. Es uno de los que tienen relación con la ingeniería de sitio para la observación de todas especificaciones y recomendaciones de



construcción principalmente y de instalación, para garantizar el diseño de una estructura adecuada para el uso para el cual es construida.

### ***Especialista en Geotecnia y Cimentación:***

Estos requieren de conocimientos en estructuras para lo referente a la estructura e la cimentación.

### ***Geotecnia y Cimentación:***

En las empresas de telecomunicaciones:

#### ***Ingeniería de Sitio (Site Engineering “SE”):***

Dentro de los estándares y recomendaciones de construcción se especifican aspectos relacionados con la cimentación de los diferentes elementos que constituyen un sitio celular o el conjunto de una central telefónica.

#### ***Ingeniero de Proyecto (Project Engineer “PE”):***

Aquí al igual que en los puntos relacionados con la parte estructural, revisa los estándares relacionados con la cimentación de los diferentes elementos en la obra y que están plasmados en la documentación generada en el área de ingeniería de sitio.

En las compañías constructoras:

#### ***Especialista en Geotecnia y Cimentación:***

Estos son los especialistas en el área que son los que generan toda la información requerida para la construcción de la cimentación de los elementos de una obra y que se basan en los resultados obtenidos en las pruebas de mecánica de suelos y en la información generada por las diferentes áreas en relación a las características de las diferentes estructuras.

### ***Construcción:***

En las empresas de Telecomunicaciones:

#### ***Adquisición de Sitios (Site Acquisition “SA”):***

Dentro de su evaluación inicial de cada sitio, debe estimar los trabajos que se requerirían en el proceso constructivo para desarrollar la obra.

### ***Ingeniería de Sitio (Site Engineering “SE”):***

Se incluyen puntos adicionales dentro de los estándares y recomendaciones de construcción para el proceso de construcción, principalmente basándose en la terminación de etapas en éste proceso para el acondicionamiento de las diferentes zonas en la obra para la instalación de los equipos de telecomunicación y energía principalmente.

### ***Ingeniero de Proyecto (Project Engineer “PE”):***

El ingeniero se apoya en sus conocimientos en ésta área también para la revisión de los estándares establecidos en la ingeniería de sitio y de igual forma que con el aspecto estructural, resolver problemas en el proceso de construcción.

### ***Supervisor de Construcción (Construction Supervisor “CS”):***

Es el responsable de realizar la supervisión de obra en toda la etapa de construcción y requiere de conocimientos en estos procesos para realizar su trabajo en forma eficiente.

### ***Gerente o Administrador de Proyectos (Project Manager “PM”):***

Los conocimientos de PM en el área de construcción son importantes para poder llevar un adecuado control de progreso del proyecto en esta etapa. El PM debe recabar los informes de avance de la obra generado por los supervisores de construcción así como también la información generada por el ingeniero de sitio y el de proyecto.

En las compañías constructoras:

### ***Ingeniero Constructor:***

Principalmente los supervisores y residentes responsables de obra se apoyan en sus conocimientos en esta área para el desarrollo de sus funciones en el proceso de una obra en particular. El conocimiento de los trabajos necesarios en esta etapa de proyecto es importante dado su contacto directo con la obra. Estos elementos establecen comunicación directo con los PM, supervisores de construcción, ingenieros de proyecto e ingenieros de sitio para el control y observancia de los estándares de construcción establecidos.

### ***Administración de Obra:***

El Administrador de Obra, propiamente un PM en las empresas constructoras, se apoya en sus conocimientos en construcción para llevar al cabo

el control de avance de obra y del desarrollo de proyecto dentro de los parámetro de costo, calidad y tiempo principalmente.

### ***Administración:***

En las empresas de telecomunicaciones:

#### ***Gerente o Administrador de Proyectos (Project Manager "PM"):***

El PM es el responsable de llevar el control del proyecto en el transcurso de todas sus etapas y se apoya en sus conocimientos en administración, planeación, evaluación y control de proyectos, basándose en diferentes métodos como el de Ruta Crítica.

En las compañías constructoras:

#### ***Administración de Obra:***

El administrador de obra es también un PM como ya se mencionó y al igual que en las empresas de telecomunicación lleva el control de proyecto, es propiamente la contraparte del PM de telecomunicaciones en la parte de construcción.

### **V.3 PROPUESTA DE ÁREAS NUEVAS A INCLUIR EN LA PREPARACIÓN ACADÉMICA DE UN INGENIERO CIVIL**

El ingeniero civil tiene en las telecomunicaciones un campo muy amplio de desarrollo, no solo en lo que respecta a la telefonía inalámbrica celular sino en todas las áreas de las telecomunicaciones en las que puede desarrollar casi todas las funciones que hemos mencionado en la sección anterior.

Uno de los atributos más importantes que tiene el ingeniero civil en su formación es la gerencia de proyectos (projects management) siendo por definición un gerente de proyecto (PM, project manager). La preparación del ingeniero en esta área puede ser usada para controlar cualquier tipo de proyecto, no solo en construcción y en telecomunicaciones, sino también en cualquier otra área en la que se requiera de la administración, planeación, evaluación y control de proyectos. Debido a esto sería importante establecer dentro de los planes de estudio de la carrera de ingeniero civil, materias que se concentren en forma directa en el desarrollo de esta especialidad y que al final de la carrera, el ingeniero salga con una certificación adicional como gerente de proyectos o project manager por parte de una institución internacionalmente reconocida. Una de las Instituciones internacionales más importantes que otorgan certificación es la PMI (Project Management Institute) dando reconocimientos como PMP (Project Manager Profesional).

Desde el punto de vista de las telecomunicaciones, el incluir también materias en las cuales se obtenga una especialidad en telecomunicaciones y en las cuales se prepare al ingeniero civil con conocimientos generales en tecnologías de telecomunicaciones, de tal forma que pueda interactuar con los técnicos especializados en esas áreas e interpretar en forma más eficiente las especificaciones técnicas de equipos y sistemas para el adecuado acondicionamiento de los sitios de instalación.

También preparar a los ingenieros en las funciones que pueden desempeñar en las empresas de telecomunicaciones como las mencionadas en este capítulo. De igual forma conviene desarrollar las especialidades que pueden tener en este campo como, por ejemplo, la instalación de fibra óptica, diseño y construcción de torres para la instalación de antenas y cimentación para las mismas, etc. Importante sería que el ingeniero adquiriera el conocimiento de los tipos de estructuras utilizadas para la instalación de equipos y cableado, como serían las plataformas de acero para equipos, escalerillas para el corrido de cables, tuberías y zanjas para la instalación de fibra óptica etc.

La posibilidad de que un ingeniero civil se reciba con especialidad en telecomunicaciones contando con todos los conocimientos necesarios para desarrollarse en esta área le proporcionaría una ventaja profesional al reducir considerablemente la curva de aprendizaje al incorporarse a una empresa de telecomunicaciones y podría con esto aspirar a mejores posiciones dentro de esta industria y a mejores sueldos. Esto no es nuevo, los ingenieros civiles siempre han participado en el desarrollo de las telecomunicaciones sin embargo, no se han involucrado en todas las áreas de desarrollo que esta industria ofrece, limitándose a los roles tradicionales de la ingeniería civil no

obstante, los Ingenieros que se han desarrollado profesionalmente en la industria de las telecomunicaciones han adquirido sus conocimientos en forma empírica y autodidacta apoyándose en la experiencia y la observación. Estos ingenieros civiles se han visto siempre en la necesidad de estudiar por su cuenta todo lo relacionado con la industria, algunas empresas dan cursos para capacitar en estas áreas al ingeniero. Sin embargo, es con la experiencia como aprende a explotar su formación como ingeniero civil. Por tanto, el que esta instrucción la reciba en la carrera, le proporciona una visión clara de este campo de trabajo y le amplía aún más su campo de desarrollo profesional.

# CONCLUSIONES

La ingeniería civil es una carrera con un campo de desarrollo muy grande, se considera tradicionalmente tarea del ingeniero civil lo relacionado principalmente con la industria de la construcción, la ingeniería hidráulica, la geotecnia, la ingeniería de análisis y diseño estructural, la ingeniería sanitaria en el abastecimiento de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales e impacto ambiental.

Sin embargo como parte de su preparación, el ingeniero civil está capacitado para desarrollar y explotar otras cualidades que son parte de su formación como son las matemáticas, la física, las finanzas, la economía, la sociología, la administración, la química entre otras. Todo esto es importante en el desarrollo profesional de un ingeniero civil. Cuando un ingeniero de esta carrera se enfrenta al mercado laboral inicia tratando de identificar las oportunidades de trabajo que le permitan desarrollar el área de su carrera que más domine o por la cual tenga mayor interés sin embargo, su desarrollo dependerá de muchos factores que afectarán y modificarán continuamente su entorno como sería la economía del país y del mundo, la política, el desarrollo social, el desarrollo tecnológico, etc.. Debido a ello el ingeniero civil debe apoyarse en su preparación para enfrentar esta situación y poder adaptarse a otras áreas de desarrollo y crear también otras en las que se pueda desempeñar plenamente. De hecho todos los factores citados provocan que se requiera al ingeniero civil para que participe en otras áreas e industrias en las que los conocimientos del ingeniero son de primordial importancia y en las cuales puede desarrollar todas las áreas de su carrera.

La industria de las telecomunicaciones es uno de muchos ejemplos de campos de desarrollo para los ingenieros civiles. De hecho el ingeniero civil se ha desempeñado en esta industria desde hace muchos años. Las funciones que desarrolla dentro y fuera de las empresas de telecomunicaciones son muy diversas tal y como se puede ver en el desarrollo de este trabajo de tesis. Es muy importante que para que se realice un buen trabajo en esta industria, se tenga un amplio conocimiento de todas las ramas de las telecomunicaciones, en este caso en particular, la telefonía inalámbrica celular. Por todo esto sería de adecuado incluir en los planes de estudio de la carrera de ingeniería civil, un bloque de materias optativas de especialización en telecomunicaciones, para que el ingeniero pueda conocer lo necesario para desarrollarse en esta industria y reduzca en forma importante el tiempo de capacitación que las empresas podrían considerar para ellos en su contratación pudiendo incluso aspirar a mejores puestos y salarios.

Una de las funciones más importantes en las que puede participar el ingeniero civil en telecomunicaciones es la de gerente de proyectos (Project manager "PM"). El ingeniero civil es por definición un "PM", ya que se le ha preparado en la carrera para la planeación, evaluación, administración y control de proyectos, y todos los conocimientos y herramientas que utiliza el ingeniero civil en proyectos relacionados con las áreas tradicionales de la ingeniería civil, también se pueden utilizar en proyectos de telecomunicaciones y no solo de telefonía inalámbrica celular, si no incluso en cualquier especialidad de las telecomunicaciones. De hecho el campo de desarrollo se abre aún más

pudiendo participar en cualquier otra industria donde se tenga que llevar al cabo un proyecto y se estará haciendo ingeniería civil.

En el campo internacional es importante que se tenga una certificación como "PM" y para eso existen organizaciones que expiden estos certificados, ese es el caso de la PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE) el cual certifica a diferentes profesionales como PMP's (PROJECT MANAGER PROFESIONAL). Dado que el Ingeniero Civil es un PM por antonomasia, sería adecuado establecer convenios con este tipo de organizaciones y estructurar el plan de estudios de la carrera, en lo que a las materias que tuvieran que ver con esta faceta del Ingeniero civil les corresponda y reciban al término de sus estudios la certificación como PMP's. La PMI reconoce a varias escuelas de Ingeniería civil en el mundo para la certificación que manejan.

# ACRÓNIMOS / GLOSARIO

AC	Corriente alterna CA / alternating current.
Amps	Amperios / Amperes.
AWG	Unidad de medida para cables de energía y sistema de tierra.
Azimuth	Ángulo descrito entre la posición del norte y el punto de medición. Normalmente tomando como referencia el norte geográfico.
BTS	Estación base transreceptora / Base transceiver station.
CDMA	División de Código de Múltiple Acceso /Code Division Multiple Access.
cm	Centímetros.
COW	Celular sobre ruedas / Cellular on wheel. Sitio celular móvil instalado en un remolque.
CS	Supervisor de construcción / Construction supervisor.
f'c	Resistencia a la compresión especificada del concreto.
f'ct	Resistencia a la tensión del concreto.
FDMA	División de Frecuencia de Múltiple Acceso /Frequency Division Multiple Access.
ft <sup>2</sup>	Pies cuadrados.
Hz	Hertzio / Hertz. Unidad de frecuencia.
INDOOR	Interiores.
Kg	Kilogramos.
Kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramos por centímetro cuadrado.
kg/m <sup>2</sup>	Kilogramos por metro cuadrado.
L1	Línea 1.
L2	Línea 2.
lbs/ft <sup>2</sup>	Libras por pie cuadrado.
LAN	Red de área local / Local area network.
lux	Unidades de intensidad de iluminación en el sistema internacional.
m	Metros.
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados.
MAP	Cuarto de control del edificio del switch.
MCM	Unidad de medida para cables de energía y sistema de tierra.
MTSO	Oficina de switching o direccionamiento para teléfono móvil (Edificio del Switch) / Mobile telephone switching office.
ohms	Ohmio. Unidad de medida de resistencia eléctrica en el sistema internacional.
OUTDOOR	Exteriores.
PE	Ingeniero de proyecto / Project engineer.
PM	Gerente o administrador de proyectos / Project manager.
PMI	Instituto de gerencia de proyecto / Project Management Institute.
PMP	Gerente de proyectos profesional / Project Manager Profesional.
POI	Punto de interconexión / Point of interconnection.
psi	Libras por pulgada cuadrada / Pounds per square inch.
RAW LAND	Terreno.
RF	Radio frecuencia. Concepto en telecomunicaciones relacionado con la propagación de las ondas de radio en el espacio.



<b>ROOFTOP</b>	Azotea.
<b>SA</b>	Adquisición de sitios / Site acquisition.
<b>SE</b>	Ingeniería de sitio / Site engineering.
<b>SHELTER</b>	Contenedor.
<b>SWITCH</b>	Conmutador.
<b>TDMA</b>	División de Tiempo de Múltiple Acceso /Time Division Multiple Access.
<b>Ton</b>	Toneladas.
<b>V</b>	Voltio / Volt.
<b>WAN</b>	Red de área amplia / Wide area network.
<b>° C</b>	Grados centígrados.
<b>° F</b>	Grados Fahrenheit.
<b>°</b>	Grados.
<b>%</b>	Porcentaje.

# **BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN**

1. **NORTEL NETWORKS**, Wireless CDMA BTS 1900MHz Site Requirements (Pre-Qualification).
2. **NORTEL NETWORKS**, Wireless Switch Site Requirements (with Disqualification Criteria) **MTX-CDMA**.
3. **NORTEL NETWORKS**. Field Engineering DMS, Provisioning Guidelines.
4. **INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO, A.C.** Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado (ACI 318-89) y comentarios (ACI 318R-89).
5. **NORTEL NETWORKS**. Wireless Technology Handbook, Version 2.
6. **ALCATEL**. Construction Manual, CDMA project.
7. Mecánica de Suelos, Tomo I, Fundamentos de mecánica de suelos, Editorial Noriega Limusa, Autor: Juárez Badillo y Rico Rodríguez, tercera edición.
8. Mecánica de Suelos, Tomo II, Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos, Editorial Noriega Limusa, Autor: Juárez Badillo y Rico Rodríguez, tercera edición.
9. Introducción a las Telecomunicaciones Modernas, Editorial Limusa, Autor: Enrique Herrera Pérez.
10. **ITESM, TEC DE MONTERREY, ASERCOM**. Diplomado en Telecomunicaciones Siglo XXI, Apuntes.
11. **POLYPHASER CORPORATION**. Fundamentos de Protección Contra Descargas Eléctricas y Pulsaciones Electromagnéticas.
12. **PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE STANDARDS COMMITTEE**. Project Manager Body of Knowledge.
13. Estructuras, Editorial Limusa, Autor: James Ambrose.
14. <http://www.qualcomm.com/>
15. <http://www.nortelnetworks.com>
16. <http://www.alcatel.com>
17. <http://www.asercom.com.mx>