



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ACATLAN"

"CONSTRUCCION DE UNA BASE  
DE TELEFONIA CELULAR"



**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :

**FERNANDO ALBERTO NANAHOTZIN ZAVALA ESCANDON**

ASESOR: ING.VICTOR JESUS PERUSQUIA MONTOYA

MARZO 2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ACATLÁN"  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**SR. FERNANDO ALBERTO NANAHOTZIN ZAVALA ESCANDÓN  
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
P R E S E N T E**

En atención a su solicitud presentada con fecha de 28 de mayo de 2002, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa aprobó el tema que propuso, para que lo desarrolle como Tesis para su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE DE TELEFONÍA CELULAR**

1. ASPECTOS GENERALES.
  2. ESTUDIOS PRELIMINARES.
  3. TIPOS DE TORRES Y SUS CARACTERÍSTICAS.
  4. ESTUDIOS TÉCNICOS.
  5. PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA RADIO BASE CELULAR.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES  
BIBLIOGRAFÍA

Asimismo fue designado como asesor al Ing. VÍCTOR JESÚS PERUSQUÍA MONTOYA, pido a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar del trabajo escrito el título de ésta.

Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

**A T E N T A M E N T E .**  
**" POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "**  
**Acatlán Edo. de México a 11 de marzo de 2004**

Jefe del Programa

Ing. Manuel Gómez Gutiérrez



**ENEP- CATLAN  
JEFATURA DEL  
PROGRAMA DE INGENIERIA**

## AGRADECIMIENTOS

A mi esposa Ana Laura García Arias.  
Gracias por tu amor y por tu sonrisa.

A Mis Padres Jorge Zavala Hernández y Blanca Escandón Pacheco.  
Gracias por su amor, ejemplo, dedicación y paciencia, gracias por darme la mejor herencia que se puede dar, "educación", y gracias por darme la vida.

A Mis Hermanos: Jorge, Blanca, Roman, Zitlaly, Bellatrix y Montserrat Zavala Escandón.  
Les dedico este trabajo con mucho cariño.

A mis sobrinos: Ana Laura, Romina, Horacio, Loreley, Bellatrix, Ana Fernanda, Hannynul, Jorge, Daniela, Rodrigo, Montserrat, Diego y Carlos.  
Espero que este trabajo se un ejemplo de inspiración para que cada uno de ustedes alcancen sus metas.

A mi asesor: Ing. Víctor Jesús Perusquía Montoya, Gracias Profesor por su apoyo incondicional y por su entusiasmo en la elaboración de este trabajo.

A todos mis amigos, en especial aquellos que siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas, gracias por su amistad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, y a la Facultad de Estudios Superiores, Acatlan, gracias por existir y gracias por permitirme haber hecho realidad este sueño.

Sinceramente  
Fernando Alberto Nanahotzin Zavala Escandon

## Índice

Prólogo	IV
Introducción	VI

### CAPÍTULO 1

#### “ASPECTOS GENERALES”

1.1 Breve historia de la telefonía celular	02
1.2 ¿Qué sustenta la telefonía celular? (TECNOLOGÍAS)	08
1.3 Características de una torre de telefonía celular (GSM)	09
1.4 Impacto ambiental de una torre de telefonía celular	13

### CAPÍTULO 2

#### “ESTUDIOS PRELIMINARES”

2.1 Ubicación del predio	29
2.2 Características del predio	31
2.3 Selección del predio	32
2.4 Aspectos de contratación	35
2.5 Reglamentación para la construcción	39

### CAPÍTULO 3

#### “TIPOS DE TORRES Y SUS CARACTERÍSTICAS”

3.1 Tipos de torres	44
3.2 Torres autosoportadas	47
3.3 Torres monopolos	48
3.4 Torres arnostradas	53
3.5 Definición de la torre de acuerdo al predio seleccionado	53

## CAPÍTULO 4

### “ESTUDIOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS”

4.1 Estudios de mecánica de suelos	61
4.2 Estudios de análisis estructural	69
4.3 Memorias de cálculo	78
4.4 Memorias descriptivas	80

## CAPÍTULO 5

### “PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA RADIO BASE CELULAR”

5.1 Procesos constructivos	
5.1.1 Trabajos preliminares	84
5.1.2 Trabajos iniciales en la construcción	91
5.2 Diseño de la cimentación para la torre seleccionada; transmisión de cargas a la cimentación	93
5.3 Especificaciones para la instalación de equipos	98
Conclusiones	112
Bibliografía	115

## APÉNDICE

PRINCIPIOS BÁSICOS DE ELECTROMAGNETISMO	118
NOM TELECOMUNICACIONES	129
GLOSARIO	132

## PROLOGO

En el año de 1974, mi padre, compro una casa. Yo, como todo niño, tenía varios planes para cuando fuera grande, primero quise ser bombero, posteriormente decidí que sería mecánico automotriz, ya que tenía un extraño gusto por los automóviles accidentados, en el año 1976, a mis 6 años de edad, mi padre mando hacer algunas adecuaciones a la casa, se amplió la cocina, se construyó también un cuarto de servicio en el patio trasero, se construyó una cisterna, entre otros trabajos. Yo recuerdo a los trabajadores de la construcción entrar y salir de casa, también recuerdo ver a los responsables de cuidar la calidad de los trabajos así como el avance de los mismos, fue ahí cuando decidí a que me dedicaría de grande, decidí que me dedicaría a construir casas, yo sería Constructor.

El presente trabajo no solo se refiere a los parámetros técnicos para realizar la instalación de una torre para una base de telefonía móvil o como lo conocemos en nuestro país "celular", abarca además aspectos que todos los días un Ingeniero Civil debe afrontar en el trabajo.

La selección del predio adecuado, para la construcción de lo que se desee, en este caso una torre para una Radio Base, la contratación del predio mediante un instrumento legal, (Contrato) los trámites y permisos correspondientes, además de los estudios específicos para la instalación de las torres, antenas y equipos necesarios no son tareas ajenas al Ingeniero Civil.

Las telecomunicaciones son hoy en nuestros días una realidad que no podemos ignorar, cada día se han mejorado los aparatos de comunicación, los primeros teléfonos móviles eran unos portafolios donde se cargaban las pilas, el auricular y el equipo necesario para realizar la conexión a la red telefónica, en algunos casos era necesario conectarse a una toma eléctrica para que el teléfono funcionara, los últimos modelos caben en la palma de la mano.

Haciendo una breve reseña histórica, las radiocomunicación se usó desde la primera guerra mundial, con los avances de aquella época, mismos que fueron los principios de la radiocomunicación de nuestros días.

Durante la investigación se obtuvo bastante información, de tal forma que nos enfocamos a los aspectos técnicos, así como a los administrativos del trabajo, es decir, la estructuración de una torre, los estudios de Mecánica de suelos y el proceso constructivo de la torre, antenas y equipo, y también establecemos los parámetros que consideramos importantes en cuanto a la elección del predio, que es la punta de flecha para iniciar dicho proceso.



En el presente trabajo se establecen las características de los equipos que serán instalados, se especifican los estudios que se deben de realizar para conocer las características de las estructuras, de los predios, etc., además conoceremos como se establecen las conexiones entre los teléfonos celulares y las diferentes terminales existentes, móviles o fijas, para realizar un enlace telefónico.

De igual forma y a manera de conocer aspectos técnicos generales, en el primer capítulo se da una breve explicación de lo que son las telecomunicaciones en el área de la telefonía.

En los capítulos 2do, 3ero, 4to y 5to, se dan los parámetros técnicos para determinar la mejor opción de brindar el servicio de telefonía móvil, la selección del predio para tener la mejor ubicación dentro de la red, la selección óptima de la estructura (torre) de acuerdo a las características del predio y de la ubicación del mismo dentro de la red, los estudios técnicos para determinar las opciones de construcción del sitio y el proceso constructivo con sus características particulares y específicas.

## INTRODUCCIÓN

La comunicación ha existido desde el inicio de la humanidad, no ha sido siempre igual, los antecedentes iniciales de comunicación, por mencionar algunos, son: pinturas rupestres de la edad de piedra, señales de humo de los pieles rojas en América del Norte, sonidos guturales, etc., hasta llegar al descubrimiento de las ondas eléctricas, capaces de transformar, con ayuda de equipos específicos, la energía eléctrica en sonidos, ya sean estos de voz, musicales, datos o simplemente ruidos codificados, como la clave inventada por Morse.

La comunicación ha sido factor importante en la historia de la humanidad, conforme ha avanzado la tecnología se han mejorado los medios de comunicación, inclusive en algunos países desarrollados es obligatorio que los padres de un niño sordo aprendan "lenguaje de señas" para poder comunicarse con ellos, respetando sus derechos.

El trabajo consta de cinco capítulos donde se describen aspectos de telecomunicaciones, valuación y selección de inmuebles, contratación de inmuebles mediante un contrato de arrendamiento, descripción de los tipos de torres más comunes para la instalación de las antenas de radiocomunicación, (telefonía móvil) metodologías de estudios tanto de mecánica de suelos así como análisis estructural de las torres y las estructuras donde se desee colocar la torre y por último la planeación y ejecución del proceso de construcción de una torre de telefonía de acuerdo a las características del predio seleccionado.

El primer capítulo es una breve introducción a las telecomunicaciones, al descubrimiento del teléfono, al sistema telefónico existente, al desarrollo de las vías de comunicación desde el punto de vista telefónico, la explicación de lo que es una red de telefonía móvil, y al sistema existente de telefonía móvil. También hablamos del impacto ambiental de la instalación de una torre de telefonía móvil y cual es la metodología para entregar una Memoria de Impacto Ambiental (MIA) a las autoridades correspondientes.

En el segundo capítulo se hace referencia a la selección del predio y todo lo que implica este paso, una vez seleccionado el predio los pasos que debemos seguir para el arrendamiento, también se mencionan las características generales que deseamos en el predio, de tal forma que se proceda a la construcción de la estructura, cabe aclarar que en términos generales se puede construir una torre de telefonía en cualquier lugar, sin embargo, se elaboró una relación de recomendaciones para contar con una óptima señal, además se debe cumplir con una serie de requisitos, de tal forma que sea permisible la construcción de la torre tanto por la autoridad así como por los vecinos, ya que de nada nos servirá un predio con las características ideales si no contamos con los permisos correspondientes.

También se mencionan los aspectos legales de reglamentación y así obtener los permisos de uso de suelo, de construcción, de la Dirección General de Aeronáutica Civil, (DGAC) así como los que las autoridades consideren necesarios para continuar con los pasos de la construcción de la torre.

En el tercer capítulo describimos los diferentes tipos de torres existentes que nos apoyan a dar el servicio de telefonía móvil y sus características, ya que si no hacemos mención de este paso tan importante sería como si no mencionáramos los ingredientes de una receta al cocinar, puesto que dependiendo de las características del predio podremos determinar cual será la mejor opción para la instalación de la torre, esta podría llegar a variar de acuerdo a los resultados que obtengamos en los estudios técnicos, aunque rara vez sucede.

En el cuarto capítulo estableceremos la metodología para realizar los estudios necesarios de la seguridad estructural de las torres, en este capítulo se establecen los pasos a seguir y como se realiza un estudio de mecánica de suelos, un análisis estructural del inmueble existente, (en caso de que exista) y así determinar si será capaz de soportar los esfuerzos a los que será sometido durante la vida útil de la torre.

También mencionaremos la metodología que se debe seguir hasta obtener los informes de memorias descriptivas de los trabajos realizados, ya que estos nos determinaran los alcances que se obtendrán antes, durante y después de haber concluido los trabajos de construcción de la torre.

Por último en el quinto capítulo se desarrolla la metodología del proceso constructivo específico de un caso real para la ciudad de México.

Mencionamos los trabajos preliminares para comenzar la obra. Se describen los pasos a seguir del cálculo y diseño de una cimentación específica y al final se establecen las especificaciones de la instalación de los equipos.

---

# “Aspectos Generales”

---

## 1.1 Breve historia de la telefonía celular

El *teléfono* es un instrumento de comunicación, diseñado para la transmisión de voz mediante electricidad. El teléfono contiene un diafragma que vibra al recibir el impacto de ondas de sonido. Las vibraciones (movimiento ondulatorio) se transforman en pulsaciones eléctricas y se transmiten a un receptor que los vuelve a convertir en sonido. En lenguaje coloquial, la palabra *teléfono* también designa todo el sistema al que va conectado un aparato de teléfono; un sistema que permite enviar no sólo voz, sino también datos, imágenes o cualquier otro tipo de información que pueda codificarse y convertirse en energía eléctrica. Esta información viaja entre los distintos puntos conectados a la red. La red telefónica se compone de las vías de transmisión entre los equipos de los usuarios y de los elementos de conmutación que sirven para seleccionar una determinada ruta o grupo de ellas entre dos usuarios.

### Evolución

En 1854 el inventor francés Charles Bourseul planteó la posibilidad de utilizar las vibraciones causadas por la voz sobre un disco flexible o diafragma con el fin de activar y desactivar un circuito eléctrico y producir unas vibraciones similares en un diafragma situado en un lugar remoto que reproduciría el sonido original. Algunos años más tarde, el físico alemán Johann Philip Reis inventó un instrumento que transmitía notas musicales pero no era capaz de reproducir la voz humana. En 1877, tras haber descubierto que para transmitir la voz sólo se podía utilizar corriente continua, el inventor norteamericano Alexander Graham Bell<sup>1</sup> construyó el primer teléfono capaz de transmitir y recibir voz humana con toda su calidad y su timbre.

### Teléfono magnético de Bell

El conjunto básico del invento de Bell estaba formado por un emisor, un receptor y un único cable de conexión. El emisor y el receptor eran idénticos y contenían un diafragma metálico flexible y un imán con forma de herradura dentro de una bobina. Las ondas sonoras que incidían sobre el diafragma lo hacía vibrar dentro del campo del imán. Esta vibración inducía una corriente eléctrica en la bobina que variaba según las vibraciones del diafragma. La corriente viajaba por el cable hasta el receptor, donde generaba fluctuaciones de la intensidad del campo magnético de éste, haciendo que su diafragma vibrase y reprodujese el sonido original.

---

<sup>1</sup> En el verano del año 2002, una corte Norteamericana dio su fallo en contra a una litigio sobre la autenticidad del reconocimiento al descubridor del teléfono. Y al parecer no fue Bell, sino un inventor italiano.

---

En los receptores de los teléfonos modernos, el imán es plano y el campo magnético que actúa sobre el diafragma de hierro es de mayor intensidad y homogeneidad. Los transmisores llevan un diafragma muy fino montado debajo de una rejilla. En el centro del diafragma hay un pequeño receptáculo relleno de granos de carbono. Las ondas sonoras que atraviesan la rejilla provocan un vaivén del receptáculo. En el movimiento descendente los granos quedan compactados y producen un aumento de la corriente que circula por el transmisor.

## Partes del aparato telefónico

El aparato telefónico consta de un transmisor, un receptor, un dispositivo marcador, una alarma acústica y un circuito supresor de efectos locales. Si se trata de un aparato de dos piezas, el transmisor y el receptor van montados en el auricular, el timbre se halla en la base y el elemento de marcado y el circuito supresor de efectos locales pueden estar en cualquiera de las dos partes, pero por lo general van juntos. Los teléfonos más complejos pueden llevar un micrófono y un altavoz en la pieza base, aparte del transmisor y el receptor en el auricular. En los teléfonos portátiles el cable del auricular se sustituye por un enlace de radio entre el auricular y la base, aunque sigue teniendo un cable para la línea. Los teléfonos celulares suelen ser de una sola pieza, y sus componentes en miniatura permiten combinar la base y el auricular en un elemento manual que se comunica con una estación remota de radio. No precisan línea ni cables para el auricular y resultan muy cómodos por la ausencia de éstos, además de ligeros e impresionantemente pequeños.

Actualmente, la mayoría de los teléfonos llevan botones en vez de disco de marcado. Los teléfonos de botones disponen generalmente de un conmutador que permite seleccionar el envío de pulsaciones o tonos.

## Re-emisor de microondas

En este método de transmisión, las ondas de radio que se hallan normalmente en la banda de frecuencias súper altas y que se denominan microondas, se remiten de estación a estación. Dado que la transmisión de microondas exige un camino expedito entre estación emisora y receptora, la distancia media entre estaciones repetidoras es de unos 40 kms. Un canal de re-emisión de microondas puede transmitir hasta 600 conversaciones telefónicas.

## Telefonía por satélite

En 1969 se completó la primera red telefónica global basándose en una serie de satélites en órbitas estacionarias a una distancia de 35,880 km respecto de la tierra. Estos satélites van alimentados por células de energía solar. Las

---

llamadas transmitidas desde una antena terrestre se amplifican y se retransmiten a estaciones terrestres remotas. La integración de los satélites y los equipos terrestres permite dirigir llamadas entre diferentes continentes con la misma facilidad que entre lugares muy próximos. Gracias a la digitalización de las transmisiones, los satélites de la serie global *INTELSAT* pueden retransmitir simultáneamente hasta 33,000 llamadas, así como diferentes canales de televisión.

Un único satélite no serviría para realizar una llamada, por ejemplo, entre Nueva York y Hong Kong, pero dos sí. Incluso teniendo en cuenta el costo de un satélite, esta vía resulta más barata de instalar y mantener por canal que la ruta equivalente utilizando cables coaxiales o ahora fibra óptica tendidos por el fondo del mar. En consecuencia, para grandes distancias se utilizan en todo lo posible los enlaces por satélite.

Sin embargo, los satélites presentan una desventaja importante. Debido a la gran distancia hasta el satélite y la velocidad limitada de las ondas de radio, hay un retraso apreciable en las respuestas habladas. Por eso, muchas llamadas sólo utilizan el satélite en un sentido de la transmisión (por ejemplo, de Nueva York hacia San Francisco) y un enlace terrestre por microondas o coaxial en el otro sentido. Un enlace vía satélite para ambos sentidos resultaría irritable para dos personas conversando entre Nueva York y Hong Kong, ya que apenas podrían efectuar interrupciones, cosa muy frecuente en las conversaciones, y además se verían afectadas por el gran retraso (más de un segundo) en la respuesta de la otra persona.

La mayoría de las grandes ciudades están hoy enlazadas por una combinación de conexiones por microondas, cable coaxial, fibra óptica y satélites. La capacidad de cada uno de los sistemas depende de su antigüedad y el territorio cubierto (los cables submarinos están diseñados de forma muy conservadora y tienen menor capacidad que los cables de superficie), pero en general se pueden clasificar de la siguiente forma: la digitalización simple a través de un par paralelo proporciona decenas de circuitos por par; la coaxial permite cientos de circuitos por par y miles por cable; las microondas y los satélites dan miles de circuitos por enlace y la fibra óptica permite hasta decenas de miles de circuitos por fibra. La capacidad de cada tipo de sistema ha ido aumentando notablemente desde su aparición debido a la continua mejora de la ingeniería.

## Comunicación móvil celular

Los teléfonos celulares, que se utilizan en los coches, aviones y trenes de pasajeros, son en esencia unos radioteléfonos de baja potencia. Las llamadas pasan por los transmisores de audio colocados dentro de pequeñas unidades geográficas llamadas células. Dado que las señales de cada célula son demasiado débiles para interferir con las de otras células que operan en las mismas frecuencias, se puede

---

utilizar un número mayor de canales que en la transmisión con radiofrecuencia de alta potencia. La modulación de frecuencia (FM) de banda estrecha es el método más común de transmisión y a cada mensaje se le asigna una portadora exclusiva para la célula desde la que se transmite.

## Correo de voz

El correo de voz permite grabar los mensajes recibidos para su posterior reproducción en caso de que la llamada no sea atendida. En las versiones más avanzadas de correo de voz, el usuario puede grabar un mensaje que será transmitido más adelante a lo largo del día.

## Radio celular

Sistema de teléfono móvil por radio que se está imponiendo rápidamente en muchas ciudades del mundo. El sistema, una versión en miniatura de las grandes redes de radio, recibe su nombre de las unidades 'células' en que se divide un territorio. Cada célula tiene un radio de 1.5 a 2.4 km y está equipada con una emisora de radio con su propia gama de frecuencias radiofónicas. El mismo rango puede estar duplicado varias veces en un mismo territorio, siempre y cuando las células que lo utilizan no sean colindantes. A medida que el teléfono móvil se desplaza por este mosaico de células, las llamadas de usuario —idénticas a las de los teléfonos convencionales— se van conmutando de una célula a otra mediante un sistema automatizado

Uno de los aspectos más interesantes del teléfono celular es que es solamente un radio - extremadamente sofisticado, pero un radio a fin de cuentas.

Se define al servicio móvil como: "el servicio de radio comunicaciones entre estaciones móviles y estaciones terrestres o entre estaciones móviles"

Se diferencian del servicio fijo en la existencia de, al menos, una terminal cuya ubicación de desplaza requiriéndose el mantenimiento del servicio durante estos desplazamientos.

Existen varias clasificaciones, dependiendo del medio en que se utilice (terrestre, marítimo y aeronáutico), de su direccionalidad (unidireccionales, bidireccionales) y de su interconexión a otras redes (públicas o privadas). En este caso vamos a tratar los sistemas bidireccionales con conexión a la red telefónica móvil.

La primera estación del servicio móvil terrestre, es decir, el equipo de radio se sitúa en un coche, exigió en los años 1990's, ser instalada en un extraño vehículo de apariencia de un tranvía, o automóvil de vapor, en pruebas realizadas



---

por Marconi.<sup>2</sup> Si bien los voluminosos equipos de válvulas podrían ser instalados en coches o en trenes, y desde la estación de base conectar con la red, no fue sino hasta que la transistorización de los mismos, que redujo el consumo y el tamaño, cuando comenzaron a popularizarse, aunque debido a su costo, su acceso era restringido.

El 7 de enero de 1926 se inauguró el servicio telefónico público ferroviario en el trayecto Berlín-Hamburgo, de tipo manual, mientras que hoy en día está en servicio con éxito el servicio telefónico público automático con equipos de moneda o de tarjeta tanto en trayectos ferroviarios como aeronáuticos en diferentes países del mundo.

Entre estos dos hitos, el servicio terrestre en automóviles comenzó en los años 1940's, cuando en E.U., el servicio telefónico manual que ya existía en barcos y ferrocarriles, se extendió a los coches. Se denomina servicio manual de teléfono móvil (MTS), y se asignó a la banda VHF.

Este sistema manual servía en 1952 a 373 ciudades de EU. con 34,000 usuarios, que a veces necesitaban hasta dos horas de espera para conseguir un canal libre.

En Alemania, denominado red "A" se inició este servicio en 1950, alcanzando su auge en 1971, con un total de 136 zonas de servicio radio eléctrico, 317 canales y 10,748 usuarios. En 1956, Francia establece un sistema análogo en París, que alcanza un techo con 500 usuarios en 1968. Los países nórdicos y centroeuropeos establecieron estos sistemas "A", cuyo defecto era la pronta saturación.

En 1958 se inauguraran en EU. diversos sistemas totalmente automatizados, conectados a la red, lo que ocurre en Alemania una década después, y en Francia en 1973. Son las denominadas redes "B", que pronto manifiestan análogos problemas que las redes "A", que centralizan el control de los canales para permitir una reutilización más eficaz de las frecuencias en zonas distintas.

Uno de los campos más dinámicos de la tecnología actual es el de las telecomunicaciones y dentro de éste el de las telecomunicaciones móviles ofrece perspectivas de aplicación y servicios masivos como ningún otro. Éstas permitirán en el futuro la comunicación personal ilimitada desde cualquier punto del globo a través de la integración de sistemas terrestres y de satélite de forma totalmente nítida para el usuario.

---

<sup>2</sup> La Radio telefonía móvil pública. Felipe Fenoll Recio.

---

A partir de la década de los años 1980's, el campo de las telecomunicaciones móviles ha tenido un gran desarrollo y un continuo avance tecnológico; desde los sistemas telefónicos inalámbricos doméstico, hasta los sistemas móviles terrestres enlazados por satélite. También ha avanzado desde la radio mensajería local unidireccional hasta los sistemas móviles de correspondencia pública con voz, datos y video.

En los últimos años los servicios móviles han representado el segmento de más rápido crecimiento del sector de las telecomunicaciones. Este crecimiento es debido, fundamentalmente, al auge experimentado por la telefonía celular que permite a sus treinta millones<sup>3</sup> de usuarios en todo el mundo la posibilidad de generar y recibir llamadas mientras se desplazan de un lugar a otro. En una sociedad como la actual, en la que la gente se desplaza y viaja con una asiduidad sin precedentes, se crean nuevas formas de vida que, a su vez, generan nuevas necesidades. La movilidad se ha convertido por tanto en un aspecto clave sobre el cual se apoyan los fuertes índices de crecimiento en la telefonía móvil en general y de la celular en particular.

En la actualidad, los servicios celulares están sometidos a limitaciones geográficas con cobertura restringida a los propios países, aunque con ciertas excepciones, como el caso de los países nórdicos.

A diferencia de otros objetos portátiles, los equipos de bolsillo se han convertido en productos que se transportan y sobre los cuales el usuario se apoya de forma muy especial y personal, puesto que son poseedores de una identidad específica y muy próxima a la de su propietario. Enmarcado en una situación de creciente movilidad, el teléfono de bolsillo pasa pues a convertirse en un objeto personal y nómada por antonomasia. En el inicio del siglo XXI, los nuevos modelos permiten el acceso a cualquier tipo de información y obtener comunicaciones multimedia; son inteligentes y permitirán recibir imágenes de la realidad., además en un futuro no lejano, realizarán traducciones simultáneas en varios idiomas. El teléfono será por tanto un instrumento que permitirá eliminar el espacio como obstáculo.

Las comunicaciones han experimentado un considerable dinamismo durante los pasados diez años, que se ha traducido en cambios estructurales, de organización y regulatorios sobre la dinámica de los mercados. Ante este nuevo marco, surgen importantes oportunidades de crear y desarrollar nuevos mercados, apoyándose en la implantación de nuevas redes y servicios soportados por nuevas tecnologías.

---

<sup>3</sup> Eugenio Rey Veiga. Director de Mundo Electrónico. Telecomunicaciones Móviles.

---

## 1.2 Tecnologías.

El crecimiento espectacular que están experimentando los usuarios de sistemas celulares, estaba condicionado con las limitaciones de capacidad y de nuevos servicios de los sistemas analógicos; por ello como primer medida se redujeron al área de las células, implantándose más estaciones base, que lógicamente tiene sus limitaciones técnicas y un costo muy elevado.

Para corregir estas limitaciones técnicas y poder ofrecer al usuario los servicios que demandan, se desarrollan las técnicas digitales, prácticamente disponibles; por ello podemos decir que el futuro de la radio telefonía celular ha comenzado.

De igual forma que en los sistemas actuales, se planteó la guerra de las normas o estándares. En el caso de Europa, y al no existir un estándar común en los sistemas analógicos, en 1982 la Conferencia Europea de Administración Postal y de Telecomunicaciones, (CEPT por sus siglas en francés) decidió establecer el comité Grupo Móvil Especial, (del francés Groupe Special Mobile, GSM) cuyo encargo era desarrollar las especificaciones de un sistema común. Este grupo dependió de la CEPT hasta 1989 en que fue transfido al Instituto Europeo de Normatividad de Telecomunicaciones (ETSI por sus siglas en Ingles), manteniendo las mismas siglas pero denominándose Sistema Global de Comunicación Móvil, (GSM).

Por último están desarrollándose las bases para los sistemas de llamadas Sistema Personal de Comunicación (PCS por sus siglas en Ingles) en la banda de 1800 Mhz.

El futuro de las telecomunicaciones<sup>4</sup>. El uso de Internet móvil se generalizará con la expansión del sistema de posición global (GPS por sus siglas en inglés), que ubiquen la posición del usuario y le proporcionen por ejemplo, información sobre promociones, de acuerdo a la región en que se encuentre y a sus preferencias de compra. Lo anterior, de acuerdo con Raúl Lucido de la Parra, vicepresidente de Planeación estratégica de Ericsson.

Lucido estima que la tercera generación de Internet móvil tendrá su apogeo en América Latina hacia el año 2003, pero para entonces ya deben existir una infraestructura y terminales adecuadas.

El ejecutivo comentó que Ericsson planea contar con cobertura para GPS en casi toda la República Mexicana para el año 2003. Sin embargo, Lucido dejó entrever que la estrategia es no hacerlo solos. En Europa, los operadores se unen

---

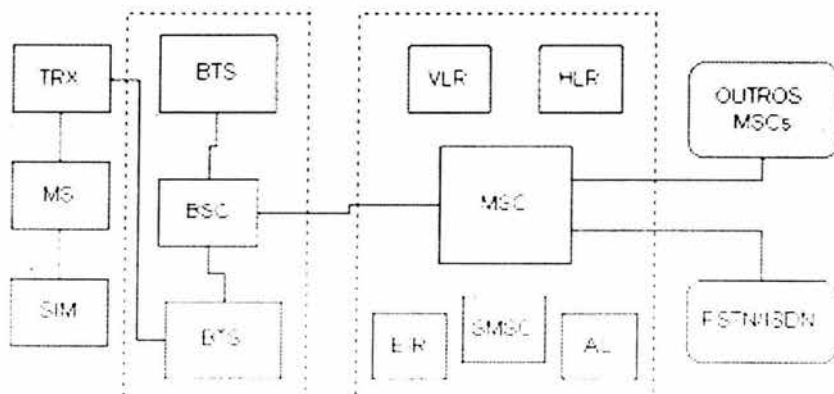
<sup>4</sup> Lizzette Pérez. Revista Information Week México Julio de 2001

para instalar la infraestructura GPS, 3G y larga distancia, aun cuando sean competidores y es probable que en México y en América Latina se aplique este esquema de cooperación.

Dentro del universo de las comunicaciones móviles el GSM posee una serie de características singulares que lo diferencian. Nacido en los años 80's en Europa, el sistema comparte elementos comunes con otras tecnologías utilizadas en la telefonía móvil, como la transmisión digital de voz y datos y la utilización de células. Aquí presentamos las características técnicas fundamentales y capacidades del sistema.<sup>5</sup>

### 1.3 Arquitectura de la red GSM

Una red GSM es constituida por tres elementos: el terminal, la estación-base (BSS por sus siglas en Inglés) y el subsistema de red o nudo.



Base Substation System (Sistema de Subestación de Base)

Network Subsystem (Subsistema de Red)

AC: Authentication Center (Central de Autenticación)

BSC: Base Station Controller (Estación Base de Control)

BTS: Base Transceiver Station (Estación Transreceptora de Base)

EIR: Equipment Identity Register (Registro de Identificación del Equipo).

HLR: Home Location Register (Registro de Localización de Llamada)

ISDN: Integrated Services Digital Network (Red Digital de Servicios Integrados)

MS: Mobile Station (Estación Móvil)

MSC: Mobile services Switching Center (Central Intercambiadora de Servicios Móviles)

PSTN: Public Switched Telephone Network (Red Telefónica Analógica Pública)

SIM: Subscriber Identity Module (Módulo de Identificación de Suscriptor)

SMSC: Short Message System Center (Central de Sistema de Mensajes Cortos)

<sup>5</sup> <http://www.maximovil.com>

---

TRX: Transceiver (Transreceptor)  
VLR: Visitor Location Register (Registro de Localización del Visitante)

La estación móvil (o terminal), contiene la tarjeta modulo de identificación (SIM), que identifica el utilizador dentro de la red. El SIM confiere movilidad personal al utilizador de la tarjeta, permitiéndole acceder a los servicios de la red independientemente del teléfono móvil que use o su localización. El SIM es protegido a través de un número de identificación personal (PIN por sus siglas en ingles) que hay que marcar cada vez que se conecta el móvil con el SIM. Además existe un número que identifica cada terminal individualmente, la identificación internacional móvil del subscriber (IMEI por sus siglas en ingles), pero que es independiente del SIM.

La estación-base (BSS) controla la conexión radio entre el teléfono móvil y la red y se conoce por célula, ya que cubre una determinada área geográfica. Una BSS esta compuesta por dos elementos: estación base transreceptor (BTS por sus siglas en ingles) y la base el controlador base de la estación (BSC por sus siglas en ingles). Cada BSS puede tener una o más BTS. Las BTS albergan el equipo de transmisión / recepción (los transreceptores TRX) y gestionan los protocolos de radio con el terminal móvil. Cada estación utiliza técnicas digitales para permitir que varios utilizadores se ligen a la red, así como para permitir que hagan y reciban llamadas simultáneamente. Esta gestión se denomina de multiplexing.

El BSC administra los recursos de radio de una o más BTS. Entre sus funciones se incluyen el handoff (que ocurre cuando el utilizador se mueve de una célula para otra, permitiendo que la liga se mantenga), el establecimiento de los canales de radio utilizados y cambios de frecuencias. Finalmente, establece la liga entre el móvil y la central intercambiadora de Servicios móviles (MSC por sus siglas en ingles), el corazón del sistema GSM.

El MSC, es el cual a través se hace la liga entre una llamada realizada de un móvil hacia las otras redes fijas (las analógicas PSTN o digitales ISDN) o móviles. Además el nudo en el que se encuentra posee además una serie de equipos destinados a controlar varias funciones, como el cobro del servicio, la seguridad y el envío de mensajes SMS.

El registro de localización de llamadas (HLR por sus siglas en ingles) contiene toda la información administrativa sobre el cliente del servicio y la localización actual del terminal. Es a través de éste que la red verifica si un móvil que se intenta ligar posee un contrato de servicio válido. Si la respuesta es afirmativa el MSC envía un mensaje de vuelta a la terminal informándole que está autorizado a utilizar la red. Cuando el MSC recibe una llamada destinada a un móvil él va al HLR verificar la localización. Paralelamente, el terminal de tiempos a tiempos

---

envía un mensaje para la red, para informarla del sitio donde se encuentra (este proceso es denominado polling).

El registro de localización de visitantes (VLR por sus siglas en inglés) es utilizado para controlar el tipo de conexiones que una terminal puede hacer. Por ejemplo, si un utilizador posee restricciones en las llamadas internacionales el VLR impide que estas sean hechas, bloqueándolas y enviando un mensaje de vuelta al teléfono móvil informando el utilizador.

El registro de identificación de equipo (EIR) y la central de autenticación (AC) son utilizados ambos para garantizar la seguridad del sistema. El EIR posee una lista de IMEI de terminales que han sido declarados como robados o que no son compatibles con la red GSM. Si el teléfono móvil está en esa lista negra, el EIR no permite que se conecte a la red. Dentro del AC hay una copia del código de seguridad del SIM. Cuando ocurre la autorización el AC genera un número aleatorio que es enviado para el móvil. Los dos aparatos, de seguida, utilizan ese número, junto al código del SIM y un algoritmo de encriptación denominado A3, para crear otro número que es enviado de nuevo para el AC. Si el número enviado por el terminal es igual al calculado por el AC, el utilizador es autorizado a usar la red.

La central de mensajes cortos (SMSC) es el responsable por generar los mensajes cortos de texto. Otros equipos utilizados en redes GSM pueden adjuntar el caudal de llamadas, la conexión a Internet, la caja de mensajes de voz, etc.

## Como funciona la transmisión del GSM

El sistema GSM 900 utiliza dos conjuntos de frecuencias en la banda de los 900 MHz, el primero en los 890-915MHz, utilizado para las transmisiones del terminal y el segundo en los 935-960MHz, para las transmisiones de la red.

El método utilizado por el GSM para administrar las frecuencias es una combinación de dos tecnologías: el TDMA (Time Division Multiple Access) y el FDMA (Frequency Division Multiple Access). El FDMA divide los 25 MHz disponibles de frecuencia en 124 canales con una anchura de 200 kHz y una capacidad de transmisión de datos de alrededor 270 Kbps. Una o más de estas frecuencias es atribuida a cada estación base y dividida de nuevo en cuestión de tiempo, utilizando el TDMA, en ocho espacios de tiempo (timeslots). La terminal utiliza un timeslot para recepción y otro para emisión. Ellos están separados temporalmente para que el móvil no reciba y transmita al mismo tiempo. Esta división de tiempo también es denominada full rate. Las redes también pueden dividir las frecuencias en 16 espacios, proceso designado half-rate, pero la calidad de transmisión es inferior.

---

La voz es codificada de una forma compleja, para que los errores en la transmisión puedan ser detectados y corregidos. Luego es enviada en los timeslots, cada uno con una duración de 577 milisegundos y una capacidad de 116 bits codificados. Cada terminal posee una agilidad de frecuencia, pudiendo desplazarse entre los timeslots utilizados para el envío, recepción y control dentro de un marco completo. Así mismo, un teléfono móvil verifica otros canales para determinar si la señal es más fuerte y cambiar la transmisión para los mismos, si la respuesta es afirmativa.

## Características del GSM

El sistema GSM posee una serie de funciones, que pueden ser implementadas por los operadores en sus redes. Las características incluyen:

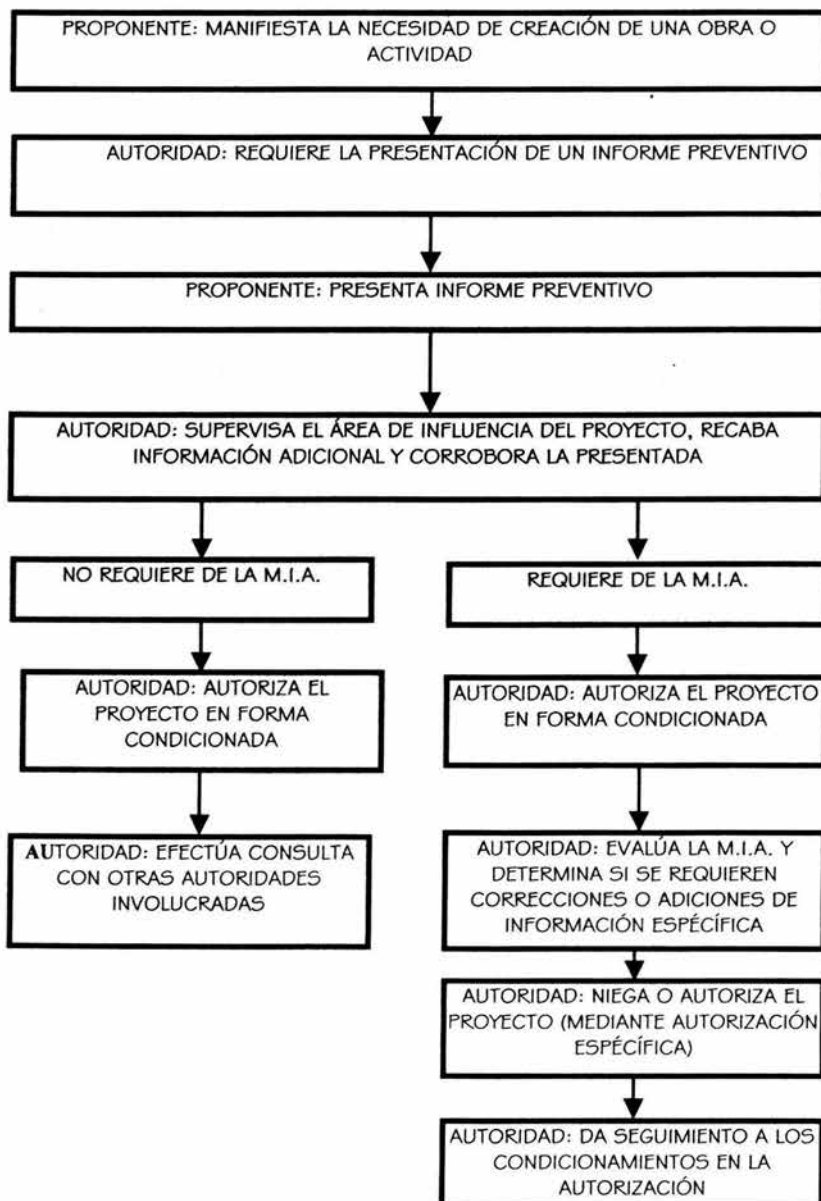
- Posibilidad de usar el terminal y la tarjeta SIM en redes GSM de otros países (roaming).
- Servicio de mensajes cortos (SMS) a través del que pueden ser enviadas y recibidos mensajes con hasta 126 caracteres.
- Reenvío de llamadas para otro número.
- Transmisión y recepción de datos y fax con velocidades de hasta 9.6 Kbps.
- Difusión celular - mensajes con hasta 93 caracteres pueden ser enviados para todos los teléfonos móviles en un área geográfica. Los mensajes son recibidos cuando la terminal no está siendo utilizada y pueden ser recibidos cada dos minutos.

El identificador de llamadas (CLIP por sus siglas en inglés) permite ver en pantalla el número que nos está llamando. Por oposición, la restricción de identificador de llamadas (CLIR por sus siglas en inglés) impide que sea identificado el número entrante.

Posibilidad de visualización de crédito/costo. Grupos restringidos de utilizadores - permiten que los teléfonos registrados en los grupos sean utilizados con extensiones de otro teléfono o cuenta. Ligas sin estática. Notificación de llamadas en espera, cuando estamos hablando por teléfono. Posibilidad de colocar una llamada en espera, mientras se pasa a otra.

Las llamadas son encriptadas, lo que impide que sean escuchadas por otros. Posibilidad de impedir la recepción/transmisión de ciertas llamadas. Llamadas de emergencia pueden ser siempre marcadas en cualquier red, incluso sin SIM. Posibilidad de que varios utilizadores hablen entre sí al mismo tiempo - servicio de conferencia.

## 1.4 Descripción del procedimiento de Impacto Ambiental





---

Metodología para presentar la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) al que se refieren los artículos 10° al 15°<sup>6</sup> del Reglamento de la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México en Materia de Impacto y Riesgo Ambiental.

- I. Información General
- II. Datos Generales Del Proyecto
- III. Justificación y Objetivos del Proyecto (sociales, económicos y ambientales)
- IV. Metodología empleada
- V. Aspectos Generales del Medio Natural y Socioeconómico
  - a) Medio natural (área de influencia)
  - b) Rasgos físicos.
    1. - Climatología.
    2. - Geomorfología.
    3. - Geología.
    4. - Hidrología.
  - c) Vegetación.
  - d) Diversidad y abundancia de hongos.
  - e) Fauna.
  - f) Ecosistema y paisaje.
  - g) Medio socioeconómico.
- VI. Cambios sociales y económicos.
- VII. Etapa de preparación y construcción.
- VIII. Etapa de operación y mantenimiento.
- IX. Etapa de abandono del sitio.
- X. Identificación y descripción de los impactos ambientales según las diferentes etapas del proyecto; se utilizarán dos o más métodos.
- XI. Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales identificados.
- XII. Descripción del escenario ambiental modificado.
- XIII. Conclusiones y recomendaciones.

Para la elaboración de los estudios de impacto ambiental existe una gran variedad de metodologías, ninguna específica, ya que los aspectos dependerán directamente del tipo de proyecto sobre el que se va a aplicar, de las características ambientales del sitio del proyecto, de la intensidad y extensión de los posibles impactos generados y de la profundidad de la modalidad de manifestación de impacto ambiental (MIA) que se va a elaborar.

---

<sup>6</sup> Gestión Ambiental, Artículo 10: Para llevar a cabo la gestión de la política ambiental, el Estado se sustenta en las disposiciones de la ley (de protección al ambiente) y en el programa estatal de protección al Ambiente. Criterios y Normas técnicas Ambientales, Artículo 15: Los Criterios y Normas Técnicas Ambientales, determinarán los requisitos y los límites permitidos para asegurar la protección al ambiente y la conservación y aprovechamiento racional de los elementos naturales.

---

Lo que sí existe es una serie de lineamientos contenidos en los instructivos par la elaboración de las MIAs, y algunos manuales especializados dirigidos a la elaboración de estudios de impacto ambiental.

La primera etapa conceptual de los estudios de impacto ambiental consiste en predecir e identificar las alteraciones producidas por el proyecto, el análisis de los objetivos y acciones susceptibles de producir impacto, así como la situación del entorno antes de alguna modificación.

El segundo paso consiste en la identificación y predicción de los impactos ambientales. Si existe más de una alternativa, se deberá hacer la valoración de impactos para cada una de ellas, lo que posteriormente hará posible una comparación de dichas alternativas, así como la selección de la más adecuada.

La última etapa de los estudios de impacto comprenderá la selección de medidas correctivas y de mitigación, el programa de vigilancia y control de alteraciones, y en caso de que sean necesarios, los estudios complementarios, así como el plan de abandono y recuperación.

## Estudio Para la Evaluación del Impacto Ambiental

Para la obtención de licencias y permisos de construcción se debe de presentar ante SEDESOL un aviso de proposición de acción, llenando las formas que proporciona la Secretaría. Previamente se estudia la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, el Plan Nacional de Desarrollo Urbano, el Plan de Desarrollo Urbano de la localidad en la que se va a llevar a cabo el proyecto, así como del Estado al que pertenece el municipio o ciudad, y el Programa Nacional de Ecología en los rubros que cada uno de ellos tiene que ver con el proyecto según el caso para evitar discrepancias entre las leyes y el propio proyecto.

Posteriormente a esta presentación del aviso de proposición de acción, la SEDESOL solicita que la información se amplíe en un estudio que la Secretaría llama "términos de referencia" que es lo mismo que la evaluación de impacto ambiental. Los datos solicitados son:

- Ubicación geográfica, física y política, incluyendo coordenadas.
- Historia del lugar en donde se piensa llevar a cabo el proyecto, aspectos legales, situación y problemática actual incluyendo el plan de desarrollo urbano del lugar.
- Descripción de las características físicas, geomorfología, geología, Edafología, hidrología y climatología.
- Clasificación de los tipos de vegetación y descripción de las asociaciones enumerando sus especies representativas. Identificar endemismos y especies en peligro de extinción si los hubiera. Incluir una descripción taxonómica de las principales especies.

- 
- Enumeración de las especies más importantes de vertebrados asociándolas con unidades ecológicas y hábitat.
  - Determinación de la capacidad de carga de los sistemas insulares que consiste en la evaluación de las características de los ecosistemas para dictaminar el impacto que ocasionará en los mismos la cantidad de construcciones y la cantidad de personas que pueden permanecer en el lugar sin causar deterioro significativo.
  - Determinación de usos del suelo de acuerdo a su vocación o capacidad de desempeño y capacidad de carga.
  - Con base en los resultados del estudio de capacidad de carga, definir el programa constructivo por etapas, incluyendo el programa de protección, restauración y recuperación ecológica que deberá desarrollarse.
  - Proyectos de infraestructura e instalaciones por etapas.
  - Bibliografía.
  - Aviso de proposición de acción

Objetivos. El primer objetivo que se pretende lograr, es el de contar con un instrumento efectivo de análisis en la etapa de planeación del proyecto. Logrando con esto la identificación de tres elementos esenciales en toda evaluación de Impacto ambiental.

Selección del sitio, a partir del criterio y condiciones que lo determinan. Simplificaciones ambientales derivadas de la obra. Determinación de posibles modificaciones o cambios al mismo, tendientes a minimizar o eliminar los posibles impactos ambientales adversos derivados de la realización de éste.

El segundo objetivo es el determinar a partir de análisis de las características del proyecto, si este requiere de una evaluación preliminar de impacto ambiental o en su defecto, requiere solamente de la implementación de ciertas medidas de carácter preventivo que garanticen la protección del medio ambiente.

La importancia de incorporar consideraciones ambientales en todo proceso de desarrollo, permite definir una estrategia orientada a: Evitar el deterioro de los recursos naturales, a fin de que sigan proporcionando la base para mayor desarrollo económico sostenido; y ofrecer una advertencia adecuada de los efectos colaterales que puede ocasionar el desarrollo de proyectos que quizá originen costos que no han sido determinados en los procedimientos ordinarios de revisión.

Para determinar en qué momento se actúa y cuáles son los alcances del proyecto, se considerará tanto el tipo de proyecto como la fase de desarrollo en que se encuentra.

---

Para su ubicación es necesario utilizar cartografía a una escala adecuada (cuando menos los mapas topográficos), a fin de localizar los posibles puntos y áreas de impacto dentro de la zona.

Descripción del proyecto desde el punto de vista ambiental, teniendo en cuenta las características y situaciones derivadas de éste, que puedan tener efectos sobre el ambiente. El grado de detalle de la descripción dependerá de la fase de desarrollo del proyecto en el que se realice, haciendo referencia a los aspectos que tendrán que ser estimados en una primera aproximación, de tal forma que en fases posteriores del estudio pueda valorarse la magnitud de los impactos.

Existen por otro lado, actividades inducidas y asociadas que deberán ser consideradas para determinar el impacto global del proyecto, entre este tipo de actividades, se encuentran las siguientes:

- Actividades extractivas de recursos, ligadas al proyecto.
- Incremento y generación de nuevas edificaciones e infraestructura.
- Apertura de caminos y carreteras de acceso.
- Aumento de actividades productivas en la zona.
- Definición de la situación Preoperacional.
- Descripción general

Nombre del proyecto. Dependiendo del tipo de proyecto que se vaya a realizar, se debe denominar el proyecto según el nombre que le asigne el promotor del proyecto, este nombre debe incluir el lugar en el que se vaya a realizar como el municipio y estado de la República en el que se encuentra.

Naturaleza del proyecto. Capacidad proyectada y la inversión requerida. Se hace una descripción de lo que se pretende obtener en el proyecto, describiendo los aprovechamientos que se le darán a cada sección, los servicios que proporcionará cada lugar, como zonas habitacionales, lugares de diversión, cantidad de lotes que tendrá el lugar en caso de un fraccionamiento, etc. algunos de los rubros son:

- Amenidades, o lugares de entretenimiento.
- Espacios abiertos.
- Servicios de infraestructura.
- Inversión y costos.
- Obras preliminares.
- Obras de infraestructura.
- Edificación de servicios comunes.
- Obras marinas.
- Otros servicios.
- Deportivos y lugares de entretenimiento. Lugares destinados para viveros y preservación de la Fauna.
- Tiempo de realización del proyecto.

---

- Objetivo y justificación del proyecto

Causas que motivaron la obra o actividad y sus beneficios, así como las razones por las cuales se escogió el lugar y los beneficios que va a tener la comunidad de la zona como es la generación de fuentes de trabajo y aprovechamiento de los recursos del sitio.

Programa de trabajo. Dentro del programa de trabajo se deben de asignar los usos de suelo respondiendo las condicionantes del lugar en el caso de que estos no hayan sido aún asignados, como son los sistemas de vialidades, vehiculares, peatonales, ecuestres, etc. dando unidad y a la vez intimidad a cada espacio, donde las actividades humanas pueden coexistir con los elementos naturales de flora y fauna, en una interacción constante en toda el área del proyecto.

En cuanto a su duración del programa de trabajo se debe basar en el desarrollo de una sola etapa de los conceptos vertidos anteriormente y los cuales se desglosen sus superficies.

En el programa de trabajo, podemos observar los conceptos globales y la duración de los mismos con relación a la duración total del desarrollo, esto sirve para ver el tiempo que durará en terminarse el trabajo de edificación y construcción de los conceptos previamente mencionados.

Proyectos asociados. Dentro de los proyectos asociados se encuentra todo lo que respecta a proyectos que se realizarán conjuntamente por otras dependencias, y deberán incluirse para ver de qué modo afecta a la comunidad así como son las vialidades de acceso que se hacen por parte del gobierno y sus dependencias y otras obras que apoyen a la comunidad del sitio.

## Etapa de Selección de Sitio

Ubicación física del proyecto. Se debe describir la ubicación del proyecto así como la dirección del lugar, el estado y todas las referencias para llegar al lugar, también es necesario dar una descripción de la topografía y rasgos físicos como las pendientes de las áreas planas y lomas así como la elevación sobre el nivel del mar y otros aspectos físicos. Es necesario presentar un mapa con coordenadas de la localización geográfica del sitio:

- Coordenadas geográficas.
- Orientación.
- Escala gráfica.
- Urbanización del sitio.

---

Se consideran los servicios que tenga el área así como electricidad, drenajes de algunos otros sitios cercanos al sitio en cuestión, y en el caso de que no exista ninguno, ha de proponerse una alternativa como las fosas sépticas, energía solar, plantas de tratamiento de aguas residuales.

### Criterios de Selección del Sitio.

Se establecen los rasgos relevantes del lugar y su potencial para hacerlo compatible con los usos de suelo y actividades a proponer, de tal modo de desarrollar la interacción real con los rasgos naturales del sitio. Como resultado de estos criterios se da la armonía que hay entre el proyecto y la naturaleza.

Uso actual del suelo en el sitio. Se informa del uso actual que tiene el sitio en el cual se desarrollará el proyecto el uso del suelo, actividad que realice en el sitio, en que condiciones se encuentra, que provecho se tiene del suelo (agrícola, forestal, etc.).

Colindancias del sitio. Se especifican las colindancias que tiene el predio como son mares, océanos, propiedades aledañas, ejidos, etc. y actividad que tengan los predios colindantes como ganadería, agricultura, etc.

Situación legal del sitio. En esta etapa se especifican los aspectos legales del lugar como son el propietario del sitio o predio, forma en que se adquirió con sus respectivas escrituras y documentos legales, decretos que afecten al sitio en cuestión, como zonas protegidas, turísticas, etc. y estudios previos hechos por dependencias del gobierno que afecten el área en que se encuentre el predio.

Vías de acceso. Es necesario identificar los accesos principales al sitio, como carreteras o caminos rurales aledaños al sitio, kilómetro en el que se encuentre el acceso, distancia a la que se encuentra de poblaciones cercanas especificándolas, así como otras vías de acceso como pueden ser puertos marítimos, y aeropuertos.

### Etapa de Preparación del Sitio y Construcción.

Programa de trabajo. Dentro del programa de trabajo se hace la distribución de actividades necesarias para realizar el proyecto de una forma sistemática y ordenada en la cual se lleve a cabo el trabajo de tal manera que se optimice el tiempo de construcción así como los costos del mismo, de esta manera se afectará en menor medida durante el periodo de construcción. En esta parte se programan todas las obras descntas en el proyecto y la preparación para el uso de dichas instalaciones, así como obras de acceso e infraestructura, servicios básicos y necesarios para poder habitar o hacer uso del proyecto en cuestión.

---

Preparación del terreno. Se describe la manera en la que se desmontara el terreno así como capas naturales y material orgánico, si se presenta el caso, así como deforestación y reubicación de los especímenes que así lo requieran, como se aprovechará ese material (rellenos), en el caso de árboles su incineración para crear carbón vegetal y abonos naturales, así como otros usos prácticos que se les pueda dar, siempre tratando de no afectar las áreas verdes preexistentes y el arbolado.

Recursos que serán alterados. Se hace un censo de todos los recursos que afectará el desarrollo de la realización del proyecto desde el derivo de arbolado y porcentaje total del predio que se verá afectado, así como las principales especies de flora y fauna que se vean más afectadas y las medidas que se tomarán para la conservación de las especies (viveros, reubicación de especies). También es válido reforestar con especies que se adapten al clima del lugar siempre y cuando estas no afecten de manera negativa a las especies del mismo lugar.

Área que será afectada, localización. Con la ayuda de planos se especifican los lugares que serán afectados presentando una perspectiva de lo que es en la actualidad el predio y lo que será cuando se haya llevado a cabo el proyecto. Se muestran las obras de infraestructura, los accesos, los lotes, las edificaciones, etc. tal y como se especifica en el proyecto.

Equipo utilizado. Se debe enlistar el equipo que se utilizará para la construcción del proyecto, así como los tiempos en que se tendrá encendido el equipo, los niveles de ruido que estos producirán y las medidas tomadas para la mitigación de este como aditamentos especiales para evitarlo, las construcciones cercanas y comunidades que se verán afectadas por el equipo y las maneras de mitigar los efectos. Para este caso también es necesario hacer un programa de uso de maquinaria para la optimización de su uso y su eficacia.

Materiales. Es necesario buscar los bancos de materiales cercanos al sitio (bancos de arena, grava, rocas calizas, etc.), así como algunos otros que se aprovecharán del mismo sitio como los materiales del despilme de terreno y otros como las rocas que se puedan procesar para la fabricación de mamposterías, cementos, adoquines, etc. que se puedan aprovechar para la realización del proyecto.

En cuanto a las tomas de agua y de electricidad, que en un principio serán también provisionales, desaparecerán en cuanto se consoliden las redes definitivas por medio de la CFE y la comisión municipal del agua la cual tomará posesión de la red del desarrollo.

Ninguna obra provisional quedará a manera ni de transición ni permanente en cualquier momento del desarrollo de la obra.

---

## Etapa de Operación y Mantenimiento.

Programa de operación. El programa de flujo dentro de la operación del desarrollo, es subjetivo, en cuanto que los servicios proporcionados por el mismo dependerán del uso que se les dé a cada uno de ellos aisladamente y de la demanda que cada uno de ellos tenga según los intereses de los habitantes del desarrollo para su aprovechamiento.

Recursos naturales del área que serán aprovechados. Descripción de los recursos naturales del área, los cuales serán aprovechados para uso durante la operación del desarrollo, dado que se pretende conservar el medio ambiente natural y restaurar lo que se haya perdido a través del tiempo, es recomendable que se aproveche lo más mínimo de estos para la preservación del medio ambiente. En cuanto la tierra desalojada por los cortes, taludes y nivelaciones de terraplenes que se utilizarán los excedentes de los mismos deberán ser utilizados como se mencionó anteriormente para rellenos de áreas verdes en donde se requieran, del mismo modo los árboles de tamaño mayor a los 3m. de altura, que se tengan que deforestar por el paso de vialidades u otros motivos, será necesario transplantarlos a otras áreas que requieran una forestación inmediata dentro del predio de acuerdo a los lineamientos y criterios que la SEMARNAT, la cual se encargará de marcar como se mencionó anteriormente, transplantando y enunciando el destino final de los árboles que resultarán afectados en las obras del proyecto en cuestión.

### Requerimientos de Energía.

Electricidad. El consumo de electricidad durante la operación del desarrollo deberá darse según el proyecto y las partes que consumirán dicha energía su uso, densidad, demanda unitaria y demanda en kilovatios(KVA)

Combustible. El combustible será proporcionado por PEMEX, siendo gasolina y/o diesel y petróleo en las cantidades que requieran sus consumidores, vehículos, plantas de energía alternas para electricidad y toda maquinaria o vehículo que así lo requiera durante la operación del proyecto y su mantenimiento.

Niveles de ruido. Los niveles de ruido producido por maquinaria y vehículos que estará en uso durante su operación, deberá ser amortiguada, ya sea con dispositivos adecuados como son silenciadores y barreras antiruido, y la prohibición del uso de vehículos o maquinas que sean muy ruidosos dentro del predio de tal manera que al hacer una cuantificación de decibeles producidos se vean totalmente reducidos.

Posibles accidentes y planes de emergencia. Podemos resumir en tres grandes grupos a los accidentes y planes de emergencia:



- 
- Actividad sísmica. Se recomienda el uso del reglamento de construcción para el D.F. de las precauciones necesarias para este tipo de fenómenos, aún cuando el predio no se encuentre en zonas señaladas como de sismicidad.
  - Incendios forestales. Para la prevención, control y combate de incendios forestales se debe recurrir a la capacitación que para tal efecto proporciona la SEMARNAT.
  - Asistencia médica. Es necesaria la presencia de personal médico de primeros auxilios, para todo tipo de actividades que así lo requiera dentro del proyecto.

### Etapa de Abandono de Sitio.

Puesto que se trata de obras de edificación, de las cuales algunos particulares toman posesión, no existe abandono del sitio en forma premeditada ni la afectación de sus alrededores en cuanto a la degradación que pudiera sufrir por el uso de suelo al cual se está destinando el predio.

Estimación de vida útil. Dada la naturaleza de los proyectos de edificación, su vida útil es permanente mediante un adecuado programa de operación y mantenimiento.

Programas de restitución del área. En virtud de que se pretende que el proyecto sea de alta calidad ambiental y ecológica, se aplicarán medidas de restauración constante a la infraestructura propuesta y a las áreas deterioradas a causa del uso extensivo, prolongando de esta manera su vida útil.

Aspectos generales del medio natural y socioeconómico.

Rasgos Físicos:

- Climatología: Los datos sobre el clima sirven de información básica para interpretar otros aspectos del medio físico.

- Temperaturas promedio: Es necesario hacer un cálculo de las temperaturas promedio que se presentan en el sitio, los meses en que se presentan las temperaturas más altas, y las más bajas, y de que modo afecta la operación del proyecto.

Geomorfología general. Las alteraciones de los factores geológicos y geomorfológicos producidos por actividades como los movimientos de tierras, ocupación del espacio y la exploración de yacimientos y bancos de materiales entre otras. En este punto se deberán considerar la estabilidad de los taludes y desmontes, así como la capacidad de extracción de recursos. De igual manera deberán considerarse los siguientes aspectos:

---

Morfología del área en la que se ubicará el proyecto. Estudio y análisis de las características geológicas y geotécnicas de los materiales, así como la litología, estratificación, y la hidrología superficial y subterránea. Presencia de puntos de interés geológico desde el punto de vista científico, didáctico e industrial.

Susceptibilidad de la zona a:

Sismicidad, es necesario hacer un estudio del historial de sismos que se han presentado en la zona del sitio, su intensidad, y la frecuencia con que se presentan, en México, la zona más activa de terremotos es la costa del Pacífico, que comprende a los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

Deslizamientos, consultar referencias cartográficas del INEGI, sobre cartas geológicas y localizar las fracturas que se presenten en la zona del sitio, y considerar si estas fallas pueden causar repercusiones al sitio en cuanto a deslizamientos debido a sismos u otras causas que pudieran destruir la infraestructura.

Posible actividad volcánica. Como ya se mencionó México se encuentra dentro del denominado cinturón de fuego, y el eje neovolcánico, por lo tanto es necesario hacer un estudio sobre volcanes cercanos, y su historial, conocer la distancia a la que se encuentran y el tipo de volcán que es, los registros de actividad si es que los hay su localización geográfica los ciclos de actividad, si está bajo algún monitoreo el volcán, y que instituciones lo están realizando.

Suelos, los suelos se ven particularmente afectados por la ocupación de la superficie del terreno, y acciones como desmontes, bancos de materiales y compactación del suelo; por lo tanto es necesario hacer un análisis de las características edáficas del sitio desde un punto de vista productivo y de actitud de uso.

Entre los efectos que se deberán considerar están los siguientes:

- Características físico químicas (para un conocimiento exhaustivo del suelo y evaluar los riesgos de contaminación.).
- Textura.
- pH.
- Conductividad eléctrica.
- Nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio principalmente)
- Materia orgánica.
- Clasificación de los suelos.

Hidrología superficial y subterránea. Los efectos directos sobre este componente del ambiente pueden ser: modificaciones en los flujos de agua superficial y subterráneo, efecto barrera, impermeabilización de áreas de recarga de acuíferos, y cambios en la calidad del agua. Un aspecto importante es que los

---

sistemas acuáticos constituyen un vector de transmisión de impactos, por lo tanto, una alteración sobre ellos, inducirá efectos indirectos en puntos cercanos y/o alejados.

Para la hidrología superficial los aspectos que deberán ser considerados son los siguientes:

- Tipo y distribución de las redes de drenaje y escorrentía.
- Corrientes y cuerpos de agua que pueden verse afectados.
- Estimación de caudales tanto en su periodo anual como en las avenidas. Es importante que el periodo de avenidas o retorno sea suficientemente largo, (por lo menos 20 años) para disminuir riesgos de inundaciones.
- Análisis de la calidad del agua.
- La tipología de las redes de drenaje y de escorrentía, así como el inventario de corrientes y cuerpos de agua pueden realizarse a través de cartas topográficas y de hidrología. En la tipificación de geohidrología se debe tomar en cuenta la vulnerabilidad de los terrenos en la entrada de contaminantes en función de su permeabilidad y conexión con los acuíferos, los efectos de corte que pueden generar las excavaciones y obras de drenaje.

Para la geohidrología los aspectos que deben ser considerados deben ser los siguientes:

- Aspectos hidrográficos (localización de aprovechamientos de aguas subterráneas "nonas, pozos y manantiales, mediación in situ", y profundidad del nivel freático, permeabilidad, etc.).
- Geología (cartografía: litología, fisuración, análisis petrográfico, etc.).
- Topografía.
- Suelo (textura, análisis).
- Calidad del agua subterránea (análisis físico y químico).
- Principales ríos o arroyos cercanos.
- Embalses y cuerpos de agua cercanos.

Vegetación. La vegetación puede verse afectada por la ocupación del suelo, el aumento de la frecuentación humana, el incremento de riesgos de incendios y contaminación del aire, agua y suelos; por la extracción de material, la tala y desmontes, y por la introducción de especies. Los principales aspectos que se deben considerar son los siguientes:

- ✓ Especies dominantes.
- ✓ Estructura de la vegetación.
- ✓ Abundancia.
- ✓ Cobertura.
- ✓ Biomasa.
- ✓ Riqueza específica.

---

Diversidad. Listado de especies en peligro y endémicas. Se recomienda hacer una representación cartográfica y del perfil de la vegetación dentro de la zona de estudio y su área de influencia según la modalidad de la MIA.

Tipo de vegetación de la zona. La caracterización florística y de vegetación en el área de estudio se realiza con la siguiente metodología:

Se determinan las zonas con ciertos tipos de vegetación y a que clase pertenece cada una, las características de ese tipo de vegetación y en que condiciones se encuentran.

Se determinan las especies que pudieran ser explotadas para su aprovechamiento forestal, como maderas apreciables, tipo de uso que se les pueden dar y el uso que se les dará dentro del proyecto. Señalar si existe vegetación endémica y/o en peligro de extinción.

Fauna, la fauna es en sí un indicador de las condiciones ambientales de un lugar. Así, según el grupo al que pertenezca, la fauna puede mostrar una respuesta globalizadora a una serie de factores ambientales, o bien, a un determinado factor.

Se deberán considerar los siguientes aspectos: Listado de especies y comunidades faunísticas. Distribución y abundancia. Rutas migratorias y de movimientos locales (especialmente de grandes vertebrados, anfibios y reptiles). Localización de áreas sensibles (zonas de nidificación e invernación entre otras). Listados de especies en peligro y endémicas.

Este apartado se refiere a todos aquellos aspectos cuya localización puede ser representada por medio de cartografía a fin de lograr una mayor integración y visualización de los elementos que están interactuando en el sitio del proyecto y su zona de influencia, hacer una mejor interpretación de ellos. Entre los aspectos más destacados para ser considerados en el apartado sobre el sistema territorial, están los siguientes:

- ✓ Usos actuales del suelo.
- ✓ Infraestructura existente.
- ✓ Núcleos poblacionales.
- ✓ Planificación territorial.
- ✓ Otros.

Medio institucional. En este apartado se deberá tomar en cuenta a todos los sectores públicos así como los ordenamientos y disposiciones que están implicados en la ejecución del proyecto.

Órganos de la administración implicados. Planes y programas que afectan la zona. Legislación, reglamentos, y otros ordenamientos involucrados. Normas Oficiales Mexicanas implicadas.

Cabe recordar que este tipo de consideraciones son previas a la elaboración formal de la manifestación de impacto ambiental, lo cual desde luego permitirá tener una idea global de la magnitud del proyecto y de la importancia de los posibles impactos que se generan, e independientemente de esto, también servirá para tener una idea más clara de la modalidad de la MIA que se requiere elaborar, así como las necesidades y los costos derivados de su elaboración.

A continuación se muestran cuadros sinópticos de cómo trabajar lo antes descrito.

#### ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

Impactos Adversos	Impactos beneficios	Medidas de mitigación y/o prevención.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambios de uso de suelo.</li> <li>- Cambios en el valor del terreno.</li> <li>- Remoción cubierta vegetal.</li> <li>- Paisaje natural.</li> <li>- Generación de ruido.</li> <li>- Modificación drenaje natural.</li> <li>- Daños a hábitats y comunidades terrestres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de empleos.</li> <li>- Creación de caminos de acceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cerca perimetral.</li> <li>- Acondicionamiento de caminos de acceso.</li> <li>- Creación de drenes desvío.</li> <li>- Riesgo del área del trabajo.</li> </ul>

#### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN

Impactos adversos	Impactos benéficos	Medidas de mitigación y/o prevención
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paisaje natural</li> <li>- Generación de ruido</li> <li>- Daños a comunidades terrestres</li> <li>- Riesgos en la salud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de empleos</li> <li>- Incrementos de servicios públicos</li> <li>- Mejoramiento de la calidad de vida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción dentro del reglamento de construcción</li> <li>- Monitoreo</li> <li>- Mantenimiento</li> <li>- Equipo de seguridad</li> <li>- Instalación de barreras visuales</li> <li>- Capacitación de trabajadores</li> <li>- Campaña de concientización</li> </ul>

---

ETAPA DE CLAUSURA Y POSTCLAUSURA

Impactos adversos	Impactos benéficos	Medidas de mitigación y/o prevención
<ul style="list-style-type: none"><li>- Reducción de empleos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Creación de áreas verdes</li><li>- Mejoramiento en las cualidades estético paisajistas</li><li>- Creación de posibles áreas verdes</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Programa de reforestación</li><li>- Reutilización del predio</li></ul>

---

## “Estudios Preliminares”

---

## 2.1 Ubicación del predio

La ubicación ideal del predio, dependerá del diseño de la red de comunicación (ver características de una red de telefonía celular, capítulo primero), de tal manera que cumpla con las necesidades establecidas por el departamento de Radio Frecuencia (RF), éstas son: establecer contacto visual con otras antenas ya existentes para la conexión con esta, y así ofrecer el servicio de telefonía móvil a la zona deseada, para cubrir los objetivos, que son las mismas necesidades que requiere RF, establecidos por la red y así ofrecer un servicio óptimo en desempeño y funcionamiento de los equipos, tanto móviles como fijos.

El primer paso para ubicar la localización del predio es obtener la información para la búsqueda de candidatos, esto se realizará a través del SAM<sup>7</sup> o "anillo de búsqueda", proporcionado por RF, así se inicia el proceso.

La determinación de establecer un lugar para la colocación de la antena dentro de la red de telefonía móvil, se basa en estudios de servicio, estudios de demanda, estudios de mercadotecnia y estudios de densidad de población, tanto transitoria así como local, del resultado de estos estudios es emitido el SAM.

El SAM es la ubicación geográfica del punto ideal donde se deberán instalar las antenas para telefonía móvil. Dado que no será posible realizar siempre la contratación del predio que se encuentre en el centro del SAM, por los diferentes tipos de uso de suelo que hay, (zonas habitacional, zonas industriales, ejidos, zonas de reserva federales, etcétera) el SAM está diseñado de tal forma que se puedan ubicar candidatos (predios) dentro de una circunferencia imaginaria y su radio varía de acuerdo a la cobertura que se desee brindar, además de la interconexión que se busque con otras antenas en funcionamiento, como ejemplo podemos mencionar que el radio puede llegar a variar dentro de un rango de 50 hasta 150 mts.

A continuación se anexa el ejemplo del formato de un SAM tal y como es emitido por RF:

Sitio: Mazatlan (SI2502)

Coordenadas nominales: 23°11'40.19"N 106°25'17.13"W

Sistema: (NAD27 México)

Altura de las antenas GSM: 25 mts.

Radio de búsqueda: 70 mts.

Nota: Los mapas que se presentan son solo de referencia. Si existe alguna discrepancia entre el mapa y las coordenadas del sitio, las coordenadas representan la localización exacta.

---

<sup>7</sup> Del Ingles Search Area Map (Mapa de Área de Búsqueda)





---

Estos estudios determinan las diferentes líneas de vista para la interconexión de señales y brindar el servicio de telefonía. Lo que se busca es encontrar el candidato más viable que permita contar con una señal clara y óptima para brindar el servicio.

Entre otras condiciones podemos mencionar que, los predios libres de obstrucciones (en términos generales) sirven para la instalación de la antena. Se entiende por obstrucciones todas aquellas estructuras que interfieran o impidan el libre paso de las señales de RF, estos son algunos ejemplos: un espectacular, árboles de cierta altura y características, edificios que impidan o interfieran con el paso de la señal, etc.

Las antenas se colocaran en estructuras metálicas o torres para alcanzar la altura necesaria, y así recibir y mandar la señal del servicio, esta altura se determinará de acuerdo a los parámetros establecidos por RF (véase capítulo III) y de esta manera interconectarse con la central de telefonía u otras antenas para la transmisión de la señal de radio. Cabe mencionar que también en el SAM, se propone una altura, a la cual se colocarán las antenas.

## 2.2 Características del predio

Es necesario reunir ciertas características mínimas, para que se pueda realizar la construcción de las torres de telecomunicación. Se necesita que el predio garantice la seguridad integral de las instalaciones y sus alrededores, como primer paso sensible.

Cabe mencionar que las torres pueden construirse tanto en azoteas como a nivel del terreno. Su construcción dependerá de las características del predio para llegar a la selección de la torre. Cuando sea el caso, de que el candidato se ubique dentro de un predio sin ninguna estructura, esto puede ser: un área verde o un jardín.

En términos generales y dependiendo de los estudios técnicos que se realicen en el predio para determinar sus características mecánicas y estructurales, necesitamos contar con:

- i. Un área mínima de 7 x 7 mts como mínimo.
- ii. Acceso en todo momento al predio, 24 hrs al día.
- iii. Acceso en todo momento a la zona donde se localiza el predio.
- iv. Que los predios colindantes no tengan estructuras que puedan servir como obstrucciones para el servicio, tanto actuales como futuras.
- v. Visibilidad con los 4 puntos cardinales.

- 
- i. El área mínima de 7 X 7 mts, es básicamente para la construcción de la cimentación, misma que se determinará de acuerdo a la selección de la torre, además el espacio adicional que ocupemos será para la distribución y colocación de los equipos necesarios, tales como: El Shelter, la unidad remota, la unidad móvil, unidad UPS, el tendido del cableado de los equipos hacia la torre, el nicho para la toma eléctrica (acometida), etcétera.
  - ii. Es de suma importancia tener el acceso las 24 horas, por motivos de; mantenimiento: correctivo y preventivo de las instalaciones. Todos los equipos que se instalan tienen una vida útil que hay que estar verificando constantemente. Cada uno de ellos tienen especificaciones propias que se toman en cuenta. Por seguridad, por un servicio de calidad y preservación del mismo. Así como para prevenir cualquier evento que espontáneamente surja. Hablamos de siniestros, tales como: sismos, incendios, interrupciones del suministro de energía eléctrica, etcétera. Y por supuesto es primordial que durante el tiempo del proceso constructivo se tenga la misma cualidad. En momentos donde la construcción de una torre de telecomunicación va en contra del tiempo, por motivos singulares muy particularizados. Los materiales de construcción necesarios, suelen llegar incluso en momentos cuando la obra está en descanso. Por ende, es necesario tener acceso de manera precisa cuando sea fundamental. Además del personal de construcción, también accede personal para la instalación de los equipos, personal que realiza las pruebas y monitoreo del equipo antes de ponerlo en funcionamiento y por último el personal de supervisión por parte de la compañía constructora, y personal adjunto a la misma.
  - iii. El acceso al predio en todo momento, es para contar con el espacio necesario para el montaje de las estructuras que forman la torre, además la transportación de los equipos, en caso de ser necesario, y posteriormente, accesos para el mantenimiento del equipo, preventivo y/o correctivo.
  - iv. El evitar obstrucciones en el momento de la construcción o en el futuro, tiene que ver con preservar el servicio y no limitar o suspender la señal. La señal que recibe y envía información y/o datos, tiene un rango de proyección, que obliga estar despejado. En todas sus colindancias.
  - v. Resulta muy obvio este punto y también se explica y se puede aplicar al punto anterior.

## 2.3 Selección del predio

La selección del predio es una tarea específica y donde se requiere cierta experiencia para obtener los mejores resultados.

---

Por su misma naturaleza, los activos de bienes raíces son inamovibles (de aquí que también se les defina como bienes inmuebles); no es posible mover una casa, un centro comercial, una fábrica o simplemente un predio en términos generales, como tampoco es posible modificar lo que les rodea. Una propiedad es plenamente subordinada de su ambiente y esta dependencia hace que las comparaciones entre unidades similares sean imposibles.

Para realizar la selección del predio lo primero será verificar que el predio o candidato cumpla con las características de los predios mencionadas en el inciso anterior.

Además de lo anterior se deberá entregar un SAR<sup>9</sup> o reporte fotográfico donde se muestren los siguientes puntos:

- i. Los accesos al predio.
  - ii. El área por arrendar.
  - iii. Líneas de vista de los 4 puntos cardinales, (Norte, Este, Sur y Oeste)
  - iv. El Norte magnético.
  - v. Aspectos generales de lo existente dentro del predio o inmueble.
- 
- i. Los accesos como ya se ha dicho líneas atrás son de manera importante, en la medida en que va a avanzando la obra y al concluirla. En toda su vida útil resulta primordial acceder a ella.
  - ii. El área que se pretende arrendar, tiene un mínimo marcado en el primer punto de las características del sitio. Donde se especifica el porqué de esa área, que tiene la relación de los equipos que se instalan.
  - iii. Estos puntos de vista se encuentran profundamente relacionados con los anteriores, ya que como se ve, son secuenciales para ir ubicando un candidato.
  - iv. El norte magnético, se utiliza para referenciar con coordenadas geográficas el predio a utilizar.
  - v. Las características generales se toman en cuenta para conocer, cuales son las actividades a realizar, modificar y o construir, independientemente de los procesos constructivos que se hacen para cada torre.

El estudio fotográfico debe contener información adicional del predio como: la dirección completa, las coordenadas de ubicación, la zona donde se localiza el predio (zona habitacional, zona comercial) las facilidades y servicios alrededor de

---

<sup>9</sup> Del Ingles Search Area Report o Reporte del área de búsqueda.

---

este (accesos pavimentados, servicio de energía eléctrica, servicio de agua y drenaje) un croquis de localización del predio, localización topográfica, especificar el tipo de instalación que se propone (esta podrá ser confirmada únicamente después de haber realizado los estudios técnicos específicos) y los datos generales del dueño del predio.

También se deberá contar con la documentación necesaria para realizar la contratación del predio, esta documentación es:

- i. Título de propiedad o escrituras del predio, inscritos en el registro público de la propiedad, (RPP) y libre de gravamen, (hipotecas o fianzas).
  - ii. Identificación oficial del arrendador.
  - iii. Boleta predial actualizada o última.
  - iv. Acta de matrimonio.
  - v. Alineamiento y no. oficial.
  - vi. Planos estructurales del inmueble.
- i. Título de propiedad: es el documento oficial que acredita al arrendador como dueño del predio que se desea arrendar, este documento debe contener la información necesaria para la localización del predio, las colindancias del predio, los nombre de las partes tanto la vendedora así como la compradora, fecha de elaboración, no. oficial, validez oficial mediante la acreditación de un notario público, y sello de la inscripción ante el registro público de la propiedad (R.P.P.).
- ii. Identificación: la identificación del dueño, nos sirve para comprobar la acreditación del mismo como dueño del predio cotejándolo con la información contenida en la escritura o título de propiedad.
- iii. Boleta: la boleta predial, al ser un documento de carácter oficial en el ejercicio de pago de impuestos por la propiedad, es solicitado para cotejar la propiedad del inmueble, además de ser necesario por la información contenida (clave catastral) y así realizar la elaboración del contrato de arrendamiento, además, dicho pago debe estar al corriente de pagos, sin atrasos ni multas para evitar una clausura a la propiedad, y cumplir con el acceso en todo momento.
- iv. Acta: el acta de matrimonio es solicitada para establecer los alcances y las responsabilidades del arrendador, de tal manera que de acuerdo al régimen bajo el cual haya contraído matrimonio, recaerán las responsabilidades del contrato, esto es, para el arrendador, en caso de estar casado bajo el régimen de bienes separados, o para el arrendador y el cónyuge en caso de contar con el régimen de bienes mancomunados.

- 
- v. Alineamiento: el alineamiento y no. oficial son tramitados por el arrendador para dar inicio a los trámites de los permisos correspondientes ante las autoridades, necesarios para la construcción de la torre.
- vi. Planos: los planos estructurales del inmueble existente, nos ayudarán a determinar las características constructivas de la torre a elegir y de esta forma "será más fácil" realizar los estudios técnicos para determinar las características de la construcción existente (edificio, casa habitación, etc.)

Las fotografías del reporte deberán tomarse a cada 20° (grados) hasta cubrir toda la vista panorámica de lo que rodea al predio (360°) para poder determinar los posibles obstáculos que lo afecten hacia las diferentes líneas de vista con otras antenas para realizar la interconexión. La orientación que se le dé a las líneas de vista dependerá de la ubicación de las antenas ya existentes para realizar la conexión de la señal, podemos mencionar que generalmente son colocadas a cada 120°, es decir, a 120°, 240° y 360° respectivamente.

## 2.4 Aspectos de contratación

### REGLAMENTACIÓN PARA ARRENDAMIENTO DE INMUEBLES EN EL D.F.

En materia de arrendamiento, el documento que rige todas las condiciones es el código civil para el D.F., para realizar el arrendamiento de un inmueble será necesario conocer los parámetros establecidos por el código civil para el D.F. específicamente el artículo 2448.

Hay arrendamiento cuando las dos partes se obligan recíprocamente, una, a conceder el uso o goce temporal de una cosa y la otra a pagar por ese uso o goce un precio dado.

El arrendamiento se define como "el contrato mediante el cual el propietario de un predio o bien arrendado (arrendador) cede el uso o goce temporal del bien a otra persona (arrendatario) a cambio del pago de una renta en los plazos convenidos entre las partes"<sup>10</sup>. El arrendador se obliga a entregar el bien y darle mantenimiento durante todo el tiempo que dure el contrato; a pagar por las mejoras hechas, si éstas se realizaron con su consentimiento; a devolver al arrendatario el importe de las rentas pagadas en anticipo o depósitos; a no alterar la forma del bien arrendado y a no obstaculizar en el uso del mismo. En cambio el arrendatario se verá obligado a conservar y cuidar el bien arrendado, a pagar los daños que sufra el bien por negligencia o dolo y a restituir el bien arrendado al término del contrato tal y como lo recibió.

---

<sup>10</sup> Diccionario Jurídico.

---

Se destaca de la presente definición los elementos importantes: la obligación del arrendador consistente en la adjudicación temporal del uso o el uso y goce de una cosa y la temporalidad: el arrendamiento no puede exceder de diez años para los bienes destinados a habitación, de quince para los bienes destinados al comercio y de veinte para los bienes destinados al ejercicio de una industria.

El contrato de arrendamiento es un contrato principal ya que tiene su propia finalidad; es bilateral porque se pactan obligaciones recíprocas; es oneroso porque existen provechos y gravámenes recíprocos; es conmutatorio porque las prestaciones son ciertas en el momento de celebrarse el contrato; es formal por regla general, es temporal por las razones anteriormente expuestas; y finalmente es de tracto sucesivo.

Existen diversas especies de arrendamiento mercantil, civil y administrativo. Dentro de los requisitos de existencia de este contrato se destaca el problema del objeto: El arrendador está obligado a transferir temporalmente el uso o el uso y goce de una cosa; en tanto el arrendatario paga por ello un precio llamado renta.

Es conveniente enunciar las obligaciones principales de las partes en el contrato de arrendamiento.

I. Obligaciones del arrendador:

- a) Conceder el uso o el goce o a la vez el uso y el goce de la cosa o del derecho arrendado.
- b) Entregar al arrendatario la finca arrendada con todas sus pertenencias y en estado de servir para el uso convenido y si no hubo convenio expreso para aquél a que por su propia naturaleza estuviese destinada.
- c) Conservar la cosa en el mismo estado, haciendo para ello toda clase de reparaciones necesarias.
- d) No estorbar, ni obstruir de manera alguna el uso de la cosa arrendada; a no ser por causa de reparaciones urgentes e indispensables.
- e) Garantizar el uso o goce pacífico de la cosa por todo el tiempo del contrato.
- f) Responder de los daños y perjuicios que sufra el arrendatario por los defectos o vicios de la cosa, anteriores al arrendamiento.

2. Obligaciones del arrendatario:

- a) Satisfacer el precio en la forma, lugar y tiempos convenidos.

El contrato debe de incluir información general tanto del arrendatario así como del arrendador, esta debe ser:

- 
- Nombre y dirección de las partes involucradas, arrendador, arrendatario y fiador.
  - Monto de la renta mensual pactada.
  - La duración del contrato, (período).
  - La existencia de servicios adicionales como son servicios municipales, cajón de estacionamiento, se establece y se precisa que para el caso del arrendamiento para la instalación de las torres, se deberá instalar otra acometida eléctrica diferente a la existente para el suministro del servicio y será responsabilidad del arrendador realizar el pago correspondiente.
  - Accesos al predio y colindancias.

Posterior a la presentación de las partes involucradas en el contrato, se manejan las cláusulas del mismo, las cuales pueden ser agrupadas en rubros para facilitar su lectura y entendimiento:

- **Término:** Establece la duración del contrato y las condiciones en las que éste se mantiene. En caso de muerte del arrendatario, el cónyuge, los hijos, los ascendientes en línea consanguínea o por afinidad del arrendatario fallecido podrán mantener las obligaciones y derechos del contrato.
- **Renta:** Se indica que el pago debe ser en moneda nacional, el porcentaje del incremento anual, de acuerdo a las tablas publicadas por el Banco de México (INPC), los términos en que es posible solicitar la rescisión del contrato por incumplimiento de cualquiera de las partes o a falta del pago de las rentas.
- **Localidad:** Donde se establece que el arrendatario recibe la localidad en las condiciones de higiene y salubridad exigidas por la ley, el uso de suelo que se le dará a la localidad, la prohibición de almacenar materiales peligrosos y de subarrendar si así se juzga necesario, los términos en que se podrán hacer modificaciones al bien arrendado, punto muy importante, ya que, en este caso la propiedad si sufrirá cambios.
- **Servicios especiales:** Donde se estipula lo referente a cajones de estacionamiento, seguridad de los bienes inmuebles introducidos en la localidad por el arrendatario, las instalaciones que se llevarán a cabo por parte del arrendatario y la presentación de un plano arquitectónico para establecer el acuerdo por escrito (anexo), etc.
- **Registro:** Donde se establece que el arrendador registrará el contrato ante las autoridades competentes y que el arrendatario recibirá una copia del contrato. Este registro es para realizar el pago de impuestos correspondiente.
- **Controversias:** Donde se declara la conformidad de las partes para someterse en caso de una disputa a las autoridades competentes, se establecen las penas en caso de una violación a las cláusulas del contrato, y en donde se declara tener conocimiento de los códigos legales citados en el contrato.



---

Cabe hacer notar algunas observaciones en cuanto a las ventajas y beneficios de que el código civil establezca los parámetros para realizar los diferentes contratos de arrendamiento.

Primeramente, el hecho de que estas disposiciones del código civil tengan un carácter "obligatorio" y no "suplementario" impide que tanto el arrendador como el arrendatario queden satisfechos con los términos del contrato, es decir, las disposiciones del artículo 2448 son del orden público e interés social por lo que no se puede renunciar a ellas, cualquier cláusula en el contrato que contradiga al Código se tendrán por no-puesta. De entre las disposiciones "no renunciables" que inhiben el interés a arrendar destacan las siguientes:

Los contratos no pueden ser pactados por plazos menores a 1 año y en caso del que el arrendatario lo deseé, el contrato deberá de ser prorrogado hasta por 2 años mas, siempre y cuando se encuentre al corriente de sus pagos.

Al prorrogar el contrato, el arrendador no podrá elevar el valor de la renta por encima del 85% del incremento en el salario mínimo del D.F.

El derecho del tanto, por el cual se establece que el arrendatario tendrá derecho, en caso de que el propietario opte por vender el bien inmueble.

Los motivos de violación del contrato de arrendamiento por parte del arrendatario destacan: el no pagar la renta (juicio especial de desahucio); el no desocupar la propiedad en el plazo pactado y que la ley permite (juicio de terminación de arrendamiento) y el incumplimiento de alguna otra obligación establecida en el contrato (rescisión del contrato).

Por último podemos mencionar que un estudio realizado muestra que el tiempo para cumplir un litigio de este tipo es de alrededor de 862 días hábiles (4 años aprox.) Una vez que el conflicto ha pasado por procedimientos ante la Procuraduría Federal del Consumidor, de jurisdicción voluntaria, de primera instancia ante el juez común de apelación y de segunda instancia y finalmente del juicio de amparo<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Santiago Creel Miranda "Una prueba de eficiencia del orden jurídico: La celebración y cumplimiento de los contratos de arrendamiento en el Distrito Federal", en El efecto de la regulación en algunos sectores de la economía Mexicana, Lectura 70 del Fondo de Cultura Económica. Presenta en detalle los 58 pasos procesales que se deben de seguir cuando el arrendatario quiere extender el periodo de ocupación al máximo y el abogado defensor es competente. Su estudio de tiempos esta basado en los límites máximos establecidos por la ley para ciertos pasos.

---

## 2.5 REGLAMENTACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN TRÁMITES PARA LA OBTENCIÓN DE PERMISOS

La obtención de permisos varía de una delegación a otra y de un municipio a otro, esto sucede básicamente por no contar con una norma estandarizada en el ámbito nacional donde se especifiquen los requisitos necesarios para este tipo de instalaciones.

De forma genérica, los permisos necesarios de obtener para poder dar seguimiento a la instalación de la torre son:

- Alineamiento y número oficial.
- Constancia de uso de suelo.
- Dictamen de DGAC<sup>12</sup>.
- Licencia de construcción.
- Firma de D.R.O.<sup>13</sup> en planos ejecutivos memorias descriptivas y estructurales (estos serán proporcionados por el interesado) así como en la documentación de los tramites antes mencionados.
- Manifestación de terminación de obra y firma de bitácora.
- Visita a sitios para supervisión y redacción de bitácora.
- Anuencia de vecinos<sup>14</sup>.

Cualquier otro tramite relativo a la autorización de la ejecución y funcionamiento del sitio. En algunas ocasiones se deberá además negociar con autoridades locales, y organismos estatales y federales, tales como: CAPUFE (caminos y puentes federales), SCT (secretaría de comunicación y transporte), INAH (instituto nacional de antropología e historia); así como también, cuando las circunstancias lo requieren se negocia con representantes tales como: comisarios ejidales, representantes comuneros, representantes de tierras parcelarias, representantes de colonos, entre otros.

### REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL D. F.

En las disposiciones generales del Reglamento de construcciones para el Distrito Federal, especifican: " Las obras de construcción, instalación, modificación, ampliación, reparación y demolición, así como el uso de las edificaciones y los usos,

---

<sup>12</sup> Dirección General de Aeronautica Civil.

<sup>13</sup> Director Responsable de Obra.

<sup>14</sup> Cuando se realicen construcciones, cambios de uso de suelo, fraccionamientos u otros aprovechamientos de inmuebles que convengan las leyes, reglamentos, planes o programas de desarrollo urbano, aplicables, y detonen la calidad de vida de los asentamientos humanos, los residentes del área que resulten directamente afectados tienen derecho a exigir que se realicen las suspensiones, demoliciones o modificaciones que sean necesarias para cumplir con los citados ordenamientos (art. 47 de la ley General de Asentamientos Humanos del D.F.)

---

destinos y reservas de los predios del territorio del Distrito Federal, se sujetarán a las disposiciones de la Ley del Desarrollo Urbano del Distrito Federal, de este reglamento y demás disposiciones aplicables” (Artículo 1)<sup>15</sup>

Así como en el artículo tercero nos enumera sus trece *facultades* y las que principalmente nos competen a nosotros en el presente trabajo, en tema de trámites para la obtención de permisos, son los cuatro primeros. Y por supuesto el Título cuarto: Licencias y autorizaciones, los Títulos sexto. Seguridad estructural de las construcciones y el Título séptimo. Construcción, estos dos últimos, los mencionaremos en los capítulos IV y V. Las *facultades* son las siguientes:

- I. Fija los requisitos técnicos que deban sujetarse las construcciones e instalaciones en predios y vías públicas, a fin de que satisfagan las condiciones de habitabilidad, seguridad, higiene, comodidad y buen aspecto;
- II. Fija las restricciones a que deberán sujetarse las edificaciones y los elementos tales como fuentes, esculturas, arcos, columnas, monumentos y similares localizados en zonas de patrimonio artístico y cultural, de acuerdo a la ley federal sobre monumentos y zonas arqueológicas, artísticos e históricos;
- III. Establecer de acuerdo con las disposiciones legales aplicables, los fines para los que se pueda autorizar el uso de los terrenos y determinar el tipo de construcciones que se puedan levantar en ellos, en los términos dispuestos por la ley;
- IV. Otorgar o negar licencias y permisos para la ejecución de las obras y el uso de edificaciones y predios a que se refiere el artículo 1 de este Reglamento;
- V. Registro de DRO.
- VI. Inspecciones en la obra: en proceso o terminadas.
- VII. Verifica el uso que se haga de un predio.
- VIII. Estipula medidas de peligro.
- IX. Autoriza o niega la ocupación o el uso del predio.
- X. Estable o modifica el uso del predio.
- XI. Ejecuta con cargo a los DRO.
- XII. Ordena la suspensión o clausura de una obra.
- XIII. Ordena y ejecuta la demolición, conforme a Reglamento.
- XIV. Impone sanciones correspondientes.
- XV. Expide y modifica normas, cuando sea necesario.
- XVI. Utiliza la fuerza pública cuando se requiera.
- XVII. Las demás que le competen a este Reglamento.

---

<sup>15</sup> Reglamento de Construcciones Para el Distrito Federal. Luis Arnal Simón, Max Betancourt Suárez, edit. Trillas, 2da ed. 1994.

---

La licencia de construcción es un documento expedido por la delegación o municipio correspondiente, por el cual se autoriza o se niega al propietario, construir, ampliar, modificar, cambiar el uso o régimen de propiedad, reparar o demoler una edificación o instalación.

Para la obtención de la misma, se pagan derechos y se entrega el proyecto ejecutivo en el lugar correspondiente, delegación o municipio. (Art. 54)

Para emprender obras o instalaciones públicas o privadas en la vía pública o en predios de propiedad pública o privada, será necesario obtener licencias de construcción, salvo en los casos a que se refiera el artículo 57 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. (Art. 55)

La solicitud de licencia de construcción (Art. 56);

- I. Cuando se trate de obra nueva:
  - a) Constancia de uso de suelo, alineamiento y número oficial vigente;
  - b) Proyecto arquitectónico en planos (arquitectónicos, hidráulicos, eléctricos) a escala, con todas las especificaciones necesarias.
  - c) Proyecto estructural en planos, con todas las especificaciones necesarias, incluyendo cálculos correspondientes.
  - d) Licencia de uso de suelo, en su caso.
- II. Cuando se trate de ampliación y/o modificación:
  - a) Constancia de uso de suelo, alineamiento y número oficial;
  - b) Proyecto arquitectónico estructural y memoria de cálculo.
  - c) Autorización de uso y ocupación anterior, o licencia y planos.
  - d) Licencia de uso de suelo, en su caso.
- III. Cuando se trate de cambio de uso:
  - a) Licencia y planos autorizados, constancia de acreditación de uso de suelos por derechos adquiridos;
  - b) Licencia de uso de suelo, en su caso.
  - c) Planos del proyecto.
- IV. Cuando se trate de reparación:
  - a) Proyecto estructural de reparación y memoria de cálculo;
  - b) Licencia de uso de suelo, en su caso.
- V. Cuando se trate de demolición:
  - a) Memoria descriptiva del procedimiento que se vaya a emplear.
  - b) Lo que se refiere al Art. 290, apartado de demoliciones.

Se requiere licencia de construcción específica entre otros para la instalación, modificación o reparación de ascensores, montacargas, escaleras mecánicas o cualquier mecanismo no especificado en este artículo (Art. 59).

De aquí la necesidad de contar con toda la reglamentación necesaria para la obtención de los permisos correspondientes.

---

Para obtener la licencia se requiere el pago de derechos correspondientes y entrega del proyecto ejecutivo en la delegación con firma de DRO acreditados por el Departamento del D.F.

Serán inevitables para la obtención de la licencia de construcción tanto la constancia de uso de suelo del predio así como el alineamiento y número oficial, además será necesario presentar también dos tantos del proyecto arquitectónico, dos tantos del proyecto estructural, (torre) así como la licencia de uso de suelo con dictamen aprobatorio por tratarse de la instalación de la torre.

---

“Tipos de torres y sus  
características”.

---

### 3.1 Tipos de Torres

Información de carácter general

La instalación de una torre inicia con el proyecto, cada uno es diferente y presenta una necesidad particular, normalmente definida por la instalación de antenas y líneas de transmisión, colocadas a diferentes alturas y localizadas geográficamente (véase capítulo 2, Localización del predio), de acuerdo a las necesidades del GSM se deberá considerar el "procedimiento de especificaciones" para la instalación de futuras antenas y líneas de vista.

El uso generalizado de servicios de comunicación inalámbrica ha tenido como consecuencia la construcción de torres de telecomunicaciones que contienen dispositivos de transmisión para teléfonos celulares, servicios personales de comunicación y antenas de radio y teledifusión. "en los Estados Unidos la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC por sus siglas en ingles) estima que se han construido por lo menos 75,000 torres de telecomunicaciones y algunos grupos de la industria indican que cada año se enjen más de mil de ellas" Se anuncia que la Ley de telecomunicaciones de 1996 fomente la construcción de más torres de este tipo a fin de satisfacer una mayor demanda de servicios de comunicaciones inalámbricas.

Las torres de telecomunicaciones pueden ser de varios tipos y su altura varía desde 12 hasta 85 metros o más, en la ciudad de México, y su zona metropolitana la altura máxima de las torres oscila entre los 36 y 48 metros. En general, existen tres tipos de torres de telecomunicaciones:

- I. Torres Autoportadas: estructuras autoestables reticuladas.
- II. Torres Monopolos: formados por tubos cónicos de acero que encajan unos sobre otros a fin de formar un polo estable,
- III. Torres Arnostradas: estabilizadas por medio de cables de sujeción (ver figura 3.1)

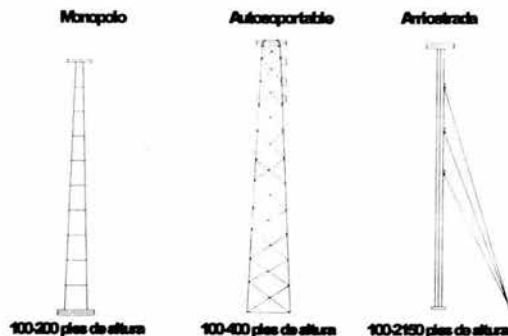
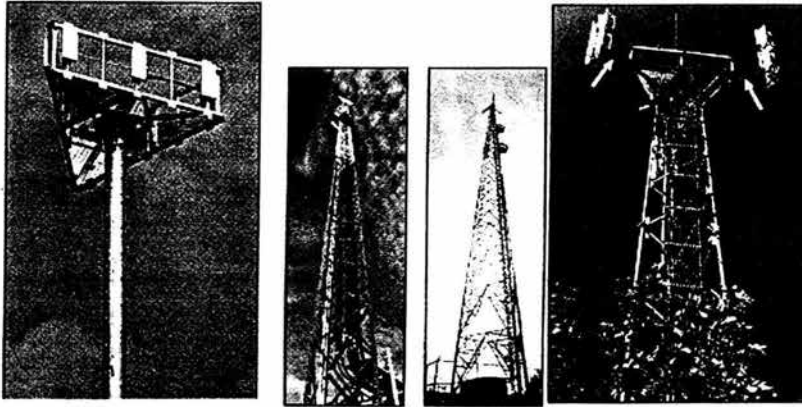


Figura 3.1. Tipos de torres



Las torres de telecomunicaciones generalmente se fabrican en secciones y se arman en el terreno izando cada sección en su lugar y asegurándolas por medio de pernos. Algunos modelos de torres de menor altura son autoengibiles. En el caso de la mayoría que se arman en su lugar.

Las torres que se arman en terreno, generalmente se utilizan grúas y postes grúa acoplados a la torre que se está construyendo para izar cada sección y colocarla. Un poste grúa es un dispositivo utilizado únicamente en la industria de las torres de telecomunicaciones. El poste grúa se utiliza para izar las secciones de acero, el equipo o los trabajadores al lugar de trabajo. Este dispositivo temporal de elevación utiliza un sistema de cables y poleas a fin de permitir contar con espacio suficiente en la parte superior para acomodar la siguiente sección de la torre o el equipo que se está instalando (Ver figura 3.2)

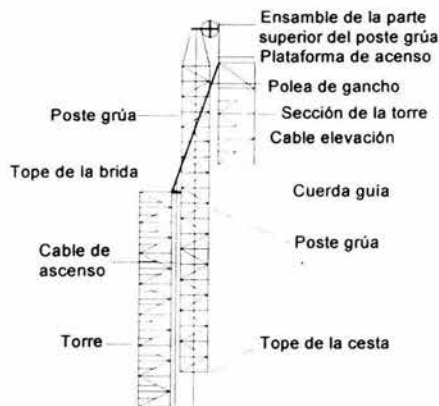


Figura 3.2. Poste grúa conectado a torre de comunicaciones.



---

El número exacto de trabajadores que participan en labores de construcción y mantenimiento de torres, es muy variado. Depende en primera instancia en el tipo de la torre a construir y/o a su preservación. Los trabajadores se clasifican en una serie de subgrupos ocupacionales para los cuales se recopilan datos de empleo. Estos grupos incluyen trabajadores del sector de telecomunicaciones, pintores, erectores de torres y mecánicos encargados de la reparación de equipo eléctrico y electrónico. Este tipo de trabajo también se observa en varios subgrupos industriales como los siguientes:

- I. Clasificación Industrial Estándar (SIC por sus siglas en Ingles) 623- Construcción de acueductos, cloacas, tuberías y tendido de líneas eléctricas y de comunicaciones (subcategoría-construcción de torres de radiodifusión)
- II. SIC 1731-Trabajos de electricidad (subcategoría-instalación de equipo de telecomunicaciones)
- III. SIC 1791-Erección de estructuras de acero.
- IV. SIC 1799-Contratistas de servicios especiales no incluidos en otras categorías (subcategoría-instalación de antenas, con la excepción de antenas de uso doméstico)

Además de las torres de telecomunicaciones, los dispositivos de transmisión de servicios de comunicación inalámbrica se montan con frecuencia en el perímetro de las azoteas de edificios. El montaje y mantenimiento de estos dispositivos en edificios exige medidas de protección, no tratadas en la presente tesis.

Sisttemex®\* fabrica torres para muy diversas aplicaciones, entre las que podemos destacar: microondas, celular, PCS, AM, FM y televisión. Éstas, por su diseño, son clasificadas en arriostradas, autosoportadas, divididas en estándar y esbeltas, monopolos, también divididas en estándar y camuflajeadas (árboles o palmeras) y por último mástiles, las cuales, son construidas en barra sólida, tubo o ángulo, en secciones triangular o cuadrada, permitiendo manejar cualquier tipo de carga y/o preferencia del cliente.

Todas las torres son diseñadas y fabricadas de acuerdo a los requerimientos específicos de cada sitio (Radio base). El tipo de torre está determinado por las dimensiones, colindancias y topografía del terreno, así como, por las condiciones específicas de carga a las que será sometida (viento, factor de Topografía, categoría de terreno, ASNM, antenas, hielo y requerimientos especiales).

De igual forma existen accesorios que se diseñan, fabrican e instalan para diferentes tipos de proyectos, como herrajes y accesorios para la industria de Telecomunicaciones, tales como: escaleras marinas, soportes universales para antenas de microondas y RF., plataformas, banderas sectorizadas, pasillos, camas

---

\* Sisttemex, Compañía Mexicana que se dedica a la construcción de torres de telecomunicaciones.

---

y puentes de guías de onda, escaleras de ascenso, sistemas de seguridad, pasamuros, diseños especiales, etcétera. No tratadas en este documento.

Eastel®\* puede proveer todas las versiones de estructuras soporte de antenas, livianas y pesadas, tubulares y de perfil de acuerdo a cada necesidad o requerimiento.

### 3.2 Torres autoportadas.

- I. Autoportadas: Son recomendables cuando el costo del terreno es elevado o el área disponible para instalación es reducida. Estas torres son fabricadas en secciones triangular o cuadrada en muy diversas configuraciones, de acuerdo a las necesidades específicas de la red.

Las torres autoportadas cuentan con diseños específicos y pueden llegar a tener alturas de hasta 250 pies (76.20 mts) Las torres son fabricadas a base de tubo, rondo sólido, y las piernas son de ángulo estructural, que asegura sus miembros. La torre que se escogerá, necesitará que sea diseñada dependiendo del modelo de la antena y la altura necesaria para el proyecto.



Las torres autoportadas van hasta alturas de 175 metros, las que pueden ser fabricadas con montantes tubulares o de chapa plegada. Todas las estructuras se fabrican con acero tipo F24 o superior en el caso que sea requerido, tanto en perfiles, chapas y tubos. Los bulones (pernos cilíndricos que unen el pistón de un cilindro con la biela) de unión de tramos y elementos son de calidad 8.8 o superior.

Las estructuras son galvanizadas en caliente, con recubrimientos de muy variados espesores (70  $\mu\text{m}$ , 80  $\mu\text{m}$ , etcétera) dándole a las estructuras protección contra la corrosión.

También el diseño se adecua a los requerimientos que son necesarios de cada proyecto. Las torres son diseñadas para satisfacer la necesidad de espacio que posea el solicitante ya que las torres pueden ser diseñadas con 3 ó 4 montantes o "patas" (sección triangular o cuadrada respectivamente) y con distancias entre montantes variables. En el caso de la torre de 3 "patas", éstas son construidas en chapa plegada a 60°, y en el caso de tener 4 "patas", las mismas pueden ser realizadas con tubos de acero.

---

\* Eastel, Compañía Argentina que se dedica a la construcción de Torres.

---

Estas estructuras son calculadas de acuerdo a la norma o reglamento de la zona, por mencionar algunas CIRSOC (centro de investigación de reglamentos de seguridad para obras civiles, Madrid, España) asociación industrial europea 222F (EIA por sus siglas en francés), código europeo de Normas (EUROCODE, Inglaterra), etcétera, de acuerdo al lugar geográfico de instalación.

Las estructuras se proveen en forma estándar con balizamiento diurno (pintura reglamentaria acorde a la asociación internacional de aviación (F.A. por sus siglas en inglés), balizamiento nocturno (luces a tope e intermedias reglamentarias y componentes eléctricos), sistema salva caídas (para cumplir con las normas de seguridad establecidas en México y otros países en el ascenso y descenso de los operarios del montaje y mantenimiento de la estructura) y puesta a tierra completa al pie de la torre (pararrayos, cable de cobre, jabalina, morsetos).

También se debe de proveer de todos los accesorios para estas estructuras como por ejemplo soportes para antenas (para paneles celulares, antenas parabólicas, etcétera), plataformas (de trabajo, de descanso), accesorios para la seguridad de los operarios (arneses, cinturones, mosquetones), sistemas anti-ascenso a las estructuras, etcétera.

Asimismo se debe realizar un proyecto "llave en mano", complementando todo lo antes mencionado, con el proyecto y diseño de las bases para las estructuras y demás obras que sean necesarias en el sitio de implantación.

Las torres autosoportadas esbeltas han sido desarrolladas para lugares donde el área disponible es sumamente reducida (al igual que los monopolos), pero contando con la enorme ventaja de ser ensambladas en sitio y sin necesidad de maquinaria pesada, combinando versatilidad con una gran capacidad de carga y permitiendo el uso de predios o áreas que resultan inaccesibles para cualquier otro tipo de estructuras. Las torres autosoportadas esbeltas han resuelto una enorme cantidad de problemas *in situ*, por eso suele decirse que: "han hecho posible lo imposible".

### 3.3 Torres Monopolos.

- II. Monopolos: Es común el uso de estas estructuras en lugares donde el área para instalación es muy reducida. También por razones de estética se puede sugerir esta alternativa. También llamados monopostes.

---

## Monopostes:



Se instalan rápidamente con un mínimo equipamiento y mano de obra. Los postes de acero son diseñados para celulares, PCS, unidades móviles terrestres, microondas y otras aplicaciones. Estos postes pueden ser configurados para sostener plataformas de una gran variedad de brazos curvilíneos, brazos derechos, y el montaje de otro tipo de estructuras de antenas.

El análisis estructural es realizado de acuerdo a los códigos internacionales tales como el TIA/EIA o el UBC, o códigos locales. El diseño del acero se realiza según las especificaciones de AISC. El análisis y anteproyecto son realizados utilizando un análisis de postes "estado del arte" y con ayuda de un programa de computadora llamado CAD-CAM.

Los postes que sostienen las antenas de microondas son diseñados utilizando los límites de twist y hawai (doblar, enrollar/ inclinar) como está especificado en el código de la asociación industrial europea (EIA por sus siglas en francés).

### Características de las estructuras:

- Fuste facetado con 8; 12 y 16 caras.
- Sistema de unión de tramos tipo "slip joint" (por encastre)
- Sistema de nivelación de la placa base a través de tuercas niveladoras en cada bulón de anclaje.
- Todos los monopostes están fabricados en acero tipo F24 o superior. Son galvanizados en caliente con espesores de 70 u 80 micras como mínimo.

### Ingeniería:

Todos los monopostes son acompañados por los planos de fabricación y montaje y memoria de cálculo de acuerdo a normas CIRSOC, EIA 222F, EUROCODE según requerimientos del proyecto.

Se debe de entregar también el proyecto, diseño y construcción de las bases para este tipo de estructuras.

### Accesorios de Monopostes:

- Ascenso: Los monopostes poseen escalones fijados al fuste. (Step bolts)
- Líneas de transmisión: Las bajadas de guía de onda y/o coaxiales pueden ser internas o externas al fuste.

- 
- Soporte de antenas: Eastel® es proveedor de todos los accesorios para la instalación de antenas como por ejemplo, tri-brazos, brazos curvos y rectos (para paneles celulares) y soportes para parábolas.
  - Terminación: luego de galvanizado los monopostes pueden proveerse pintados con pintura epoxyca reglamentaria.
  - Balizamiento nocturno: se proveen los equipos de balizamientos estándar reglamentarios.
  - Puesta a tierra: está compuesta por el conjunto de pararrayos, soporte, cable de cobre, jabalina, morsetos.

Monopostos “camuflajeados”: En los últimos lustros, las regulaciones en materia ambiental han limitado la instalación de infraestructura inalámbrica, tanto en zonas urbanas como rurales. Las empresas, conscientes de las necesidades de crecimiento de la industria de telecomunicaciones, han desarrollado diversas alternativas que permiten reducir o eliminar el impacto visual producido por éstas, como es el caso de los camuflajes y árboles.

#### Monopostes ecológicos:

En grandes centros urbanos, donde la contaminación visual y las reglamentaciones urbanísticas complican la instalación de nuevas estructuras, la solución son los monopostes ecológicos. Se trata de monopostes camuflajeados, específicamente diseñados para soluciones particulares. Son estructuras que se asemejan a campanarios de iglesia con cruces, clásicos faroles de parques o plazas, palmeras o árboles de distintas especies.

Las características de los monopostes ecológicos son las mismas que los monopostes, y las pequeñas variaciones dependerán de las características de instalación, tanto del predio así como de la torre.



Mástiles: Por sus características de ligereza, facilidad de instalación y bajo costo, es una excelente opción para instalaciones en azotea. Es muy frecuente su uso en sistemas PCS y enlaces de microondas punto a punto y punto multipunto. De acuerdo a las normas EIA/TIA-222F, deben ser utilizados para cargas moderadas.

---

Los mástiles van desde una altura mínima de 6 metros hasta alturas superiores a los 150 metros. Pueden ser instalados directamente apoyados en el nivel de terreno o pueden montarse sobre azoteas de edificios. Las estructuras son galvanizadas en caliente, con recubrimientos de variados espesores (70 u 80 micrones) según requerimiento de protección contra la corrosión. El fuste del mástil está compuesto básicamente por montantes, diagonales y travesaños. Los mástiles que se fabrican son de sección triangular (3 montantes).

Los mástiles de menor porte poseen tanto montantes, diagonales y/o travesaños de hierro redondo liso. Estos mástiles son aptos hasta una altura de 36 metros aproximadamente dependiendo de las antenas que deban soportar.

Los modelos siguientes en capacidad importante, los constituyen mástiles tubulares, cuyos montantes son matenalizados con tubos y sus diagonales y/o travesaños con hierro redondo liso. El mayor de este grupo, de 60 cm de ancho de cara, es apto hasta para una altura de 100 m aproximadamente, dependiendo de la carga de antenas.

Los mástiles de mayor porte son construidos con montantes de chapa plegada a 60°, con diagonales y travesaños en perfiles laminados en caliente. Estos mástiles pueden tener un ancho de cara de hasta 2 metros.

Estas estructuras son calculadas de acuerdo a normas o reglamentos de la zona donde se desee instalar (CIRSOC, EIA222F, EUROCODE, etcétera) Todas estas estructuras se proveen en forma estándar con balizamiento diurno y nocturno, sistema salva caídas y puesta a tierra completa al pie de mástil y en cada uno de sus anclajes.

También se fabrican los accesorios para los mástiles (estrella estabilizadora, cinturones para riendas, base pivot, plataformas de trabajo, plataformas y soportes para antenas de diversos tipos, etcétera), las riendas y sus accesorios también están fabricadas con acero de alta resistencia (pre-tensado).

Por último, se deben de diseñar los cimientos para estas estructuras para, de esta manera, brindar un proyecto "llave en mano", satisfaciendo en un 100% las necesidades que deba cubrir la instalación de la torre en el sitio de implantación.

---

### Mástiles Telescópicos:

Estos mástiles son extensibles rápidamente por medio de un sistema neumático accionado por hasta completar alturas con una capacidad de hasta 91 kg. Están en tramos de aluminio, alta resistencia al calor, uno dentro del otro. superficies exteriores de anodizadas y selladas para una larga vida útil y los elementos son enchapados en acero para resistencia a la

Poseen trabas de permiten que el mástil extendido indefinidamente sin presión de aire. Los modelos de hasta 18 mts de altura son normalmente montados sobre vehículo por lo que las riendas son opcionales. Para alturas mayores de 18 mts son arriostrados al suelo.



un compresor, de 40 mts carga útil de construidos tratados para insertables

Todas las aluminio están para una larga de sujeción inoxidable corrosión. bloqueo que permanezca

El sistema permite por medio de controles remotos posicionar y rotar la carga (antena parabólica / yagui / panel). Las principales aplicaciones son: Puestos de Vigilancia/ puntos de medición / control / monitoreo elevados; Radiobase; comunicaciones móviles, etc.

### MONOPOSTES

Las alturas de las torres tipo monopostes son variadas, sin embargo para la instalación de antenas de telecomunicación, estas llegan a medir hasta 180 pies (54.864 mts). Los monopostes se fabrican de acuerdo a la norma ASTM A-572, (asociación norteamericana de pruebas a materiales), con acero estructural de alta resistencia. El diseño de las articulaciones, permiten que sean estructuras de fácil armado para su erección en el sitio. Los sistemas de seguridad de los monopostes proveen cerrojos de paso y un cable - tipo ascenso de seguridad.

La transmisión raya los puertos pueden ubicarse por la especificación del proyecto con base en la ubicación de montajes de las antenas. Las líneas de transmisión se apoyan sobre anclas tipo "J" internas y también se facilita el montaje de una escalera de guía tipo caracol.

Las barras internas de cobre están diseñadas para permitir el libre paso para la instalación del sistema de tierras. Los accesorios optativos incluyen encorvados, brazos, sectonización y rotación de los montajes para antenas.

---

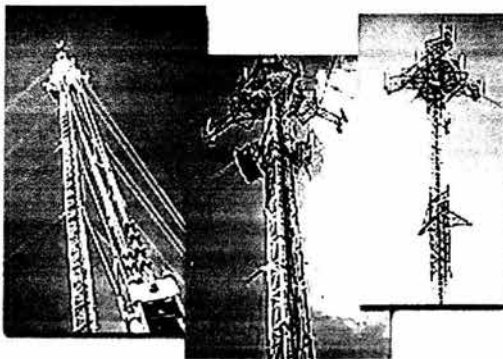
### 3.4 Torres arriostradas.

Las torres arriostradas o de retenidas son recomendables cuando existe terreno disponible, debido a la gran extensión de área que requieren para su correcta instalación. Sin embargo, en fechas recientes se ha extendido el uso de este tipo de torres para instalaciones de azotea, generalmente con alturas de hasta 50m. El costo de este tipo de torres es considerablemente inferior al de una torre autosoportada.

Cuando se cuenta con el espacio adecuado, la estructura más económica para su instalación es la torre tipo arriostrada. El diseño de una torre arriostrada dependerá de las necesidades de cada proyecto, existe una gran variedad de diseños estandarizados con anchuras nominales que van desde 18 hasta las 56 pulgadas (0.4572 a 1.4224 mts)

Las torres arriostradas pueden fabricarse como una estructura de diferentes ensambles, ya sean éstas soldadas y ensambladas con accesorios especificados. También pueden ser pre-armadas, con secciones soldadas. Cualquier tipo a elegir de la torre, serán diseñadas singularmente para la aplicación específica requerida.

#### Torres Arriostradas:



Otro tipo de estructuras para la instalación de antenas de la telefonía móvil son las torres arriostradas. Estas estructuras son preferidas por su menor peso en relación con las torres autosoportadas, pero aplicables a lugares con mayor disponibilidad de espacio. Todas las estructuras se fabrican con acero tipo F24 o superior en el caso que sea requerido, tanto en perfiles, chapas y tubos.

### 3.5 Definición de la torre de acuerdo al predio seleccionado.

En los tres incisos previos, se menciona que la determinación final para el emplazamiento de una torre depende principalmente del proyecto, en primera instancia, e inmediatamente después el predio, es otro concepto de suma importancia, y al que expondremos en el presente y último inciso de este capítulo.



---

La explicación siguiente se provee para detectar y ayudar a comprender algunas de las problemáticas que podemos encontrar en las torres al seleccionar la apropiada.

**Normas de Diseño:** La asociación de la industria de telecomunicaciones publica las normas de ingeniería, ANSI (instituto norteamericano de normatividad por sus siglas en Ingles) / TIA (asociación industrial de telecomunicaciones por sus siglas en ingles) / EIA-222-F (asociación industrial europea por sus siglas en francés), "normas estructurales de torres de acero para antenas y estructuras para soportar antenas."

Esta norma es aceptada generalmente por la industria de telecomunicaciones y por las empresas fabricantes de torres, ya que contiene el requerimiento mínimo para el diseño y fabricación de estructuras de acero para el apoyo de antenas. Mientras estas normas, entre otras regulaciones gubernamentales, cubren la mayoría de los requerimientos de diseño, será responsabilidad del constructor especificar datos no contenidos en estas normas para llevar a cabo la instalación de la torre.

Estas normas incluyen una lista de comprobación que se destina para especificar los posibles datos faltantes para las áreas más comunes que puedan requerirse. El uso de estos complementos nos ayudará a llegar a la selección de la torre adecuada para favorecer al proyecto.

**Croquis de la propuesta:** El interesado deberá proporcionar un dibujo esquemático donde se muestre la ubicación deseada de la torre, dentro de la propiedad, colindancias de la propiedad, la distribución de los equipos que serán instalados, orientación de la torre, construcciones en el predio y otras obstrucciones.

**Diseño de cargas (viento y Hielo\*):** Las torres se diseñan considerando velocidades de viento promedio de la región en km por hr, a una altura promedio de 33 pies (10.0584 mts) de altura del terreno donde se desea instalar la torre. La norma TIA provee información de la velocidad del viento de diseño para la región deseada. El constructor deberá consultar fuentes locales de información tal como el servicio nacional del clima (INEGI), agencias locales de clima, propietarios de torres en la misma zona, o en sitios cercanos, terratenientes locales, o meteorólogos para determinar cualquier característica extrema del viento. Los reglamentos de construcción locales pueden especificar también cargas más altas de viento. Si otros criterios de carga se requieren, el calculista tendrá la obligación de investigarlo.

---

\* En el caso de la República Mexicana, no se usa el diseño por hielo, sin embargo, se menciona para conocer las especificaciones requeridas.

---

El hielo sobre los miembros de la torre resulta una fuerza de tensión, por lo que deberá considerarse para aumentar tanto la resistencia al viento, así como, considerarlo para el peso propio de la torre. El constructor deberá conocer a fondo las especificaciones de las cargas del hielo acumulado, que puedan presentarse en el predio o zona donde se ubicará. La norma estandarizada TIA, no contiene especificaciones de los requerimientos para cargas de hielo, sin embargo, se recomienda que un mínimo de 1/2 la pulgada de espesor de hielo sólido se considere dentro del diseño, para ubicaciones donde la acumulación de hielo pueda ocurrir. Debido a la probabilidad de que una carga extrema de hielo ocurra simultáneamente con una carga extrema de viento, la carga de viento, para el propósito de diseñar la torre, se reduce normalmente en un 25 por ciento. El constructor debe especificar al diseñador otras posibles combinaciones de carga con combinaciones en estado crítico de hielo y viento donde las condiciones más severas se conocen puedan existir.

**Elevación, desplante y anclas:** el desplante de la torre se supone normalmente deberá estar a nivel del terreno. El constructor debe informar al diseñador de la elevación de desplante de la torre, en caso de que se encuentre en un punto diferente, de igual forma deberá informar si se desplantará en otra estructura, en una colina o un "islole".

Las anclas de retención (arnostres) se suponen deberán estar en la misma elevación de desplante que la torre. El constructor debe identificar las elevaciones relativas del ancla con respecto a la base (más o menos 30 cms adicionales) para cada punto de anclaje de retención.

**Restricciones para el anclaje:** Las anclas exteriores tipo, son normalmente colocadas a una distancia desde la base de torre aproximadamente de 80% de la altura de la torre. Si el área del terreno no permite la colocación de las anclas dentro de esta distancia, y en caso de que no exista espacio adicional para comprarse o rentarse afuera del predio, entonces los puntos de ancla pueden moverse más cerca de la base de la torre, sin embargo, restringir el radio de alcance de las anclas, sistemáticamente requiere que la torre sea más pesada y se recalcula una tensión agregada. El constructor debe informar al diseñador de cualquier restricción con respecto a la colocación y ubicación de las anclas.

**Control de corrosión:** El método mas usado para la prevención de la corrosión es el procedimiento de galvanizar todas las piezas que conforman la torre (zinc plateando) El constructor debe informar al diseñador si se desea un método alterno (pintura).

**Mecánica de suelos:** Es responsabilidad del constructor realizar el estudio de mecánica de suelos para determinar la naturaleza y características del suelo en la ubicación donde se desplantará la torre y anclas de sujeción, o piernas de la

---

misma. (Véase para mayor detalle capítulo IV: Estudios técnicos específicos, a) Estudios de mecánica de suelos).

Si el constructor dejara de realizar la prueba mencionada y no averigua las condiciones del suelo, será totalmente bajo su responsabilidad las reacciones que éste pueda presentar: durante y posterior a la construcción de la torre. Es también la responsabilidad del constructor averiguar, si son adecuadas las profundidades para desplantar la cimentación específica de la torre en la zona considerando la profundidad de nieve y/o las variaciones de humedad.

En suelos que contienen materia orgánica aunque sea en pequeñas cantidades, son bastante más compresibles y menos estables que los suelos inorgánicos; por lo tanto, son menos adecuados para usarse en ingeniería. Cuando se exploran los suelos con el propósito de usarse como cimentación para estructuras, son de gran importancia: su estructura natural, su compactación y su contenido de humedad.

Los registros de las exploraciones deben por lo tanto, destacar las condiciones del suelo en el lugar, e incluir la descripción de sus componentes. El estado natural de un suelo es importante, porque la capacidad de carga y asentamiento bajo carga varían grandemente con la consistencia o compactación del mismo. Luego entonces, es necesario, por ejemplo, informar que un suelo arcilloso está duro y seco o blando y húmedo.

Los cambios de consistencia debidos a variaciones de humedad en los suelos de cimentación, bajo las condiciones de operación, deben de considerarse en el diseño. Se necesitan clasificaciones de campo correctas para que el efecto de los cambios de humedad en las propiedades de la cimentación puedan preverse.

Por consiguiente los suelos para cimentaciones, cuando en éstas, las filtraciones son importantes, el suelo favorable son las gravas limosas; mezclas mal graduadas de grava, arena y limo ( $GL^*$ ) ya que la permeabilidad del suelo compactado es de; semipermeable a permeable, y su resistencia al cortante compactado y saturado es; buena, y la compresibilidad al suelo compactado y saturado es; despreciable.

Cuando en las cimentaciones, las filtraciones no son importantes, el suelo apropiado gravas bien graduadas; mezcla de grava y arena; pocos o ningunos finos ( $G_s$ ) ya que la permeabilidad del suelo compactado es; permeable, y su resistencia al cortante compactado y saturado es; excelente, y la compresibilidad al suelo compactado y saturado es; despreciable.

---

\* Símbolo del grupo de suelo, del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, (SUCS)

---

El material más usado, como “relleno” en las cimentaciones es el tepetate (voz náhuatl que significa: Roca formada por un conglomerado, que no tiene metal) para la instalación de las torres de telefonía móvil: autosoportada de 4 patas, y en la base y los puntos de anclaje como una torre arriostrada o monopolo.

La profundidad adecuada será determinada por un Ingeniero especialista en geotecnia y por los estudios que se realizaran, de acuerdo a las condiciones del suelo además se deberá realizar el diseño de la cimentación.

**Sistema de tierras (pararrayos):** La norma consiste en colocar una varilla en el terreno en cada ancla, y 2 varillas en el terreno en la base de la torre (o una varilla en el terreno en cada pierna de una torre autosoportada) El constructor debe especificar otros requerimientos cuando la norma mínima no se pueda aplicar.

La protección de relámpago no es requerida por todas las normas y/o reglamentos actuales. Si las varillas del sistema de tierras se requieren, se deberá realizar un estudio donde se especifique el diámetro de varilla, longitud, el número de piezas, y el tamaño de la bajada de corriente si acaso es necesario esta última.

**Equipo para escalar la torre:** Las escaleras o andadores se incluyen normalmente dentro de los requerimientos de las torres. El constructor debe informar al diseñador de cualquier requerimiento especial (colocación de escaleras, ascensores, andenes de trabajo, etcétera). Los dispositivos de seguridad para montarse a la torre se requieren sobre todas las escaleras u otro dispositivo de acceso. El sistema que permite tener el acceso y escalación de la torre es un sistema de poleas flexible de cables. El constructor debe informar al diseñador de cualquier requerimiento alternativo tal como un sistema de carnl, y el número de arneses y las grapas de seguridad requeridas.

**Información de las antenas:** Las antenas, el montaje de la antena, y los cables coaxiales o guías causan una fuerza de estrés sobre torres a causa de su peso y tamaño. El constructor debe proveer una lista de las antenas que serán instaladas sobre la torre, para que ésta pueda ser diseñada adecuadamente. El constructor deberá considerar también antenas que pueden agregarse en un futuro, a fin de permitir una capacidad adecuada de espacio por las expansiones futuras de la torre. Regular

**Iluminación y marca de obstrucción:** Cualquier objeto temporal o permanente, incluyendo todas las pertenencias, que excede una altura total de 200 pies (60.96 m) sobre el nivel del terreno o excedan cualquier norma de obstrucción contenida en reglamentación federal de aviación (FAR por sus siglas en ingles) parte 77, subapartado C, deben de estar normalmente marcadas y/o iluminadas. Un estudio aeronáutico de la administración federal de aviación (FAA por sus siglas en ingles) puede dar a conocer que la ausencia de marcar y/o iluminar no disminuye la

---

seguridad de la aviación, por el contrario, el objeto puede presentarse con extraordinario peligro y las normas más altas pueden recomendar que se asegure protección para la navegación aérea.

La FAA puede recomendar también marcar y/o iluminar una estructura que no exceda los 200 pies (60.96 mts de altura) sobre el nivel del terreno de acuerdo al subapartado C de las normas, a causa de su ubicación particular.

El constructor debe indicar los requerimientos de iluminación de la torre. Las opciones disponibles incluyen luces color rojo; blanco medio o de intensidad alta, iluminación intermitente "estrobo"; o una combinación de luces rojas y blancas. Con la combinación adecuada de iluminación, la pintura de la torre puede ser evitada. La instalación de la iluminación comúnmente se refleja en un costo elevado, pero estos costos son comúnmente compensados por unos inferiores por el mantenimiento y eliminación de la necesidad periódica de repintar la torre. Los sistemas duales de iluminación (la iluminación intermitente "estrobo" en horario diurno e iluminación color rojo en horario nocturno) se usan frecuentemente en áreas pobladas donde residentes pueden objetar por los destellos de la iluminación intermitente "estrobo" en horario nocturno. Los permisos de la Comisión Federal de Comunicación (FCC por sus siglas en Ingles) son requeridos para cumplir una evaluación ambiental con la comisión, cuando se busca la autorización para el uso de iluminación blanca intermitente "estrobo" de alta intensidad.

Soporte del cable guía: se refiere a indicar cualquier requerimiento especial para el soporte del cable guía sobre la torre. Sin esta información, el fabricante de la torre únicamente diseñará el acomodo de las antenas y los cables identificados por el constructor, el cual debería también indicar los requerimientos para la instalación de un puente horizontal desde la torre a un edificio. Los fabricantes de las torres cotizarán generalmente en base de una plataforma de 20 pies (6.096 m) para agregar o restar la distancia real desde la torre al edificio.

Informe de la FAA / FCC: Una empresa de telecomunicaciones que proponga cualquier tipo de construcción o alteración a las provisiones de la regulación federal de aviación (FAR) la parte 77 se requiere que notifique a la administración federal de aviación (FAA) presentando el formato FAA forma 7460-1, aviso de alteración o construcción propuesta. La forma completa deberá enviarse a la división de tránsito aéreo, o la oficina regional de la FAA, la cual tiene la jurisdicción sobre el área donde la construcción o la alteración se ubicará. La forma 7460-1 se puede obtener de las oficinas de la FAA, oficinas regionales, y oficinas de distrito de aeropuertos. Un aviso de preconstrucción, debe enviarse por lo menos 30 días antes de la fecha del inicio propuesta de la alteración o construcción. Además también se deberá enviar a más tardar en la misma fecha, una solicitud llenada para un permiso de construcción que será archivado en la comisión federal de comunicación (FCC) (La FCC aconseja a sus solicitantes archivar con la solicitud del

---

FAA requiendo, a fin de acelera los tramites que el FCC procesará). La FAA entregará, por escrito, el recibo de cada aviso (FAA de Forma 7460-1) recibido.

Si se requiere que sea enviada la forma 7460-2, de la FAA, se avisará de la alteración o construcción actual, y se acompañará con la notificación de la FAA. Este es el mecanismo autorizado para que las empresas constructoras deban completar y enviar por correo a la FAA cuando sea necesario reportar la situación de la torre, ya sea, terminación, o abandono de la construcción. Las cartas son aceptadas en casos donde la construcción es temporal o se hace una propuesta de abandono. Este proceso de notificación se diseña para permitir que el FAA cuente con el tiempo necesario para cambiar procedimientos que puedan ser afectados y/o alturas mínimas de vuelo y para alertar a aviadores independientes de la presencia de la estructura. La notificación es requerida para determinar la seguridad en la aviación.

Se deberá enviar una solicitud para la modificación o desviación de la aviación a la FAA/FCC a la oficina regional de la FAA que sirve del área donde la estructura se ubicaría. Posteriormente será enviado un recibo del pedido realizado y esto puede requerir de un nuevo estudio y podría resultar en un cambio de determinación. Las modificaciones pueden aprobarse siempre y cuando no disminuya la seguridad de la aviación en esa zona. La oficina regional de la FAA conduce un estudio aeronáutico de la propuesta(s) de desviación y emite sus recomendaciones a la sede de la FAA en Washington, DC, para la aprobación final. Cualquier cambio a la propuesta original de la FAA incluyendo la modificación, desviación o el mejoramiento optativo de la iluminación blanca sobre la estructura, que son regulados por el FCC debe también ser archivado por el FCC para las acotaciones y autorización apropiadas de marca e iluminación.

---

“Estudios técnicos específicos”  
(a detalle)

---

## 4.1 Estudios de Mecánica de suelos.

Basándonos en los orígenes diferentes de los cuales provienen los suelos del valle de México (Distrito Federal y zonas conurbadas del estado de México, municipios tales como: Ciudad Nezahualcóyotl, Ecatepec de Morelos, Tlalnepantla de Baz, Naucalpan, etcétera), no hay un procedimiento especial que pueda aplicarse para obtener de ellos muestras de buena calidad, por lo tanto, es imprescindible que las tareas de exploración geotécnica sean supervisadas por un especialista en el área de mecánica de suelos. Dice el Doctor Nabor Carrillo: Los suelos son el más viejo material de construcción y el más complejo. Su variedad es enorme y sus propiedades, variables en el tiempo y en el espacio, son difíciles de entender y de medir.

En este inciso se determinarán las características de los materiales del suelo. Con el fin de obtener un reconocimiento general y en lo particular la estratigrafía del suelo, para conocer su comportamiento ante la posible estructura a construir (carga a soportar). En el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Capítulo VIII, diseño de cimentaciones del artículo 217 a 232 se establecen las bases que deben incluir y respetar para el diseño, construcción y observación de cimentaciones de estructuras, así como las Normas Complementarias para diseño y construcción de cimentaciones. Estos dos apartados contiene todos los criterios necesarios para realizar un buen estudio de mecánica de suelos.

En el artículo 219 define las tres zonas existentes en el valle de México;

Zona I. Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre. En esta zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelo para explotar minas.

Zona II. Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limo-arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre.

Zona III. Lacustre, integrada por depósitos de arcilla altamente compresible, separadas por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales.

Los trabajos se empiezan con un reconocimiento del sitio. Éste debe complementarse con los datos que proporcionen datos históricos del lugar, así como la observación del comportamiento del terreno y de las construcciones existentes. Todo esto se tiene ya avanzado y se complementa aún más, con visitas hechas al predio por personal especializado.



Se determinará si el predio ha sido utilizado para otros usos, tales como; "depósito de desechos", o si el suelo está constituido por "depósitos de arena" cuya estructura sea inestable bajo carga. En los suelos firmes se buscarán evidencias de grietas que pudieran dar lugar a inestabilidad del suelo de cimentación. Se prestará también atención a la posibilidad de erosión. Así como alguna evidencia de "oquedades subterráneas". Otro hecho a tener cuidado es que, en ciertas áreas del valle de México, los "derrames basálticos" se encuentran sobre materiales arcillosos lo que significa "compresibles". También se debe de tomar en cuenta que en el suelo puede haber irregularidades en el contacto entre diversas formaciones así como variaciones importantes en el espesor de los suelos. Además de obtener datos completos sobre las construcciones adyacentes, se revisarán los datos históricos de cargas soportadas previamente por el suelo del predio y/o áreas limítrofes.

Para obtener los datos precisos antes mencionados, será necesario realizar como mínimo ciertas investigaciones, sin embargo, ello no quiere decir que el responsable de la obra no pueda realizar todos los estudios adicionales que considere pertinentes para definir correctamente las características del subsuelo, "in situ" y las que convengan para su mejor resultado en laboratorio.

Se debe de tomar en cuenta los siguientes incisos:

- i. El peso unitario medio de una estructura, es la suma de la carga muerta y de la carga viva, dividida entre el área de la proyección en planta de dicha subestructura. La tabla 4.1 nos ilustra dos ejemplos de esta explicación en base a dos supuestos

$w \leq 5t / m^2$	$w > 5t / m^2$
$P \leq 60m$	$P > 60m$
$D \leq 2.5m$	$D > 2.5m$

Tabla 4.1

Donde:

w = peso unitario medio de la estructura.

P = perímetro de la construcción.

D = profundidad de desplante.

- ii. El número mínimo de exploraciones a realizar (pozos a cielo abierto o sondeos) será de 1 (uno) por cada 60 m ó fracción del perímetro, en zonas I y II. Y 1 (uno) por cada 100 m ó fracción del perímetro en zona III. La profundidad no será menor a dos metros bajo el nivel de desplante. Los sondeos que se

---

realicen con el propósito de explorar el espesor de los materiales compresibles en las zonas II y III, deben de penetrar el estrato incompresible.

- iii. Para localizar las "oquedades subterráneas" deberán ser procedimientos directos, es decir, basados en la supervisión "*in situ*". Los métodos indirectos sólo se llevarán a cabo como apoyo para las investigaciones de éstos.
- iv. Los sondeos podrán ser:
  - Sondeos de muestras alteradas. Se utilizarán para la consistencia o compacidad de los materiales *superficiales* de la zona I y de los *estratos resistentes* de la zona II y III. No se permiten realizar pruebas mecánicas de especímenes obtenidos en dichos sondeos.
  - Sondeos mixtos con recuperación alternada de muestras inalteradas y alteradas en las zonas II y III. Sólo las primeras serán aceptables para determinar propiedades mecánicas.
  - Sondeos de verificación *estratigráfica*, sin recuperación de muestras, con la penetración de un cono mecánico o eléctrico.
  - Sondeos con equipo rotatorio y muestreadores de barril, que se usarán en los materiales firmes y rocas de la zona I.
  - Sondeos de percusión o con equipo trícónico, que serán aceptables para identificación de tipos de material o descubrir oquedades.

En la información geológica: se determinará el espesor, características y origen de los estratos significativos del subsuelo, así como el espesor de rellenos artificiales y su compacidad. El reconocimiento geológico debe advertir sobre las condiciones *estratigráficas*, es decir, su *geomorfología*. Conviene también, estudiar las condiciones de flujo superficial y subterráneo. Otro punto importante es identificar los sitios en que pudieran desarrollarse condiciones de inestabilidad en cortes y taludes.

Con la información obtenida del reconocimiento dicho anteriormente, —la cual se ha venido desarrollando y alimentando— se propone un programa de exploración que puede estar definido de la siguiente manera:

- a) Levantamiento geológico.
- b) Exploración geofísica.
- c) Exploración con sondeos.

La primera etapa es un trabajo ya elaborado, baste poner atención a todos los datos ya recopilados y ordenarlos de tal manera que se puedan utilizar como mejor convenga al ingeniero geólogo.

La segunda etapa se llevará a cabo con la supervisión y experiencia para elegir los métodos geofísicos adecuados, pues la evolución de éstas técnicas pueden acentuar su utilidad.

Y la tercera etapa es propiamente dicho el trabajo "minucioso" o de suma importancia, pues el procedimiento de exploración más adecuado para los suelos de lomas y de transición es el de pozos a cielo abierto y auxiliariamente estos pozos permiten la observación directa de los materiales del sitio.

#### Técnicas de exploración:

Los métodos geofísicos, sus resultados son poco confiables, sin apoyo de métodos de exploración directa.

La técnica de cono eléctrico es adecuada para suelos blandos, es importante revisar la calibración y comportamiento durante su operación pues es susceptible a fallas por estas razones, así como a los cambios de temperatura.

El cono mecánico es recomendable en suelos duros y no se recomienda en suelos blandos.

La penetración estándar no es recomendable en suelos blandos, pues es poco confiable al definir la resistencia en ellos. Su muestra es alterada, permitiendo sólo obtener las propiedades índices y su clasificación de los suelos.

A continuación tablas que recomiendan los trabajos de campo por la extinta Secretaría General de Obras del Departamento del Distrito Federal.

#### A) Exploración preliminar

Tipo de suelo	Recomendable	No recomendable
Blando	Cono eléctrico	SPT, geofísica
Duro (húmedo)	Cono mecánico, SPT	Geofísica
Duro (seco)	SPT (en seco) o penetración neumática	Geofísica

#### B) Muestreo inalterado

Tipo de suelo	Recomendable	No recomendable
Suelos blandos	Tubo de pared delgada	-
Suelos preconsolidados y lentes duras	Tubo dentado	Tubo de pared delgada
Costra seca superficial	Tubo dentado *	Tubo de pared delgada
Capa dura y tobas blandas	Barril Denison o tubo dentado *	-
Tobas duras	Barril muestreador o Barril Denison*	-

\* La calidad de las muestras puede ser mala.

C) Métodos de perforación

Tipo de suelo	Recomendable	No recomendable
Blandos fisurados	Posteadora-rimadora	Rotación con lodo; percusión o lavado
Blandos no fisurados	Posteadora-rimadora o rotación con lodo	Percusión o lavado
Duros abajo del nivel freático	Rotación en seco	Rotación con agua o lodo
Tobas duras	Rotación con aire o percusión-neumática	Rotación con agua

A continuación la síntesis de un estudio realizado en marzo de 2002.<sup>16</sup>

**Objetivo y alcance del estudio:** Determinar las características estratigráficas del subsuelo en el predio. Determinar los parámetros de resistencia al corte y compresibilidad al subsuelo en el predio. Proporcionar las recomendaciones geotécnicas generales para el diseño y construcción de la cimentación de la estructura principal.

Trabajos de campo y laboratorio

**Sondeos:** Se ejecutaron cinco sondeos de penetración estándar (S-1 a S-5) a 15 m de profundidad, distribuidos en todo el predio. Debido al tipo y resistencia de los materiales encontrados, se determinó que sólo era necesario realizar cinco a diferencia de los ocho que se tenía contemplado.

En la prueba de penetración estándar se recuperaron muestras alteradas con el penetrómetro a cada 45 cm obteniendo además, la resistencia a la penetración en número de golpes para hincar los 30 cm centrales del muestreador.

En ninguno de los sondeos se detectó en nivel de aguas freáticas (NAF)

**Pozos a cielos abierto:** Para complementar la exploración del predio, se excavaron cinco pozos a cielo abierto (PCA-1 a PCA-5) hasta una profundidad máxima de 3m. Tres de ellos se realizaron dentro del predio y dos fuera del mismo, en la segunda alternativa.

**Trabajo de laboratorio:** Las muestras obtenidas en el campo se enviaron al laboratorio de mecánica de suelos, donde se identificaron, se clasificaron y se determinó el contenido natural de agua.

<sup>16</sup> Elaborado por la subgerencia de geotecnia y materiales para la subgerencia de selección de sitios. Departamento de mecánica de suelos. Elaboró: Ing. Armando Pantoja Sánchez.

---

Adicionalmente a muestras representativas se les realizaron las pruebas siguientes:

- Clasificación visual y al tacto.
- Contenido natural de agua.
- Límites líquido y plástico.
- Porcentaje de finos.
- Granulometría por mallas.
- Compactación Proctor estándar.

#### Descripción del subsuelo

Estratigrafía del subsuelo en el predio: Con base en los resultados de campo y laboratorio, se puede comentar que en general se tiene la siguiente estratigrafía. En la superficie existe una capa de 1 a 2 m de espesor, consistente en arena arcillosa de baja plasticidad, café clara (SC) de compactidad suelta. En ocasiones presenta una pequeña cantidad de grava fina. El contenido de agua varió entre 1 y 9%. El porcentaje de finos resultó entre 5 y 16%. La resistencia a la penetración estándar varió entre 4 y 10 golpes.

Subyaciendo al primer estrato, se encontró arena arcillosa de baja plasticidad, café verdosa clara (SC) de compactidad media, hasta una profundidad variable de 5 a 6 m. El contenido natural de agua varió entre 2 y 16%, el límite líquido entre 16 y 27% y el límite plástico entre 11 y 12%. El porcentaje de finos resultó entre 6 y 49% alcanzando, en ocasiones como máximo un 5% de grava. La resistencia a la penetración estándar varió entre 10 y 30 golpes.

Por último, de 6 a 15m de profundidad, se encontró una arena arcillosa de baja plasticidad con grava café verdosa clara (SC) de compactidad densa a muy densa. De 13 a 14m de profundidad se incrementa ligeramente el contenido de finos arcillosos, alcanzando la clasificación de arcilla arenosa. El contenido natural de agua para la arena arcillosa varió entre 4 y 20% alcanzando un máximo de 27% en la arcilla arenosa. El límite líquido resultó entre 29 y 47% y el límite plástico entre 13 y 23%. Sólo en el sondeo S-1 a 10m de profundidad los límites correspondieron a una arcilla de alta plasticidad, cuyo límite líquido resultó de 57% y el límite plástico de 38%. La arena arcillosa resultó con un porcentaje de finos variable entre 8 y 39% alcanzando como máximo un 17% de grava. Por su parte, en la delgada capa de arcilla arenosa se encontró un porcentaje de finos variable entre 64 y 79% sin grava. La resistencia a la penetración estándar varió desde 30 golpes hasta más de 50.

Del suelo procedente de los pozos a cielo abierto (de 0 a 2 m de profundidad) se realizaron pruebas de compactación Proctor, resultando un peso volumétrico seco máximo de 19.8 y 20.6 kN/m<sup>2</sup> y una humedad óptima de 8.7 y

9.1%. También se realizaron pruebas de granulometría por mallas, resultando un porcentaje de finos variables de 4 a 19%.

### Análisis geotécnico

Capacidad de carga de cimentaciones superficiales: Las estructuras principales podrán cimentarse mediante zapatas aisladas, desplantadas a una profundidad mínima de 2m, sobre la arena arcillosa café verdosa clara de compacidad media. Considerando la resistencia a la penetración estándar obtenida a la profundidad de desplante (2m), se concluye que los parámetros a considerar para el cálculo de capacidad de carga son los siguientes:

- Resistencia a la penetración estándar	SPT = 15 golpes
- Densidad relativa (media)	Dr = 0.85
- Ángulo de fricción interna	$\phi = 40^\circ$
- Peso volumétrico	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- Cohesión	c = 0 kPa

Usando la ecuación de Meyerhof para cargas verticales, en suelos con fricción:

$$q_{ult} = c N_c + \sigma_{od} N_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma$$

$$q_a = q_{ult}/FS$$

Donde:

$q_{ult}$	Capacidad de carga última (kPa)
$q_a$	$q_{ult}/3$ Capacidad de carga admisible (kPa)
FS	Factor de seguridad = 3
C	Cohesion (kPa)
$\sigma_{od}$	$\gamma D$ , Esfuerzo efectivo al nivel de desplante (kPa)
$\gamma$	Peso volumétrico del suelo al nivel de desplante ( $\text{KN/m}^3$ )
D	Profundidad de desplante (m)
B'	Ancho de cimentación (m)
$N_c, N_q, N_\gamma$	Factores de capacidad de carga

Obteniendo los factores de capacidad de carga, se concluye que para el diseño de las cimentaciones podrá utilizarse una capacidad de carga admisible de 250 kPa.

Las estructuras ligeras se apoyan sobre zapatas aisladas o corridas desplantadas a 1m de profundidad, sobre el suelo mejorado. Para el diseño de estas estructuras se utilizará una capacidad de carga admisible de 100 kPa. Si se presentan esfuerzos de tensión en las zapatas, la profundidad de desplante deberá ser la necesaria para garantizar el peso de la cimentación y además que el relleno sea suficiente para anular dichos esfuerzos.

#### Análisis de asentamientos de cimentaciones superficiales

Considerando la naturaleza del subsuelo, únicamente se evaluaron los asentamientos inmediatos, mediante la expresión siguiente:

$$\Delta h = \frac{qB}{E} [(1 - \mu^2)] I_w$$

Donde:

$\Delta h$	Asentamiento elástico en la esquina de área cargada
$q$	Carga distribuida (250 kPa, capacidad de carga admisible para una zapata cuadrada de 2m de ancho y desplantada a 2 m de profundidad)
$B$	Ancho del área cargada (2m)
$E$	Módulo de elasticidad del suelo, (75 000 kPa)
$\mu$	Relación de Poisson del suelo, (0.3)
$I_w$	Factor de influencia que toma en cuenta la geometría de las áreas cargadas

Para una zapata de 2m de ancho desplantada a 2 m de profundidad y sometida a una carga de 250 kPa, se tiene un asentamiento inmediato en el centro de la zapata de 0.98 cm, mientras en la esquina es de 0.48 cm.

Los análisis de asentamiento se realizaron específicamente para el caso enunciado, por lo que deberá realizarse una evaluación detallada en el momento en que se cuente con las características de las estructuras definitivas.

Recomendaciones para cimentaciones basadas en pilas y pilotes de concreto (en caso necesario), Como se mencionó en el análisis geotécnico, las estructuras se apoyaran en cimentaciones superficiales (zapatas o losas de cimentación); sin embargo, si por facilidad o para mayor avance, en el proceso de construcción se determinará utilizar cimentaciones profundas, a continuación se presentan las recomendaciones para pilas y pilotes de diferentes diámetros.

La ecuación general para determinar la capacidad de carga a la compresión de una cimentación profunda, es la siguiente:

$$(Q_t) \text{ permisible} = Q_p/FS + Q_f/FS_s$$

$$Q_p = c N_c + \sigma_{od} N_q$$

$$Q_f = \alpha S_u A_p \quad \text{para pilas}$$

$$Q_f = S_u A_p \quad \text{para pilotes}$$

Donde:

$S_u$	Resistencia al corte no drenado promedio a lo largo del fuste de la pila o el pilote (kPa)
$A_p$	Área del fuste ( $m^2$ )
$C$	Cohesión (kPa)
$\sigma_{od}$	Esfuerzo efectivo al nivel de desplante (kPa)
$Q_p$	Capacidad de carga por punta de la pila o el pilote (kPa)
$Q_f$	Capacidad de carga por fricción de la pila o el pilote (kPa)
$FS$	Factor de seguridad = 3
$FS_s$	Factor de seguridad = 2 para pilotes, 1 para pilas
$\alpha$	Factor de reducción = 1 para pilotes, 0.5 para pilas
$N_c, N_q$	Factores de capacidad de carga (Zeevaert, Ref)

Se realizaron análisis para pilas y pilotes desplantados a 2 m de profundidad, sobre el material de arena arcillosa de baja plasticidad con grava café verdosa clara (SC), de compactación densa a muy densa, utilizando una  $c = 0$  kPa y un  $\phi = 42^\circ$

El diseño definitivo deberá realizarse con base en los resultados de pruebas de carga de pilas y/o pilotes.

## 4.2 Estudios de análisis estructural.

Generalmente no ponemos atención en una estructura, –de cualquier tipo que ésta sea– pero justo después de que hay un problema, algún accidente como puede ser: el de un derrumbe, es entonces cuando se empieza a cuestionar y se medita sobre el evento sucedido, surge: el cómo y el porqué. El ingeniero estructuralista participa en todas las construcciones de cualquier índole. Si quisiéramos poner ejemplos podríamos, sin exagerar varios párrafos de ellos. Pero sólo diremos que todas las obras que requieran de estructuras para soportar cargas, es necesario, desde luego, que estén debidamente diseñadas para que las actividades que se hayan predestinado, se pueden realizar correctamente.

En un buen diseño estructural es preciso comprender la forma en que se sostiene la estructura, así como la manera en que se absorben y transmiten las



---

fuerzas. Asimismo es necesario conocer la resistencia y demás propiedades de los materiales con los cuales se construirá dicha estructura. Todas las estructuras tienden a tener algún tipo de asentamiento, deformarse y/o agrietarse pero hay criterios de ingeniería adecuados que establecen los límites de seguridad necesarios que nos lleven a un diseño exacto.

El objetivo de este inciso es conocer los criterios más comunes para el cálculo y diseño de estructuras. Una estructura puede concebirse como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. La estructura debe cumplir la función a que está destinada con la seguridad razonable y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio. Además deben de satisfacerse otros requisitos, que pueden ser: económicos o estéticos.

Al diseñar una estructura un proyectista se hace varias preguntas. ¿Es la seguridad satisfactoria? ¿Cuáles son los elementos que una estructura debe tener para satisfacer y considerar un comportamiento estable? ¿Cuál es su vida útil?, etcétera.

Por lo tanto, después de haberse planteado la necesidad a cumplir, se hace un estudio de geotecnia (Véase inciso anterior) para conocer el tipo de terreno en el que se construirá la obra. Después la etapa siguiente es la de diseño estructural, que se puede dividir en tres partes más: estructuración, análisis y dimensionamiento.

En la primer parte; *estructuración* se establece la geometría general de la obra, respetando el diseño arquitectónico, se seleccionan los materiales a emplear, se fijan los claros de las vigas, la separación y altura de las columnas, etcétera. A ésta parte le llaman también "configuración estructural". Siendo ésta muy subjetiva, ya que se considera la experiencia, así como el buen juicio e intuición del ingeniero. Posteriormente se hacen estimaciones preliminares del tamaño de los miembros estructurales, tanto para estimar su propio peso, que forma parte de las cargas actuantes, como para calcular sus rigideces, las cuales se requieren en la parte del análisis. Estas estimaciones se pueden hacer utilizando procedimientos simplificados de análisis y dimensionamiento, o únicamente con base en la experiencia del proyectista. En este apartado se necesita que el proyectista tenga un grado de experiencia y conocimientos de la teoría estructural. Ya que es necesario realizar el llamado predimensionamiento de los elementos que compondrán la estructura.

Después sigue la parte del *análisis de la estructura*, es decir, "la distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos". Continuando con esta idea el análisis significa, la separación de la estructura en sus elementos constitutivos y la determinación del efecto de las

---

cargas aplicadas a la estructura en cada elemento. Para fines de este análisis se puede dividir en distintos miembros, como serían las barras en una armadura, o las vigas, columnas y losas en una estructura de un edificio. Una vez dividida la estructura en sus distintos miembros, la determinación del efecto de las cargas en cada miembro se lleva a cabo calculando las acciones internas producidas por esas cargas, o sea las fuerzas axiales, las fuerzas cortantes, los momentos flexionantes y los momentos torsionantes en cada miembro, así como las deformaciones en cada elemento y de la estructura completa. Dentro de esta actividad se tendrá que determinar la respuesta de la estructura ante las diferentes acciones a los cuales será sometida y para realizar esta parte, será necesario considerar lo siguiente:

- a) Modelar la estructura. Aquí se idealizará la estructura por medio de un modelo teórico factible de ser analizado mediante los procedimientos y métodos conocidos de análisis estructural. Para ello es necesario establecer las propiedades de los materiales y características geométricas de las secciones.
- b) Determinación de las acciones de diseño. En este apartado del análisis se determinan las acciones que harán trabajar la estructura y para ellos, será necesario conocer los sistemas constructivos, la ubicación de la estructura y en general, toda la información que ayude a la determinación de las solicitaciones que puedan, eventual o permanentemente, actuar sobre la estructura, ya que de esta manera podemos obtener el mayor grado de aproximación en la valuación de las acciones.
- c) Determinación de los elementos mecánicos de diseño. Aquí se aplican los diferentes procedimientos y métodos de cálculo para la obtención de las fuerzas internas, o elementos mecánicos, tales como las fuerzas axiales, los cortantes, los momentos flexionantes y de torsión a los que van a estar sometidos los diferentes componentes de la estructura. Cabe aclarar; al aplicar los métodos de cálculo, se obtendrán resultados exactos, pero sólo para el modelo teórico elegido, no así para la estructura real; de allí la importancia de evaluar adecuadamente las acciones y el modelo que la estructura en cuestión tendrá.

La tercera parte de la etapa del diseño estructural se refiere al *dimensionamiento* de los miembros estructurales. A partir de las acciones internas calculadas en el análisis estructural, se dimensionan miembros que puedan resistir dichas acciones dentro de condiciones de servicio aceptables. En esta parte se recurre más que en la anterior a fórmulas empíricas y a disposiciones reglamentarias. El proyectista tiene más libertad de acción y las soluciones correctas pueden variar según su criterio o los reglamentos que use. Por ejemplo si está dimensionando una viga de acero, puede encontrar diversos perfiles que resistan el momento flexionante calculado en el análisis de la estructura, o si la viga es de concreto, puede usar distintas relaciones entre su altura y su ancho. Puede suceder que una vez terminada la parte de dimensionamiento, los miembros de la estructura resulten de un tamaño diferente al supuesto en la parte de estructuración. Si pasa esto,

---

puede ser necesario hacer un nuevo ciclo de la etapa de diseño estructural, ya que las cargas muertas y las rigideces relativas de los miembros estructurales han cambiado. La decisión de hacer un nuevo ciclo, o los que sean necesarios, dependerá de la diferencia entre los resultados del dimensionamiento y los valores supuestos y de algunos otros factores.

Estos resultados se vacían en los planos constructivos definiendo en ellos las especificaciones correspondientes. Es importante resaltar la necesidad de transmitir adecuadamente a los constructores la información de los resultados obtenidos, en forma clara, precisa y sencilla; es decir, los planos deberán de contener toda la información procurando que ésta sea lo más detallada posible sin olvidar nada, de tal forma que se pueda entender y la obra pueda desarrollarse según el criterio con el cual se desarrollo en proyecto.

Una vez que el proyecto está terminado, el siguiente paso es la construcción del mismo, pero en esta fase se presta especial cuidado con un aspecto que es fundamental para lograr la calidad de la obra esperada. Una etapa final es la puesta en servicio, ya que es la culminación de los objetivos que inicialmente se marcaron para atender una necesidad; es decir, realizar una construcción con algún propósito específico: Construcción de una base de telefonía celular.

#### Criterio de diseño estructural

El diseño estructural tiene como objetivo proporcionar soluciones que por medio del aprovechamiento óptimo de las propiedades de los materiales y de las técnicas de construcción, den lugar a un buen comportamiento en condiciones normales de funcionamiento, con una seguridad adecuada contra cualquier posible eventualidad.

Una estructura es un subsistema dentro del sistema global, que deberá soportar las cargas que le van a ocasionar deformaciones, desplazamientos y otro tipo de posibles daños, lo que representa la respuesta de la estructura ante las acciones a las que estará sometida. Esta respuesta está representada por el conjunto de parámetros físicos que describen su comportamiento ante las acciones. La respuesta, por supuesto, debe estar comprendida dentro de ciertos valores llamados *límites* para, de esta manera, garantizar el funcionamiento adecuado, como la estabilidad de la estructura.

De lo anterior se desprende el concepto de *estado límite*, al cual lo podemos definir de la siguiente manera: etapa del comportamiento a partir de la cual la respuesta de la estructura se considera inaceptable. Existen dos estados límite: aquellos relacionados con la seguridad se llaman *estado límites de falla* y corresponden a situaciones de falla parcial o total de la estructura. Por otro lado

---

tenemos a los *estados límite de servicio* que se relacionan con situaciones que afectan el correcto funcionamiento de la estructura, pero que no ponen en peligro la estabilidad de la construcción, como pueden ser deformaciones, vibraciones etcétera, es decir, efectos que provocan en el usuario inseguridad e impiden el confiable uso de la estructura construida.

En términos de lo anterior reafirmamos que el objetivo que persigue el diseño estructural es no rebasar los estados límite, de los cuales el primero (de falla) tiene que soportar la combinación de acciones más desfavorables durante la vida útil de la estructura, mientras que el segundo (de servicio) contempla que la estructura funcione correctamente ante la acción de las cargas de operación normales.

Respecto a esta situación, los reglamentos marcan los parámetros convencionales basados en el bienestar de los usuarios. Para impedir que la estructura llegue a un estado límite de falla, el proyectista recurre a factores de seguridad cuyos valores dependen de varios factores, como son:

- i. La porción de la estructura afectada por la falla.
- ii. El costo de los que puede dañarse en equipo u otros aspectos.
- iii. El número de personas afectada por la falla.
- iv. Las consecuencias de la interrupción del servicio de la estructura.
- v. La forma de la falla, dúctil o frágil.

La seguridad se debe ponderar contra el costo de la estructura para, así, lograr una confiabilidad adecuada a un costo lo menor posible, especialmente si la estructura se va a repetir muchas veces. Los factores de seguridad se fijan en los códigos para los casos más usuales. Sin embargo, el proyectista deberá juzgar, de acuerdo a su criterio, si la estructura que se está analizando no difiere de lo usual para decidir entonces si emplea factores de seguridad mayores. Los valores de diseño de las acciones son especificados por los reglamentos y determinados por razonamientos estadísticos y probabilísticos.

#### Criterio reglamentario de diseño estructural

Para tratar adecuadamente el problema de la seguridad, es necesario plantear el diseño en términos que permitan identificar claramente contra qué se quiere o pretende tener seguridad, en donde se deben aplicar estos factores y qué efectos se quieren cubrir. El planteamiento de estados límite es el indicado en este caso, ya que se puede comparar la resistencia de cada estado límite contra la acción respectiva.

---

Si se maneja correctamente el concepto de resistencia y el concepto de acción, se podría llegar a diseñar con un factor de seguridad óptimo, el que podemos expresar del siguiente modo:

$$FS = \frac{AR}{AS}$$

Donde:

AR Es el valor de la resistencia esperada

AS Es el valor de la acción o carga de servicio

Los reglamentos, por sencillez de presentación prefieren definir en forma rígida los factores de seguridad mediante factores parciales. Esto se debe al número de incertidumbres que aparecen al evaluar las resistencias y las acciones. En este sentido los reglamentos manejan las incertidumbres a través de factores de reducción aplicados a los valores de los esfuerzos de los materiales y las incertidumbres en las acciones o cargas, mediante los llamados factores de carga.

El planteamiento de los estados límite conduce en forma directa a lo que denominamos *criterio de diseño por resistencia última* (artículo 183 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal); en dónde se planteó lo siguiente:

$$FR(AR) > FC(AS)$$

Las resistencias AR se multiplican por un factor de reducción FR, el cual genera un valor conservador. En el otro lado de la desigualdad, se presentan las fuerzas internas AS obtenidas del análisis, y éstas se multiplican por un factor de carga FC que toma en cuenta la probabilidad de que el efecto de las acciones se incremente cuando éstas se combinan.

#### Reglamentos de diseño

De lo anteriormente dicho sobre el cumplimiento eficiente de las estructuras, debemos agregar que, en gran medida, el buen proyecto realizado con la experiencia del proyectista y con el cumplimiento de las normas establecidas para el efecto. Los reglamentos, en general, son elaborados por grupos de especialistas, los que a su vez son supervisados por instituciones o personas interesadas. Existen en general dos tipos de reglamentos en lo relativo al diseño estructural:

- i. Son aquellos que fijan los requisitos de seguridad y funcionamiento; el proyectista tiene la libertad para cumplirlos de acuerdo a su criterio y su experiencia.
- ii. Los otros son los que prescriben en todo detalle los procedimientos que deben seguirse para lograr el grado de seguridad deseado.

---

Los reglamentos, dependiendo de su alcance, pueden abarcar diferentes aspectos de la ingeniería estructural, ya sea de acuerdo con el tipo de estructura o de material. Ejemplo de estos reglamentos son los siguientes:

Código ACI	Instituto americano del concreto, (ACI por sus siglas en Ingles).
Código AISC	Instituto americano de construcción de acero (AISC por sus siglas en Ingles).
Código AASHTO	Asiación americana de autopistas y responsables de la transportación (AASHTO por sus siglas en Ingles).
Código UBC	Proyecto de construcción de edificios (UBC por sus siglas en Ingles).
Código CEB	Comite Europeo de concreto (CEB por sus siglas en Frances).

Existen por otro lado, reglamentos que rigen una gran variedad de aspectos industriales y, entre ellos, los estructurales, ejemplos de éstos son las normas alemanas DIN que regulan una gran cantidad de procesos industriales.

En México, existen varios códigos que reglamentan diversos aspectos del diseño estructural; así, tenemos el Manual de Obras Civiles, editado por la Comisión Federal de Electricidad y la edición en español del código ACI. Sin embargo, el reglamento específico para las construcciones urbanas más frecuentemente empleado es el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, que además sirve de modelo para reglamentaciones en lugares del interior de la República Mexicana.

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente consta de un cuerpo principal que en su Título VI se refiere a aspectos específicos del diseño estructural. Para abarcar los diversos materiales estructurales fueron emitidas las Normas Técnicas Complementarias (NTC) de fácil actualización desde el punto de vista legal. Estas normas se dividen en:

NTC Concreto reforzado	NTC Cimentaciones
NTC Acero	NTC Sismo
NTC Madera	NTC Viento
NTC Mampostería	NTC Previsión de incendios

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en general tiene equivalencias con reglamentos de otros países, lo que permite considerar que el criterio de diseño, se puede consultar y/o comparar con otros; por ejemplo, en el caso del concreto tenemos el ACI; en acero AISC, etcétera.

---

El proyectista cuenta con la ayuda de códigos de diseño, en donde se especifican en general las cargas más usuales para las estructuras, con esto se anticipa las diferentes clases de cargas y fuerzas que puedan llegar a actuar sobre la estructura. Cuando las acciones no son comunes y no se encuentran en las normas se acude al criterio y/o otros métodos para determinarlas.

Las acciones se deben a fenómenos físicos complejos, por lo que se requiere de un modelo para evaluarlas. Éste consiste en representar las acciones como sistemas de fuerzas, un sistema de fuerzas equivalentes. De esta forma se pueden modelar cargas que actúan sobre los diferentes elementos estructurales con una aproximación aceptable. Una de las tareas principales es: determinar las acciones que afectan a la estructura. La clasificación de éstas, puede hacerse con diferentes criterios, para lo cual el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal las clasifica de la siguiente forma:

- a) *Acciones permanentes.* Aquellas que actúan en la estructura en forma continua y cuya intensidad se puede considerar no variante con respecto al tiempo. Dentro de esta clasificación entran las cargas muertas, que son debidas al peso propio y a empujes estáticos. También aquí se consideran las deformaciones y los desplazamientos impuestos, debidos a efectos del preesfuerzo o a movimientos diferenciales permanentes de los apoyos, del equipo o maquinaria fijos, etcétera.
- b) *Acciones variables.* Aquellas que actúan sobre la estructura con una intensidad variable con respecto al tiempo, pero que alcanzan valores significativos durante periodos grandes. Como lo son algunas cargas vivas, las que se originan por el funcionamiento de la estructura y que no tienen carácter permanente, como pueden ser; las personas, el mobiliario y el equipo, etcétera.
- c) *Acciones accidentales.* Aquellas que no se deben al funcionamiento normal de la estructura, pero que toman valores muy significativos sólo durante periodos breves en la vida útil de la construcción. En este tipo tenemos, al sismo, al viento, al oleaje, a las explosiones, etcétera.

En el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal se definen los valores de las acciones de diseño que deben emplearse en los análisis, como aquellos que tienen una probabilidad del 2% de ser excedidos durante la vida útil de la estructura (percentil 98). En otros códigos y reglamentos, este valor puede ser diferente. Todas las cargas que empleamos en el diseño se determinan con un criterio razonable para tener un grado de seguridad adecuado. Generalmente, los valores de los distintos tipos de cargas vienen definidos en tablas en los diferentes códigos y reglamentos, y estos valores se derivan de estudios estadísticos que se llevan a cabo después de realizar una serie de ensayos de laboratorio con especímenes que reúnen las mismas características y cuyos resultados generan un histograma en el cual se desarrolla la curva de variación y en el que se observa el concepto denominado percentil, ver figura 4.2.

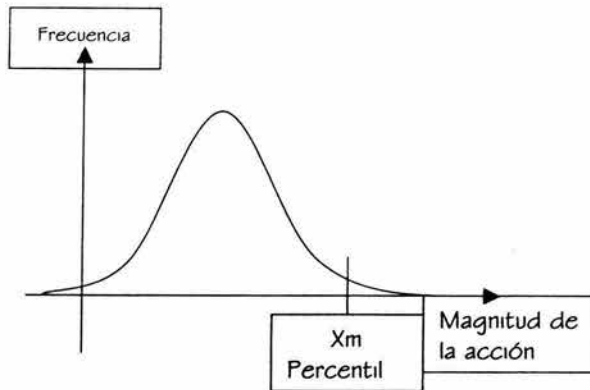


Figura 4.2 Función de distribución de probabilidades.

La clasificación que el reglamento establece de las acciones, antes descritas, se hace considerando en forma independiente cada acción, pero también considerando que estas acciones deben combinarse dado que, en algún momento, todas pueden actuar al mismo tiempo. Los reglamentos especifican que debe revisarse la seguridad de una estructura para el efecto combinado de todas las acciones que tengan una probabilidad de ocurrir simultáneamente.

De acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (art. 188), en la combinación común de acciones intervendrán todas las acciones permanentes, una acción variable con su valor máximo o varias que tengan una probabilidad de ocurrir al mismo tiempo.

En otro tipo de combinación, llamada excepcional, intervendrán todas las acciones permanentes, una acción accidental y las acciones variables que tengan probabilidad significativa de ocurrir simultáneamente cuando actúa la acción accidental. Por lo tanto, en construcciones comunes las acciones pueden ser:

- a. Carga muerta (como acción permanente).
- b. Carga viva (como acción variable).
- c. El sismo o el viento como acción accidental, aunque no actuando al mismo tiempo, ya que la probabilidad de que esto suceda es casi nula.

Con base en lo anterior, las combinaciones reglamentadas son las siguientes:

- Carga muerta + Carga viva (con su máximo valor).
- Carga muerta + Carga viva (con su valor reducido) + Sismo o viento.



---

Cada combinación de acciones constituye un caso para el cual la estructura debe ser analizada, y el dimensionamiento final de los elementos de la estructura se hace con base en los efectos más desfavorables encontrados.

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal establece el empleo de unos factores denominados de carga (F.C.), los cuales deberán multiplicarse a las combinaciones de acciones calculadas convirtiéndolas en cargas o acciones últimas, las que se emplearán en el diseño.

Estos factores de carga toman un valor de 1.4 para la combinación de acciones de cargas muertas más cargas vivas en estructuras del grupo B y, para estructuras del grupo A, este factor toma el valor de 1.5. Para combinación de acciones que incluyen cargas muertas, cargas vivas y cargas accidentales, el valor del factor es de 1.1

La forma de evaluar las cargas está basada en la normatividad que el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal establece.

### 4.3 Memorias de cálculo.

Dictamen técnico y memoria de cálculo de un sitio.

#### CARGAS DE DISEÑO.

Cargas mínimas: Las cargas mínimas de diseño y otras que se aplican están basadas en el Manual de Diseño de Obras Civiles, edición 1993, de la Comisión Federal de Electricidad y Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal

Cargas muertas: Se consideran como cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos y de todos los elementos que ocupen una posición permanente y tienen un peso que no cambie sustancialmente con el tiempo.

Cargas de equipo o estructuras: La carga utilizada para el diseño de la plataforma, incluyendo instalaciones y equipos es de 8 ton; dato que fue proporcionado por el fabricante de los equipos y torres. El peso de la torre incluyendo instalaciones y equipos es de 3 ton; dato calculado según especificaciones para "la antena" de los fabricantes.

Cargas vivas: Se consideran como cargas vivas las fuerzas o pesos que se producen por el uso y ocupación de la estructura y que no tienen carácter permanente.

Carga viva reducida: Es la carga que se utiliza cuando se realiza la combinación con fuerzas accidentales, como lo son para el diseño sísmico y por viento. Esta carga tiene un valor del 80 % de la carga viva.  $CVR = 0.80 CV$

---

Cargas de viento: Velocidad regional del viento = 140 km/hr. Estructura clasificada de acuerdo al Manual de Obras Civiles, de la Comisión Federal de Electricidad.

#### Grupo A

- Estructura tipo 2 ante el viento.
- Factor de Rugosidad del terreno; 3.
- Factor de clase de estructura según el tamaño; 2.
- Clase de estructura según tamaño; A.
- Periodo de retorno de 200 años.
- Altura de la torre; 21 m.
- Factor de topografía; 1.0.
- El factor de tamaño  $F_c = 1.0$ ; por ser estructura tipo 2.
- Altitud sobre el nivel del mar; 2300 m.
- Temperatura promedio anual; 15.5° C.

Cargas de diseño y combinación entre ellas:

Carga Muerta + Carga Viva máxima.

Carga Muerta + Carga Equipos e Instalaciones + Sismo dirección x.

Carga Muerta + Carga Equipos e Instalaciones - Sismo dirección x.

Carga Muerta + Carga Equipos e Instalaciones + Sismo dirección z.

Carga Muerta + Carga Equipos e Instalaciones - Sismo dirección z.

Carga Muerta + Carga Equipos e Instalaciones + Viento dirección x.

Carga Muerta + Carga Equipos e Instalaciones - Viento dirección x.

Carga Muerta + Carga Equipos e Instalaciones + Viento dirección z.

Carga Muerta + Carga Equipos e Instalaciones - Viento dirección z.

Las direcciones "x" y "z", corresponden a los ejes ortogonales en el plano, de acuerdo al programa de análisis STAAD III, siendo el eje "y" la dirección vertical.

#### ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.

En cuanto a la torre se realizó un análisis estructural en el espacio, con el fin de obtener los elementos mecánicos mandados a la estructura de concreto, que básicamente se traducen en fuerzas de compresión en el punto de apoyo de la torre, y en fuerzas de tensión y cortante en los apoyos de las retenidas, fuerzas con las cuales se revisan los elementos estructurales (columnas) que le dan soporte a la misma.

El programa utilizado es la versión 2.0 del STAAD-III, misma con el cual se realiza el modelo en el espacio para el análisis y diseño de la plataforma estructural de acero según el reglamento del Instituto Americano de Construcción de Acero (AISC por sus siglas en Ingles), por el método de esfuerzos permisibles.

---

## 4.4 Memorias descriptivas.

La memoria descriptiva es un documento solicitado por la autoridad donde se resume de una forma general los trabajos que se van a realizar dentro del predio, es decir, que se va a hacer, como se va a hacer, en cuanto tiempo se va a hacer, etc.

A continuación se presenta un ejemplo real de una memoria descriptiva para la Ciudad de México:

### SITIO DE TELECOMUNICACIONES "IZTACCÍHUATL-ZARAGOZA"

Iztaccíhuatl N° 344 casi esq. Zaragoza  
Col. Moctezuma 2° sección  
Delegación Venustiano Carranza; México, D.F.

#### ANTECEDENTES.

El proyecto solicitado por Radiomóvil DIPSA, S.A. de C.V. (TELCEL), relativo a la cobertura de su infraestructura en sistema de telecomunicaciones, se encuentra una central telefónica, que se localiza en la calle Iztaccíhuatl N° 344, casi esquina Zaragoza; Col. Moctezuma; México, D.F.

Propietario: Teléfonos de México (TELMEX).

El proyecto se realiza para la instalación de un sitio de telecomunicaciones E.B.T.S. consistente en una torre arriostrada de 12.00 metros de altura y un mástil de 3.00 m de altura para pararrayos, que se ubica en la parte superior de la torre, además de un contenedor prefabricado ó una adecuación dentro del inmueble, que contiene el equipo electrónico, el cual se ubica en el primer nivel y el acceso a este es por el mismo nivel.

#### DESCRIPCION.

El inmueble consta de 2 niveles, incluyendo (ampliación) por las instalaciones de Radiomóvil DIPSA, el acceso principal se ubica sobre la calle Iztaccíhuatl, el giro actual del inmueble es de una central telefónica, con una superficie de terreno de 1945.00 m<sup>2</sup>.

La ampliación se realiza sobre una superficie de 585.00 m<sup>2</sup> distribuida al nivel de azotea y en un área de planta baja para la ubicación del equipo electrónico.

---

Sobre el primer nivel, se lleva a cabo la adecuación sobre un área ya construida, la torre arriostrada es apoyada sobre un dado de concreto armado y apoyada directamente sobre la cubierta del inmueble.

El equipo electrónico, se instaló en un área ya construida en el primer nivel, para el cual se adecuara el espacio a las necesidades del equipo que se utiliza para satisfacer las demandas técnicas para lo que el sitio es diseñado.

El acceso a la caseta se realizará directamente desde el primer nivel con un acceso independiente.

#### CASETA DE EQUIPO ELECTRONICO.

El equipo electrónico con el que funciona el sitio de telecomunicaciones será colocado dentro de un espacio localizado en el interior de la central TELMEX ubicado en el primer nivel, las dimensiones mínimas de espacio requeridas son las siguientes: 2.67 m de ancho x 5.67 m de largo y 3.00 m de alto y con un acabado en el piso de loseta vinílica de 3 mm de espesor de 30 x 30, marca Vinilasa.

Dentro de la caseta esta colocada la tubería de la instalación eléctrica y la trayectoria se encuentra adosada por la parte interior de los muros, también cuenta con un tablero de distribución eléctrica y otros equipos, además se instalará un sistema de tierra física.

El acceso a los equipos ubicados en el primer nivel del inmueble será mediante un pasillo a esta con un ancho de 1.00 metro.

A fin de proteger las instalaciones, y a las personas, el acceso a los equipos será mediante una puerta metálica con chapa de alta seguridad.

#### TORRE ARRIOSTRADA

El sitio de telecomunicaciones constará de una torre arriostrada de 12.00 m de altura sobre la cual se instalará una plataforma que alberga 4 mástiles por sector, en los cuales, se instalarán las antenas celulares y de microondas, mástiles fabricados a partir de tubo de acero galvanizado de 4" de diámetro nominal ced. 40 con una altura de 3.00 m para el caso de las antenas de microondas. En los otros 3 mástiles se instalarán las antenas de RF (radio frecuencia), de fabricación basada en tubo de acero galvanizado de 5" de diámetro nominal ced. 40, con una altura de 3.00 m. y un mástil de 2<sup>1/2</sup>" de diámetro nominal y para la instalación del pararrayos, a una altura de 3.00 m. sobre el nivel tope de torre.

---

Se ubicará o montará la plataforma a una altura de +0.15 m sobre el nivel de banqueta para la adecuación del equipo electrónico, sobre un firme de concreto simple, las antenas de radio transmisión se colocarán a una altura de 18.00 mts., y a 19.00 mts., se instalarán las antenas de microondas.

Nota: Los detalles de anclaje de las retenidas se localizarán en los planos estructurales. Los mástiles de RF se localizarán de acuerdo a su sector y su ubicación está en los planos arquitectónicos correspondientes.

---

“Procesos de construcción de la  
radio base celular”.

---

## 5.1 Procesos constructivos.

### 5.1.1 Trabajos preliminares.

Los estudios preliminares tienen como objetivo realizar un estudio de los elementos necesarios para iniciar la construcción, apoyándonos en los trabajos realizados en el segundo capítulo: estudios preliminares; ubicación del predio, características del predio, selección del predio, aspectos de contratación, reglamentación para la construcción.

Para el desarrollo del presente capítulo y con el objetivo de obtener mejores resultados se utilizarán datos de un proyecto real, que no se llevó a cabo por circunstancias ajenas al proyecto. Sin menoscabo alguno de la viabilidad de la torre a construir.

Construcción de una radio base para la transmisión de señal de telefonía inalámbrica, consistente en la instalación de una torre autosoportada de 33 m en el patio frontal del predio y colocación del equipo de transmisión sobre una plataforma de concreto.

La torre se desplantará sobre una cimentación de concreto armado del tipo zapata con una resistencia de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , sobre una plantilla de concreto  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  y un relleno de tierra mejorada compactada al 95% Proctor.

La cimentación al igual que la totalidad de los elementos estructurales que intervienen en el proyecto son diseñados conforme al Reglamento de Construcción para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias.

El equipo de transmisión telefónica se colocará sobre una plataforma de concreto armado. El equipo de telefonía consiste en un equipo de respaldo, los cuales se montarán sobre una mampara metálica de un canal, así como un equipo de microondas montado directamente sobre la plataforma de concreto. El peso total del equipo a instalar no excede los 500 Kg., en conjunto. El área a ocupar por torre y equipo será limitado por una cerca de malla ciclónica de 2.40 m de alto con concretina de navaja sencilla en su parte superior, hacia el interior del predio y por una barda de tabique y portón de herrería hacia la vía pública.

El acceso al área a ocupar se realizará de manera independiente al acceso al interior del inmueble. Se compactará la superficie del área no ocupada por la cimentación de la torre y la plataforma de equipo, se protegerá con una barrera antivegetativa y se terminará con una capa de grava controlada de 3/4" triturada y libre de impurezas de un espesor de 20cm.

---

Se construirá un nicho de muros de tabique para alojar la acometida de la Compañía de Luz y alojar el equipo eléctrico.

La torre se terminará y señalizará conforme a los lineamientos de la Dirección General de Aeronáutica Civil.

Área a ocupar: 42.00m<sup>2</sup>.

Instalaciones requeridas:

Tablero trifásico NEMA 3 para intemperie de 20 circuitos con un consumo de 10 Kw. Acometida eléctrica independiente a la del inmueble existente. La alimentación del tablero desde la acometida será de tubería de PVC para trabajos pesados y cable THW en los diámetros y calibre indicados en proyecto.

Se construirá un sistema de tierras basado en electrodos químicos hincados en el terreno natural. La torre y equipo se aterrizarán a este sistema, así como la totalidad de elementos metálicos existente en el área a ocupar. El aterrizaje se hará mediante conexiones caldweld.

Se instalará un sistema de pararrayos a base de punta tipo franklin o tipo corona en la cúspide de la torre conectada directamente a una vanilla copperweld mediante cable desnudo calibre 2.



PROGRAMA DE OBRA

CONCEPTO	DURACIÓN	PROGRAMA DE OBRA											
		MES 1				MES 2				MES 3			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Sitio No.	57 DÍAS												
Obra Civil	36 DÍAS												
PRELIMINARES	4 DÍAS												
EXCAVACIÓN	5 DÍAS												
CIMENTACIÓN	12 DÍAS												
MONTAJE DE TORRE	3 DÍAS												
EXTERIORES (MALLA O MURO DE BLOCK)	12 DÍAS												
Obra Eléctrica	19 DÍAS												
SISTEMA DE TIERRAS	6 DÍAS												
CABLEADO	8 DÍAS												
INSTALACIÓN DE EQUIPOS	5 DÍAS												
INSTALACIÓN DE EQUIPOS													
Equipo de Transmisión	14 DÍAS												
INSTALACIÓN Y MONTAJE DE EQUIPOS	14 DÍAS												

---

## Descripción del sitio y del proyecto.

El sitio está destinado para la construcción del sistema de telecomunicaciones, y estará ubicado en el jardín de una casa habitación y en la vecindad de otras torres de telecomunicaciones. Se supone que no existen ni habrán de existir cortes en el terreno ni en la proximidad de las cimentaciones.

Se estima que la torre tendrá un peso aproximado de 8 tn, que de acuerdo a un proyecto típico habrá de apoyarse sobre una zapata de concreto reforzado de aproximadamente 4 X 4 m en planta, desplantada a una profundidad del orden de 2 m, medida respecto al nivel del terreno actual. Para apoyar un equipo electrónico denominado "shelter", habrá de emplearse una losa de cimentación desplantada por superficie.

El propósito principal de este subcapítulo es, determinar el sistema de cimentación más adecuado, incluyendo tipo y profundidad de desplante, acorde con las características físicas y mecánicas del suelo detectado y la estructura por construir, estableciendo las recomendaciones geotécnicas y de construcción pertinentes.

El estudio incluye determinar la capacidad de carga del sistema de cimentación-suelo, así como los asentamientos estimados.

## Exploración geotécnica del subsuelo

Trabajos de campo; pozo a cielo abierto. Con objeto de determinar la secuencia estratigráfica del subsuelo, se excavó con herramienta manual un pozo a cielo abierto. De esta forma fue posible medir en el sitio la resistencia de los suelos detectados y recuperar muestras representativas de los estratos identificados. Las muestras fueron adecuadamente protegidas para evitar la pérdida de humedad y trasladadas al laboratorio con sumo cuidado, para realizar los ensayos de laboratorio descritos a continuación.

Trabajos de laboratorio: en todas las muestras recuperadas se realizó su clasificación en campo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), programado en el laboratorio, además el contenido de agua natural (w).

## Descripción estratigráfica.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los trabajos de campo y de laboratorio se consideran que el terreno es firme (tipo I), observando la secuencia estratigráfica descrita a continuación. Las profundidades indicadas están referidas al nivel de la calle.

- 
- De 0.0 a 0.5 m Relleno compuesto por grava y arena con un poco de limo, de color café claro.
  - De 0.5 a 0.8 m Fragmentos de basalto empacado en grava y arena de color café claro. Se considera que este material constituye la parte superficial de un macizo rocoso subyacente.

No se detectó nivel de agua, considerando que no existe y que el drenaje de la zona se realiza en forma superficial.

Solución de cimentación, tomando como base la secuencia estratigráfica detectada, así como las propiedades físicas y mecánica de los estratos, para el desplante de la torre se considera adecuado adoptar la zapata de concreto reforzado, desplantada a una profundidad de 2m como indica el proyecto típico correspondiente, medida respecto al nivel del terreno actual (con la necesidad de excavar en fragmentos de basalto).

Con una alternativa de solución se podrá desplantar la cimentación a una profundidad al menos igual a 1.0 m dentro del depósito construido por fragmentos de basalto, con lo que probablemente sería necesario generar una sobre-elevación del nivel general del sitio para cumplir con los requisitos de estabilidad de la cimentación. En esta consideración se deberá efectuar una inspección cuidadosa del terreno natural para retirar en el caso fragmentos de roca sueltos o sin confinamiento, reconfirmando y compactando el terreno natural al 98% Proctor estándar mediante relleno con calidad de subrasante si es necesario.

En el caso del equipo "shelter" se recomienda adoptar una losa de cimentación, desplantada sobre una capa de material de sub-base de 0.2m de espesor, previa sustitución del material entre 0.2 y 0.5m de profundidad, colocando un material de calidad subrasante compactado al 95% Proctor estándar.

En cualquier caso, se verifica que el terreno natural tenga al menos una compactación de 95% Proctor, para lo cual se deberán realizar los ensayos en el laboratorio de obra para efectuar el control de calidad correspondiente.

De acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones y el Manual de Diseño de Obras Civiles, Geotecnia. Cimentaciones en Suelos de CFE, una vez dimensionada la zapata, el constructor deberá revisar el cumplimiento del "Estado límite de falla", relativo a la falla local o general por cortante del suelo bajo el cemento, de tal forma que se cumpla la desigualdad siguiente:

$$\sum \frac{Q * F_c}{A} < R$$

Donde:

Q = Suma de los incrementos de carga debidos a acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación de carga considerada, afectada por su respectivo factor de carga  $F_c$ , incluyendo el peso propio de la cimentación.

A = Área de desplante de la zapata, eventualmente reducida para tomar en cuenta que la combinación de cargas, de lugar a resultantes excéntricas actuando a una distancia "e" del eje longitudinal del cimiento, en cuyo caso el ancho efectivo debe considerarse igual a  $B' = B - 2e$ , aplicando un criterio análogo en la dirección longitudinal del cimiento para tomar en cuenta la excentricidad respectiva.

R = Resistencia del suelo, entendida como la capacidad de carga incluyendo un factor de resistencia  $F_r = 0.35$ .

Tomando como base los resultados de los trabajos de campo descrito anteriormente, para la torre y la losa del "shelter" se recomienda adoptar una capacidad de carga "R" igual a 20 y 10 tn /m<sup>2</sup>, respectivamente.

Asimismo, se verificará la *falla por volteo*, de tal forma que en ninguna combinación de acciones se tenga una resultante que salga del polígono de sustentación de la zapata, respetando que la resultante no salga del tercio medio.

Se revisará la *falla por tracción* considerando que las fuerzas sostenidas están contrarrestadas exclusivamente por el peso de la zapata más el suelo descansando directamente sobre ella con un peso volumétrico estimado igual a 1.8 tn/ m<sup>3</sup>, afectado por un factor de resistencia no mayor que 0.7. En el caso de las fuerzas transitorias se deberá utilizar un factor de resistencia no mayor que 0.8 y podrá considerarse además el peso de una cuña de suelo con un ángulo respecto a la vertical de 20° para un suelo no cohesivo.

Se revisará la falla por deslizamiento horizontal, verificando que para todas las combinaciones de acciones que tengan una resultante inclinada con componente vertical V y horizontal H se tenga que (se desprecia la adherencia suelo-zapata):

$$H < V \times \tan \delta \times F_r \dots (2)$$

Donde:

tan  $\delta$  es el coeficiente de fricción zapata-suelo, igual a 0.45  
 Fr factor de reducción igual 0.6

---

### *Asentamientos previsibles.*

De esta forma, aplicando los principios mostrados en el Manual y el Diseño de Obras Civiles, Geotecnia. Cimentaciones en Suelos de CFE, se estima que para descargas de hasta  $10 \text{ tn/m}^2$  se habrán de presentar asentamientos de tipo elástico durante el período de construcción, menores que 1 cm.

### *Recomendaciones constructivas.*

- a) Se procederá con la preparación del terreno de cimentación de la torre y del "shelter" como señalado en la solución de cimentación, generando cortes con talud inclinado 0:5:1 (horizontal y vertical, respectivamente) hasta 0.6m de profundidad y verticales en el caso de la roca.
- b) Al nivel de desplante de las cimentaciones se colocará una plantilla de concreto pobre de 0.1m de espesor para lograr una superficie de apoyo uniforme.
- c) Aún cuando no se dispone de información del proyecto para este sitio, se considera que la excavación será llevada a una profundidad máxima de 2m respecto al nivel de terreno actual de la calle de acceso y que no tendrá influencia con el nivel de agua, sin embargo, no se descarta la presencia de agua en la excavación por lluvia o alguna otra fuente, por lo que se deberá prever la colocación de drenes y cárcamos para realizar en el caso un bombeo de achique.
- d) Una vez concluida la construcción de la zapata se colocará un relleno arenolimoso compactado al 90% Próctor estándar, empleando material inerte de banco, libre de materia orgánica, de tal forma que se logre el espesor y el peso volumétrico requerido de acuerdo a la revisión de la estabilidad de la cimentación.
- e) El material con calidad de subrasante será previamente seleccionado en los bancos locales, disgregando o eliminando las partículas mayores de 76 mm. La curva granulométrica de este material deberá tener una forma uniforme sin cambios bruscos con un porcentaje de finos (diámetro menor que 0.074mm) de 35 como máximo. El espesor de la capa suelta será de 25 cm saturadas, compactadas al 95% AASHTO estándar. El límite líquido e índice de este suelo no deberá exceder 50% ni 20%, respectivamente, ni presentar un valor relativo de soporte menor que 10% o expansión mayor que 3%.
- f) Para el material con calidad de sub-base, se deberá emplear material bien graduado, con curva granulométrica uniforme sin cambios bruscos de

pendiente eliminando las partículas mayores de 51 mm. La relación entre el porcentaje que pasa la malla no. 200 y la malla no. 40 no deberá ser mayor que 65%, con límite líquido e índice plástico no mayor que 30% y 10%, respectivamente, con límite de contracción menor o igual que 4.5% y valor relativo de soporte igual a 80% como mínimo. El equivalente de arena como mínimo de 20%. Este material podrá colocarse en una sola capa y deberá compactarse como mínimo al 95% AASHTO modificada, incorporando previamente el agua necesaria por medio de riegos y mezclados sucesivos hasta obtener una humedad homogénea.

- g) Cuando se emplean dos o más materiales de diferentes características, se revolverán y se acamellonarán por separado, uno frente al otro. A continuación se mezclarán en seco los camellones hasta lograr una apariencia homogénea del conjunto y se formará un nuevo camellón; posteriormente se procederá con las operaciones ya mencionadas en el párrafo anterior hasta obtener el espesor deseado.

### 5.1.2 Trabajos iniciales en la construcción.

El trazo es un aspecto importante en la construcción de una torre de telefonía celular, ya que la determinación de los ejes de la cimentación y sus anchos, así como los ejes principales de la torre. En gran medida es el principal paso para la construcción y de éste depende que el desarrollo de la obra tenga éxito. Dicha operación se efectúa con diversos implementos; con estacas de madera e hilos, en las que se marca el ancho de la cimentación para efectuar la excavación. No está por demás decir que el trazo debe de hacerse correctamente, en escuadra, ver figura No. 5.1

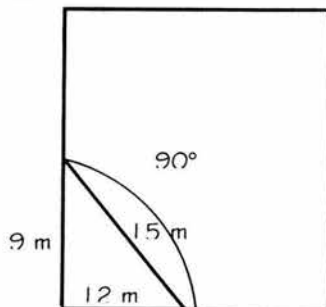


Figura No. 5.1

Otro aspecto importante como el anterior es la correcta nivelación de las partes de la construcción de la torre, ya sea interiores o exteriores. En este caso es muy común utilizar el nivel de manguera y cuando la obra sea de una magnitud considerable se emplea el teodolito y el tránsito, Ver Figura No. 5.2.

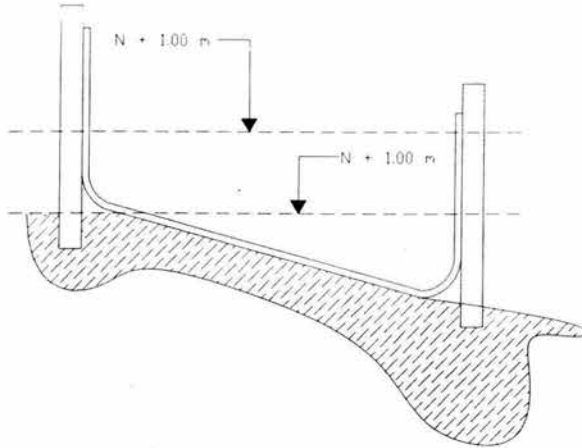


Figura No. 5.2, Método nivel de manguera.

### Excavaciones.

Según como se hagan, las excavaciones se clasifican en: a mano, mecánicas y mediante explosivos.

- i. Excavaciones a mano; en éstas, se utilizan como elementos de ataque la pala y el pico, y como elemento de transporte la carretilla.
- ii. Excavaciones mecánicas. Son aquellas en las que se emplea maquinaria específica, como la pala mecánica y la draga, retroexcavadora, etcétera.
1. Excavaciones mediante explosivos. Éstas son comunes en terrenos como roca basáltica, arenisca y conglomerados bien cementados.

Al efectuar la excavación, se debe quitar la capa superficial de tierra vegetal y desplantar la cimentación sobre una capa de terreno resistente. Es conveniente asegurarse que la capa sobre la que se apoyará la cimentación quede arriba del nivel de aguas freáticas, porque así la constitución del terreno no se verá afectada y no se utilizará drenaje ni bombeo.

Cuando se quiera evitar el empleo de refuerzos fabricados para impedir desprendimientos en los parámetros de los bancos, como ataguías, ademes, etcétera, debe observarse el ángulo de reposo de los materiales. Al respecto, es válido el listado siguiente:

Materiales	Ángulos de reposo
Arena limpia	33°
Arena y arcilla	36°
Arcilla seca	36°
Arcilla semi-húmeda	26°
Grava y roca suelta	36°
Piedra picuda	45°
Piedra redonda	36°

Al realizar la excavación se debe considerar el incremento de volumen de los materiales al sacarlos de los bancos. El corte de la excavación se hará conforme al talud natural del terreno.

## 5.2 Diseño de la cimentación para la torre seleccionada; transmisión de cargas a la cimentación.

Se trata de una torre autosoportada de 33 m de altura, está formada de estructura metálica con miembros trabajando principalmente a tensión y compresión. Está diseñada con una losa de cimentación de 5.20 m X 3.40 m.

El presente diseño se regirá por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y por sus normas técnicas complementarias para diseño por sismo y las normas técnicas complementarias para diseño de cimentaciones. Además del Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

Materiales:

Concreto  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$   
 Límite de fluencia del acero de refuerzo:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Factores de carga y resistencia:

Factores para combinaciones que incluyan cargas permanentes, variables y accidentales, el valor será:  $F_c = 1.10$

Factores de resistencia:

Flexión: 0.9  
 Cortante y torsión: 0.8  
 Flexo compresión: 0.7



1.- Reacciones máximas de diseño

Altura de la torre: 33 mts.		
Velocidad de viento 193 M.P.H.		
M. Volteo	193.82	Ton-m
Momento en "X"	137.05	Ton-m
Momento en "Y"	137.05	Ton-m
Tensión	69.99	Ton
Compresión	78.53	Ton
Cortante total	5.42	Ton
Peso propio	5.30	Ton

2.- Propiedades del suelo

Profundidad de desplante.	3.40	mts
Peso volumétrico	1.60	ton/m <sup>3</sup>
Capacidad de carga podrá incrementarse en un 33% para cargas accidentales	17.70	ton/m <sup>2</sup>

3.- Factores de seguridad

Factor de seguridad de volteo: F.S.M. = 2

4.- Características de la cimentación propuesta

CORTE A-A

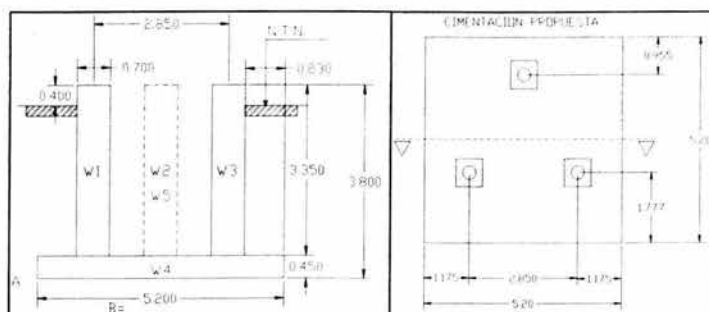
Nivel de desplante: 3.40 m

L = 5.20 X 5.20 m

Momento de volteo

Mv total = 214.41 ton-m

Momento generado por corte en cada pierna: 20.60 ton-m



Detalles en planta y corte de la cimentación propuesta.

5.- Cálculo del momento resistente y peso total de la cimentación.

$P_p$ torre =	5.30	ton	→	$M_{pp}$ =	13.78
$W_1$ =	3.94	ton	→	$M_1$ =	3.25
$w_2$ =	3.94	ton	→	$M_2$ =	10.24
$w_3$ =	3.94	ton	→	$M_3$ =	17.24
$w_4$ =	29.20	ton	→	$M_4$ =	75.93
$w_5$ =	120.69	ton	→	$M_5$ =	313.80

6.- Revisión de los factores de seguridad

-Factor de seguridad al volteo

Factor de seguridad:	2.03	> 2	OK
----------------------	------	-----	----

La sección es adecuada para resistir las fuerzas accidentales.

7.- Revisión de estados de límite de suelo

W Torre autoportada =	5.30	ton	excentricidad	1.28 m
W peso cimentación =	161.71	ton	Excentricidad (x) =	0.82 m
W peso total =	167.01	ton	Excentricidad (y) =	0.82 m
Por lo tanto las presiones de contacto se revisarán				

$$L/G = 0.87$$

$$q_{\max} = \frac{P}{A} + \left( 1 \pm \frac{6e_x}{L} + \frac{6e_y}{B} \right)$$

Revisión presiones de contacto (cargas accidentales)

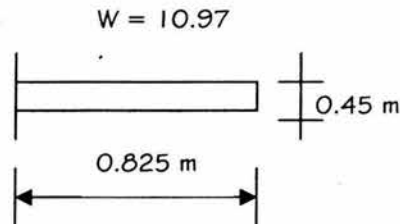
$q_{\max.} =$	17.87	Ton/m <sup>2</sup>	< $q_a =$	23.54	Ton/m <sup>3</sup>
De acuerdo con el estudio de mecánica de suelos previo.					

- Presiones de contacto (cargas permanentes)

$\sigma = P/A$	$q_{\max.} =$	6.18	Ton/m <sup>2</sup>
	$q_{\text{adm.}} =$	17.70	Ton/m <sup>2</sup>

8.- Diseño de la cimentación.		-Constantes de diseño		- Paso de la resultante	
$Bx' = B-2x =$	3.559 m	$F'c = 250$	$Kg/cm^2$	$e = m/p = 4.28$	m
$Lx = B-2y =$	4.708 m	$F'y = 4200$	$Kg/cm^2$	$e' = 1.68$	m ok
$A' =$	16.75 m <sup>2</sup>	$d = 45$	cm	$B/6 = 0.87$	m ok
		$b = 100$	cm		
$qd = 10.97$	ton/m <sup>2</sup>				

- Diseño por deflexión.



$$M \text{ máx.} = WL^2/2 = 3.73 \text{ ton-m}$$

$$As \text{ mín.} = 10.54 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ req.} = 2.74 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se armará por flexión con el acero mínimo

$$sep = 27.23 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas del # 6 @ 25 cm en ambos sentidos.

-Acero por cambio volumétrico.

$$As = 660 \times l / Fy (x1 + 100) = 0.0449$$

$$a's = 1.5 \text{ as} = 0.067$$

$$As = 0.067 \times 100 = 6.73 \text{ cm}^2$$

$$OSep = 1.987 \times 11.79 = 23.426 \text{ cm.}$$

Por lo tanto usaremos varillas del # 5 @ 24 cm en ambos sentidos.

- Acero para dado

$$As \text{ min} = 0.01 \text{ as var. No. } 8 \quad 5.07 \text{ cm}^2$$

$$db = 2.5 \text{ cm}$$

$$As \text{ min} = 0.01 (70) (70) = 49.0 \text{ cm}^2$$

$$\text{No. Var.} = 9.7 \text{ varillas del } \# 8$$

Por lo tanto usaremos 12 varillas del # 8.

- Refuerzo transversal

$$48 \times 1 = 48 \text{ cm}$$

$$b/2 = 35 \text{ cm}$$

$$(850 \text{ db}) / \text{raíz } F_y = 65.6 \text{ cm}$$

Por lo tanto se usaran vars. Del #3 @ 15 cm 2 ramas.

- Revisión por cortante

Se considerara la falla a un peralte del dado.

Porcentaje de refuerzo es P: 0.0026

$$\text{Volado} = 0.43$$

$$V = 4.66 \text{ ton}$$

$$V_u = 5.13 \text{ ton}$$

VCR = 0.80X90X100X(0.20+0.30P)X RAÍZ(200)=	12.58	ton	OK PASA
VERDADERO			

- Revisión por penetración:

$$M_u > 0.20 V_u d$$

$$V_u = (A't - A_c) q d$$

$$A't = 16.75 \text{ cm}^2$$

$$C1 + d = 1.10 \text{ m}$$

$$d = 0.40 = 40 \text{ cm}$$

$$V_u = 170.4 \text{ ton.}$$

$$20.6 > 15.34 \text{ Por lo tanto si hay transferencia de momento.}$$

$$V = \frac{V_u}{(bod)} + \frac{\Delta x M_x CAB}{J}$$

$$\Delta x = 0.401$$

$$CAB = CCD = (C1 + d)/2 = 55$$

$$J = [d(C1 + d)^3]/6 + [(C1 + d)d^3]/6 + [d(C2 + d)(C1 + d)]/2 = 36666666.7$$

$$V_u = (\text{compresión máxima}) \quad 86.4 \text{ ton.}$$

$$\text{Área de falla: } 1.21 \text{ m}^2$$

$$b_o = 440 \text{ cm}$$

Vact. = 4.9 Ok. Se acepta la sección	VCR = 0.70*RAÍZ(240) = 9.9 kg/cm <sup>2</sup> Admisible
---	--

### Notas generales

1. Concreto f'c= 250 kg/cm<sup>2</sup>.
2. Acero de refuerzo F'y= 4200 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Agregado máximo en el concreto T.M.A = 38mm.
4. Las zapatas se desplantarán sobre una plantilla de concreto pobre de 100 kg/cm<sup>2</sup> y 5 cm de espesor.
5. Se consideró al terreno con una capacidad de 17.70 ton/m<sup>2</sup> a una profundidad de 3.40 m.
6. El material es de buena calidad, por lo tanto, podrá ser utilizado como material de relleno en proporción 2:1 (dos de material de relleno y uno de banco).
7. El material de relleno deberá ser compactado al 90% proctor colocado en capas de 20 cm.
8. Deberá construirse, la cimentación de la torre antes de colocar el equipo del sitio celular (Shelter, malla ciclónica) para evitar cualquier interferencia.
9. El diseño de esta cimentación deberá ser avalado por el especialista en mecánica de suelos.

### 5.3 Especificaciones para la instalación de los equipos.

El proyecto se realiza para la instalación de un sitio de telecomunicaciones, consistente en una torre autosoportada de 33 m de altura con un pararrayos, además de un contenedor prefabricado, que contiene el equipo electrónico, el cual se ubica también en el inmueble y se desplanta sobre elementos estructurales construidos ex profeso, una losa de cimentación de 20 cm.

Para la realización de este proyecto se toman en cuenta como punto de partida:

- Los planos arquitectónicos y estructurales del proyecto de construcción del inmueble.
- Levantamiento de datos en el sitio donde se propone la ejecución de la instalación de los equipos.
- Así como los datos necesarios de la empresa que desea la construcción de esta base de telefonía celular.

- 
- Normas y especificaciones: todas las consideraciones para el cálculo y diseño del proyecto eléctrico se basan en la siguiente documentación;
- Compañía de Luz y Fuerza del Centro.
  - Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994. Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.
  - Niveles de iluminación recomendados por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C.
  - National Electrical Code, 1996, (NFPA 70-1 196)
  - Manual de Normatividad editado por Motorola (capítulos 7,8,9 y 10).
  - NOM-EM-002-SCFI. Productos eléctricos, conductores, alambres, cables, especificaciones de seguridad y métodos de prueba.
  - NOM-003-SCFI. Requisitos de seguridad en aparatos electrodomésticos o similares.
  - NOM-008-SCFI. Sistema general de unidades.
  - NOM-0024-SCFI. Información comercial, aparatos electrodomésticos, eléctricos y electrónicos, instructivos y garantías para productos de fabricación nacional e importada.

El equipo electrónico con el que funciona el sitio de telecomunicaciones será colocado dentro de un contenedor prefabricado desplantado sobre una losa de cimentación, las dimensiones mínimas de espacio requeridas son las siguientes: 2.67 m de ancho X 5.67 m de largo y 3.00 m de alto. La caseta es prefabricada mediante el sistema constructivo de pintoalum, tanto en muros, como en cubierta y piso de loseta vinílica de 3mm de espesor de 30X30, marca Vinilasa.

Dentro de la caseta está colocada la tubería de la instalación eléctrica y la trayectoria se encuentra adosada por la parte interior de los muros, también cuenta con un tablero de distribución eléctrica y otros equipos, cuenta con un sistema de tierra física.

La caseta estará diseñada para transmitir las cargas muertas y vivas generadas por el peso del equipo y caseta, hacia elementos estructurales de la construcción; losa de cimentación y a la zapata con tres dados.

El acceso a los equipos ubicados sobre la plataforma construida en la azotea del edificio será mediante una escalera metálica.

A fin de proteger tanto a las instalaciones, como a personas, el acceso a los equipos será mediante una puerta metálica con chapa de alta seguridad.

---

## Lineamientos de diseño del proyecto.

Se toma en cuenta las características de disposición del inmueble, con respecto al suministro de la energía eléctrica, se propone lo siguiente:

- Se tomará el servicio para la instalación desde una nueva acometida contratada en baja tensión, 3 fases, 4 hilos 220/127 volts, 60 Hz.
- Se procurará ubicar a la nueva acometida y a su interruptor principal asociada lo más cercano posible a la acometida que actualmente proporciona Cía. de Luz y Fuerza para el inmueble.
- El equipo de protección de transientes se instalará en la caseta, a un lado del tablero de distribución.
- Se proveerá al local con sus propios medios de distribución y protección.
- Dada la sensibilidad de la carga a conectar, se proveerá de sistema de tierra física. Independientes de cualquiera que exista en el inmueble, con la normatividad vigente.

Los cálculos del presente proyecto involucran la instalación eléctrica desde el punto de vista de acometida en baja tensión por parte de la compañía suministradora de servicio, hasta los puntos de la energía, esto quiere decir:

- o Protección de conductor alimentador.
- o Calibre de conductor y caída de tensión en el alimentador.
- o Protección general de tablero de distribución.
- o Protección de circuitos derivados.
- o Calibre de conductores y caída de tensión en circuitos derivados.
- o Balanceo teórico del tablero de distribución.
- o Sistema de tierra física.

No se consideran dentro de los cálculos, los circuitos pertenecientes a cualquier maquinaria.

No está incluido el cálculo y/o diseño de las instalaciones especiales de: iluminación, sonido, comunicaciones, video, etcétera.

### Consideraciones técnicas.

Para el cálculo de la instalación eléctrica se considera lo siguiente:

- ⚡ La selección de conductores para todos los circuitos derivados y alimentadores principales a tableros, se realiza respetando las normas vigentes de instalaciones eléctricas y verificando mediante cálculos su correcta selección y aplicación.

---

⚡ Para los tableros de distribución se considerará una reserva de crecimiento, incluida en los cálculos para futuras ampliaciones de carga y/o circuitos de acuerdo al tipo de las cargas que alimenta.

⚡ La caída de tensión global desde la acometida hasta cualquier punto de utilización de energía dentro de la caseta no excederá el 5% de acuerdo a normas. Los porcentajes que se considerarán son:

Circuito de alumbrado y contactos	2.0 % máx.
Alimentador local hacia tablero	3.0 % máx.

Acerca de los materiales eléctricos involucrados para la construcción de la instalación. Los materiales con que se instrumente la instalación deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

⚡ Para conductores; no se aceptarán forros aislantes de menores prestaciones que el THW LS-90°.

⚡ Protecciones a conductores de circuitos de alimentación (acometida).

⚡ Protecciones a conductores de circuitos derivados.

⚡ Sobre corriente a través de interruptores termo magnéticos: con capacidad interruptiva nominal e 10 KA.

⚡ Sobrecarga a través de los valores de corriente de marco del interruptor termo magnético según la capacidad de cada circuito.

⚡ Para tableros y tubería deberán cubrir certificaciones nacionales tales como la NOM (Norma Oficial Mexicana) respectiva, la certificación ANCE (Asociación Nacional de Normalización y Certificación del sector Eléctrico).

⚡ Para protecciones contra corto circuito deberán ser interruptores termo magnéticos para montaje en tablero de distribución con capacidad interruptiva no menor de 10 KA en 600 VAC.

A continuación se incluye una lista de los materiales que se proponen para construir la instalación:

- Equipo de aire acondicionado marca SANYO.
- Equipo supresor de picos marca TRANSECTOR, modelo TWIN PACK PLUS P4850TC.
- Tablero de distribución con interruptor general de 3 x 175A.
- Interruptor general termo magnético de 3 x 175A.
- Reflector para luz de vigilancia 300W.
- Luz de obstrucción con dos focos de 100 W incandescente, tipo VDA-200W, marca TWR, modelo AAOM-T55.
- Receptáculo duplex polarizado 15A-127V marca Arrow Hart, catálogo M-5250.
- Placa para receptáculo en aluminio anodizado marca Arrow Hart, modelo 95101.
- Apagador sencillo tipo balancín marca Arrow Hart, catálogo LU101.
- Placa para apagador marca Arrow Hart modelo LU-106ª.
- Fotocelda 1500W, 1 fase, 127V, marca Tork catálogo 2003.



- 
- Receptáculo de conexión de fotocelda marca Tork catálogo 2253.
  - Conductores Eléctricos en distintos calibres marca CONDUMEX con aislamiento THW LS-90º.
  - Conductores Eléctricos sin forro en cobre semiduro, distintos calibres, marca CONDUMEX.
  - Canalización conduit en pared delgada y en pared gruesa, distintos diámetros, marca JUPITER.
  - Accesorios para canalización conduit de pared gruesa y de pared delgada, distintos diámetros, marca JUPITER.
  - Registros eléctricos tipo condulet oval, distintas medidas y figuras, marca Crouse Hinds-Domex.
  - Pararrayos tipo Dipolo, marca PARRES.
  - Zapatas de compresión en diferentes calibres, marca Burndy.
  - Electrodo con puesta a tierra con salida para cable 2/O AWG sin forro, marca Parres modelo EP-ET.

### Descripción de la instalación proyectada

La instalación se prevé mediante la localización de un equipo de medición y control lo más cercano a la acometida existente, de este punto se alimentara a la caseta ubicado en la planta de azotea del inmueble. De este equipo se suministra energía a los componentes del sistema de telecomunicación.

La acometida por parte de la compañía suministradora será en con las siguientes características y /o dependiendo de la capacidad de la compañía suministradora:

220/127V, 3 fases-4 hilos, 60 Hz.

La acometida para el sitio celular estará ubicada lo más cerca posible a la zona de acometida del inmueble, esto es, en la zona de acceso principal. La acometida se concentra en muro.

Después de los medidores se instalará una protección contra sobre corriente basándose en un interruptor termo magnético. La capacidad conductiva se dimensiona de acuerdo a la magnitud de la carga instalada.

### Distribución

Alimentador, a través de una canalización independiente se llevará energía hasta el tablero de distribución local (Tablero "A") para el sitio celular ubicado en el contenedor. La trayectoria de esta tubería se muestra en un plano eléctrico.

---

## Tablero general "A"

Este tablero comprenderá en sus circuitos los siguientes sistemas:

- Fuerza y alumbrado: 127 V, 1 Fase, 3 Hilos.
- Equipo de Aire Acondicionado: 220 V, 3 Fases, 4 Hilos.
- Rectificadores RF 220 V, 2 Fases, 4 Hilos.
- Sistemas de Emergencia 120 V, 1 Fase, 3 Hilos.

La carga y los servicios por alimentar se encuentran en el contenedor del sitio celular, excepto las luces de señalización externa (luz de obstrucción) y reflectores de vigilancia.

### Ubicación y descripción de sistemas

**Contactos:** Todos son monofásicos polarizados se ubicarán en el perímetro interior de contenedor del sitio celular (6 contactos).

**Alumbrado:** Comprenderá en su totalidad el control de toda la iluminación general interior y exterior (4 Lámparas fluorescentes de 2x40 w y tres reflectores de vigilancia exterior de 300 w y 4 luminarias de obstrucción de 100 w).

**Equipo de aire acondicionado:** el sistema de aire acondicionado consta de 2 unidades que se alimentarán desde el tablero "A" de distribución por medio de 2 circuitos derivados independientes. Estas unidades de aire se montarán en el exterior de la caseta.

**Rectificadores RF:** los rectificadores RF serán alimentados desde el tablero "A", a través de circuitos derivados. Los paneles estarán ubicados en el interior del sitio celular.

**Sistema de emergencia:** el sistema se alimentará desde el tablero "A" de distribución a través de un circuito derivado propio. Se instalará en el interior de la caseta.

**Iluminación interior, vigilancia, luces de obstrucción y contactos:** la iluminación interior se considera en sistema fluorescente con luminarios de 2x40W. Como iluminación de vigilancia, 3 reflectores de 300w, y como luces de obstrucción 2 luminarias de 100w; controlados por medio de fotoceldas individuales.

Para los contactos monofásicos polarizados dúplex se asigna una potencia de 180 w por salida y tendrán una terminal de puesta a tierra.

- Equipo de aire acondicionado; características de aire acondicionado:  
MARCA: SANYO, conectado a: 3 fases, 220-127 V.C.A.
- Equipo rectificador RF.:  
MARCA: TWINPACK PLUS Modelo: P4850TC 2 fases 197-240 VCA:
- Sistema de emergencia: Iluminación de emergencia.  
MARCA : CUTTER HAMMER 1 fase, 120 V, 39 W.
- Detector de humo: Los datos para este tipo de carga no son significativos.
- Equipo supresor de picos:  
Se instalará el equipo supresor de picos, catálogo "C" dentro del panel de distribución (junto al tablero), ubicado en el interior de la çaseta del sitio.  
MARCA: TRANSTECTOR, Modelo: CP240 SMD, 3 fases,220/120VAC, 60Hz.

#### Relación de cargas del sitio:

Alumbrado			
No. de salidas	Potencia por salida Total(W)		
Luminarios fluorescentes	4	100 (*)	400
Luminario de obstrucción doble (dos fases)	1	900	900
Luminario exterior	3	300 (*)	900
Luminario de emergencia	1	39	39
Contactos			
Contactos monofásico polarizado	6	200	1080
Salidas especiales			
Aire acondicionado (tres fases)	2	7,500	19,800
Equipo de rectificación (dos fases)	9	3,000	27,000
Detectores de humo	1	15	15
Carga total (W)	49,580		
Factor de demanda (**)	90.0%		
Demanda (KW)	35.69		

(\*) Incluye 25% adicional por operar con reactor

(\*\*) Este factor de demanda es un dato proporcionado por el cliente, en función del desempeño de sus equipos.

#### Cálculos del tablero de distribución.

Para el dimensionamiento del alimentador del tablero, alimentadores de circuitos derivados, y balanceo de tableros y capacidad de interrupción de protecciones de circuitos derivados, la información se presenta en formatos de cálculo que reportan: la distancia al centro de carga del circuito, la carga alimentada, el calibre del conductor empleado y la caída de tensión que se involucra.

---

El orden en que se presentan los cálculos es el siguiente:

- I. Cálculos del alimentador.
- II. Cuadro de cargas.
- III. Niveles de iluminación.

Para este caso, se tiene un desbalanceo teórico de 1.66% como máximo.

Este se considera teórico, debido a que no se tiene un control simultáneo del consumo de energía eléctrica en cada circuito derivado del tablero.

Nota importante: El desbalanceo teórico del tablero se garantiza cuando toda la carga instalada está en funcionamiento.

#### Niveles de iluminación.

Para el diseño de alumbrado, la selección del luminario y el nivel de alimentación requiendo se seleccionaron los componentes que proporcionan el óptimo confort visual y alto rendimiento requeridos para el uso del área a proyectar.

Para tal efecto, se adoptó el método de cálculo de los "lúmenes" y tomando los niveles de alimentación que aplica la normatividad vigente para el caso de 600 luxes mínimos, para este cálculo lumínico se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Se propuso el nivel de iluminación mínimo requerido según normatividad, así se determino el coeficiente de utilización en base a la altura del plano de trabajo, el flujo luminoso de la lámpara seleccionada, los factores de su eficacia y distribución, altura de montaje, dimensiones del local y reflectancias de paredes, techos y suelo, esto dio como resultado el factor de conservación que determinó el número de lámparas y luminarios requeridos de acuerdo a su distribución en el área.

Los niveles de iluminación se calculan mediante un análisis de cavidad zonal basándose en el tipo de luminarios seleccionados para el área interior del sitio celular. La distribución de luminarias y su tipificación se muestran en el plano respectivo.

El número de luminarios para el arreglo propuesto es de 4 unidades.

Niveles de iluminación requeridos:

CASETA	Luxes mínimos requeridos	Luxes calculados
	600	866.2

---

## Sistemas de propuesta a tierra física.

1.- Uno de los sistemas principales para la protección contra sobretensiones en las subestaciones eléctricas, tableros de distribución, motores y maquinaria eléctrica en general, es el sistema de tierra y de pararrayos. Hay sobre tensión que se debe a las corrientes de corto circuito, rayos, o corriente, inducidas o estáticas, por lo que es importante contar con una red de tierra adecuada, en la cual se conectan todos los neutros de los aparatos eléctricos, los neutros de los transformadores, cables de guarda, estructuras metálicas, pararrayos, tanques, o maquinaria que produzcan corrientes estáticas. Todo esto, debe estar a potencial de tierra.

2.- La importancia de tener una buena red de tierra, es que cumpla con todas las funciones requeridas, como:

- i. Que nos proporcione un circuito en toda la malla de muy baja impedancia, para que circulen las corrientes de tierra, con mayor facilidad, y menor tiempo, esto, debido a una falla de aislamiento, fricción, o la operación de un pararrayos.
- ii. Evitar que durante la circulación de éstas corrientes de tierra, se produzcan diferencias de potencial entre distintos puntos de los equipos eléctricos que puedan ser peligrosos para el personal, o para equipos electrónicos sofisticados produciendo ruidos, interferencia y daño al mismo.
- iii. Facilitar mediante sistemas de relevador y coordinación de tiempos, que ayuden a la eliminación de las fallas a tierra, en el sistema eléctrico de distribución.
- iv. Dar mayor confiabilidad y continuidad, así como optimización de la corriente, evitando calentamiento en los transformadores, aumentando el f.c (factor de continuidad), aumentando la seguridad y el rendimiento de todos los servicios eléctricos.

El realizar el estudio de la resistividad de los terrenos, para diseñar una malla de tierras para aterrizar la torre y equipos así como el sistemas de pararrayos. Teniendo en cuenta las normas existentes al respecto, y tener que ir normando un criterio sobre la base de sus necesidades, y condiciones técnico-económicas más viables.

Conocer las condiciones de la red de tierra. Para que se tengan las instalaciones dentro de las normas y estándares, así como normas y reglamentos oficiales. Para obtener instalaciones eléctricas seguras para el personal y equipos de la planta.

- a) Obtener un valor de malla de tierras de no más de 1 ohm (caso óptimo)
- b) Hacer más efectiva la protección contra descargas atmosféricas.

- 
- c) Facilitar la protección contra fallas a tierra haciéndolas más sensibles.
  - d) Reducir los riesgos para el personal.
  - e) Minimizar daños y riesgos a los equipos electrónicos.
  - f) Evitar la formación de sobre voltajes, por falla de inducción de arco a tierra que pueden alcanzar de 5 a 6 veces el valor del voltaje nominal.
  - g) Evitar las descargas estáticas que producen, la unión de dos materiales diferentes distintos en su estructura y uno de los dos es aislante, que al separar viene una descarga estática.
  - h) Mantener una resistencia a tierra teniendo como referencia, a las normas ya antes mencionadas.

Al proyectar un sistema eléctrico de distribución, se pone un especial énfasis tanto en los mejores métodos para conducir el fluido eléctrico como en la mejor manera de aislarlos del medio ambiente y entre ellos; se busca la mejor forma de canalizarlos cómoda y seguramente, se aplican los conocimientos tecnológicos de modo de tener el mejor control y la mejor protección para los circuitos eléctricos de control, actualmente con el auxilio de transductores y circuitos integrados; se emplean adecuadamente los circuitos magnéticos tanto en transformación, motorización, generación y todos los usos de electromagnetización; se busca la mejor coordinación tanto de aislamientos como de protecciones para lograr que tal sistema eléctrico resulte eficiente, confiable, seguro y versátil. Para lograr lo anterior, se hace uso de toda la herramienta matemática correspondiente, se desarrollan productos, materiales, nuevos sistemas, y en general se tienen un buen control sobre el estado del desarrollo tecnológico. Todo éste conjunto de elementos constituyentes del sistema eléctrico está prácticamente a la vista o es de fácil acceso; pero existe una sección, algo como la raíz del árbol de las redes eléctricas, de los sistemas de distribución; nos referimos al sistema de tierra; es conveniente dirigir nuestra atención a ésta sección oculta de la instalación, y es necesario aplicar nuestras herramientas teórico-prácticas para seleccionar el sistema con las mejores características, para poder descargar segura y adecuadamente las corrientes resultantes de una falla a tierra.

La conducción de altas corrientes a tierra en instalaciones eléctricas debidas a disturbios atmosféricos o fallas del equipo obliga a tomar precauciones para que los gradientes eléctricos y las tensiones resultantes no ofrezcan un peligro a operadores o en general al personal que labora en el recinto y daños a los equipos.

El hecho de preferir en fechas recientes sistemas sólidamente conectados a tierra, ha aumentado la magnitud de las corrientes a tierra y eso obliga a un diseño meticuloso de redes de tierra para evitar accidentes, ya que fácilmente se llega a intensidades a algunos miles de amperes. Intensidades de éste orden de magnitud producen gradientes eléctricos elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra, y si se da la circunstancia de que algún ser viviente interconecten dos regiones a la distancia de un paso normal, puede sufrir una descarga de

---

magnitud que sobrepase el límite de su engarrotamiento muscular y que provoque su caída, abarcando superficies de mayor potencial y haciendo que la corriente que circule por su cuerpo aumente y, si por desgracia ésta pasa por algún órgano vital como el corazón, puede resultar la fibrilación ventricular y la muerte. Lo que regula el engarrotamiento muscular que no permite soltar el objeto electrificado, es la intensidad de la corriente; pero la tensión aplicada esta relacionada con ésta a través de la resistencia ohmica de la parte del cuerpo que queda en contacto con los potenciales diferentes.

Esta resistencia es muy variable y depende sí el contacto es húmedo o en piel seca, sí es a través de zapatos o ropa, o de la parte del cuerpo que se inserte en el circuito y de circunstancias momentáneas como estados del cuerpo. La digestión o el estado de animo, como el miedo, influyen notablemente a abatir la resistencia del cuerpo humano. Además el tejido humano tiene una característica negativa de resistencia, es decir la resistencia del cuerpo disminuye al aumentar la corriente y el tiempo de contacto, con el resultado de que al doblar la tensión aplicada, la corriente sube a más de doble. No obstante esta circunstancia en los diseños tratan de limitarse las tensiones a las que pueden quedar sometidas las personas, a valores razonables pero sin que puedan ser excluidos siempre casos fatales. Existen varias formas de referir el neutro de un sistema eléctrico a tierra, tanto en aplicaciones de generación como en transformación, éstas formas pudiesen ser: aterrizaje directo, por medio de reactancia, por resistencia y aterrizaje resonante; también existen sistemas que tienen el neutro aislado de tierra que pueden ser de neutro flotante o distribución en delta.

El estudio y conocimiento de lo indicado anteriormente, nos permite establecer la necesidad inmediata de diseñar, proyectar e instalar un sistema de protección a tierra en el neutro de todos los transformadores de media tensión, para evitar que una falla a tierra alcance niveles altamente peligrosos y minimizar daños a equipos de tensión media por esta causa.

Como resultado de todo lo anterior, se llegaron a establecer las necesidades de contar con un sistema efectivo de protección contra fallas a tierra y cumplir con el requisito en lo que se refiere a éste tipo de instalaciones; para tener una red segura y confiable del sistema de protección a tierra.

#### Condiciones climatológicas

Clima.- la mitad de la superficie de México está situada en la zona tórrida, existe una gran variedad de climas, que dependen generalmente de la altitud y reflejan, una influencia moderada de las cuatro estaciones, en el litoral, y las tierras bajas son cálidas, en las mesetas y el norte templado, el norte y noroeste son áridos, el sureste muy húmedo. Como promedio, llueve sesenta días al año, entre

---

mayo y octubre con un mínimo de 60 días y un máximo de 180. La mayor precipitación se observa en la zona del golfo de México.

Datos Cd de México:	
Altitud sobre el nivel del mar	2239 metros.
Temperatura anual mínima absoluta	- 3 grados centígrados.
Temperatura anual máxima absoluta	33 grados centígrados.
Precipitación anual	650 mm.

La vanilla copperweldm hecha con material de níquelcadmio, con una chapa de cobre, si fuera solo de cobre, al momento de insertarla se doblaría, por carecer de la suficiente rigidez, el problema que observa en terrenos con tepetate es, al meter la vanilla se pueda rayar con las rocas y el recubrimiento de cobre se dañe demasiado, esto provoca corrosión en la vanilla y se perdería con el tiempo su conductividad por efecto de óxido superficial en la vanilla.

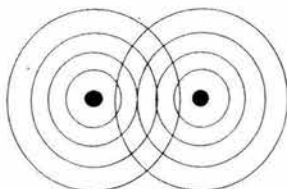
Se hace hincapié que existe en el mercado mucha diferencia de calidades en las vanillas para tierra por lo que hay que tener mucho cuidado en la selección de las mismas ya que algunas tienen una chapa demasiado delgada de cobre y esto hace que en poco tiempo se corran o se pierda el sistema de tierras.

- ✓ En caso de que el terreno sea muy duro se sugieren rehiletos de cobre.
- ✓ Algún sistema alternativo, (electrodos activado chamroad).
- ✓ Subir con un hilo es lo más recomendable y medir la malla una vez terminada.

Al poner estos electrodos se recomienda hacer una placa que contenga los siguientes datos: fecha, ubicación, número de electrodo, resistividad del terreno, hacer un control estadístico ya que la resistividad del terreno puede cambiar con el tiempo.



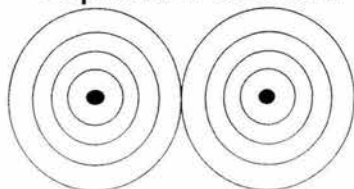
## Separación Incorrecta



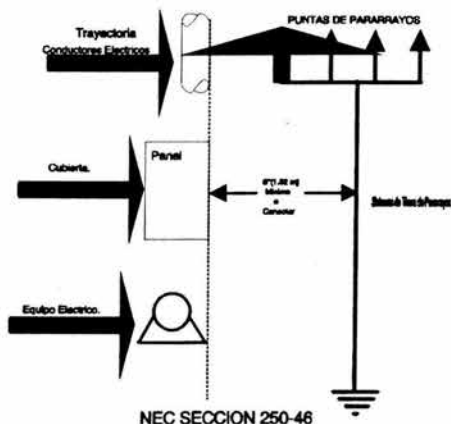
Varrilla de 8 Pies - Radio de influencia de 8 Pies.

Varrilla de 10 Pies - Radio de influencia de 10 Pies.

## Separación Correcta.



## ATERORIZADO DE EQUIPOS Puntas de Pararrayos.



El Equipo eléctrico debe de mantenerse desapejado de los conductores de los pararrayos a no menos de 1.82 metros de no ser así debe ser interconectado.

## Sistema de tierra física.

- Sistema de tierra física general para el sistema de C.A.: A este sistema se conectarán todas las partes metálicas de los equipos que integran la instalación eléctrica del contenedor, gabinetes o cubiertas, tableros, luminarios, etcétera, la conexión se efectuará por medio de conductores de cobre desnudo con calibre 12 AWG alojado en las canalizaciones que alimentan a los equipos mencionados. El sistema de tierra física, se efectúa mediante el tablero denominado "a", localizado en el panel de distribución que a su vez se aterriza a la barra de cobre externa del sitio.
- Sistema de tierra física general para el sistema de CD.: Se instalará a una altura de 6" del techo de la caseta, un anillo interno perimetral con cable calibre 2 AWG. Este anillo se rematará en una barra de tierras interna ubicada a 0.80 m de altura. Todos los soportes de charolas, se aterrizarán mediante conectores mecánicos ponchables de tierra interna. La barra externa e interna se conectarán con líneas individuales de calibre 2, que viajan hasta el sistema de puesta a

---

tierra en el exterior del inmueble, al nivel de terreno. Los calibres y detalles de este sistema se indican en el plano correspondiente.

- *Sistemas de tierra física para drenado de descargas atmosféricas.:*  
El pararrayos (descrito más adelante) se unirá con una línea individual ininterrumpida de cable cal. 2/0 AWG con forro que viajará hasta el sistema de puesta a tierra ubicado en planta baja.

Todas las retenidas y postes de soporte de charola se aternizarán mediante soldadura cadweld a un anillo en cable cal. 2 AWG forrado, este anillo se unirá a su vez con el cable que aterriza al pararrayos.

El cableado de cada uno de estos sistemas se conducirá de manera independiente y procurando mantener trayectorias separadas hasta el sistema común de puesta a tierra física.

*Sistema contra descargas atmosféricas.*

Se contemplará el empleo de una punta de pararrayos tipo dipolo montada en la parte superior de la torre de microondas.

*Características del sistema proyectado:*

Pararrayos tipo dipolo, marca parres: la sección transversal mínima para la trayectoria de conducción desde la punta del pararrayos hasta el sistema de puesta a tierra no será menor a 2/0 AWG.

---

## CONCLUSIONES

En nuestro país existen varias empresas de telecomunicaciones instaladas completamente para brindar el servicio de comunicación móvil, tan solo por mencionar algunas, Telcel, Iusacell, Unefon, Nextel y recientemente llegada a territorio nacional Telefónica de España asociada con la empresa de Mexicana Pegaso.

Las telecomunicaciones han marcado la pauta de crecimiento en industrias básicas para el desarrollo de un país, éstas son las industrias de; la construcción, electromecánica y obviamente la de telecomunicaciones. La República Mexicana no es la excepción, es cierto que esta tesis además de describir el funcionamiento de un teléfono y una red de telefonía móvil, hace una descripción compilada de los aspectos que deben de tomarse en cuenta al desarrollar un proyecto, cualquiera que este sea, claro que está enfocada a la construcción de una radio base de telefonía celular, haciendo mención a los aspectos más importantes para que se tenga un proyecto competente.

La empresa telefónica tiene actualmente la propuesta de colocar 1 000 torres, adicionales a las ya existentes, en las zonas metropolitanas de las ciudades de Guadalajara, Monterrey y el D.F., a corto plazo y a largo plazo tiene la intención de instalar otras 1 000 torres para ampliar su cobertura dentro de la República Mexicana, la empresa Nextel de México cuenta con un proyecto de expansión que comprende las ciudades de Saltillo y San Luis Potosí para instalar un número de antenas similar a las 300.

Lo que se necesita es crear una cultura ambientalista, aprovecho aquí para mencionar que recién acaba de publicarse (verano 2002) la nueva Ley General del Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente (LEGEEPA), donde las empresas de telecomunicaciones implementen procesos de instalaciones de torres atendiendo las necesidades del impacto ambiental, por mencionar un ejemplo, en Norte América (E.E.U.U. y Canadá) la instalación de torres de comunicación no se limita a la construcción de torres metálicas que ocupan un espacio determinado y a un bajo costo, la normatividad y las asociaciones, tanto civiles como gubernamentales, obligan a las empresas de telecomunicaciones a instalar torres camuflajeadas para disminuir el impacto ambiental al entorno donde se preste el servicio, además de presentar un proyecto de mejoras para la comunidad. También solicitan un plan de abandono, para que después de cumplir su vida útil, sepan lo que sucederá con el predio y con la torre instalada, nos referimos a

---

conocer lo que sucederá en un lugar específico dentro de 30 años, cuando se tenga que "mejorar" el entorno, lo hagan, y como lo harán.

Si en nuestro país contáramos con una cultura de ordenamiento tanto personal como urbano la instalación y operación de las torres sería más fácil y mejor para todos. Adolecemos de una cultura en general. Este trabajo tiene un objetivo muy particular, el brindar información que pueda entender cualquier persona sin conocimientos previos y comprendan como se desarrolla una base de telefonía celular. Es decir, pretendo poner mi grano de arena para que todos nos formemos una calidad de vida más alta.

La experiencia nos indica que los predios idóneos para la instalación de las torres o están intestados o carecen de la documentación necesaria para que sean arrendados conforme a la ley, de esta forma se podría disminuir el impacto ambiental del entorno o comunidad, además, el crecimiento desmedido y desordenado de las ciudades, ha obligado a las empresas de telecomunicación construir torres en la misma línea, desmedida y desordenadamente, ya que solo de esta manera pueden brindar el servicio a comunidades lejanas, pero ya incorporadas a la zona metropolitana, donde la señal no llega.

Los procesos constructivos de las torres de telecomunicación aparentemente simples, poseen su complejidad al tener que adecuar las instalación y construcción a los predios disponibles para ocupar los espacios necesarios y dar la seguridad a la comunidad de estabilidad de la estructura.

México se ha caracterizado por dos hechos importantes en cuanto a normatividad de refiere, por un lado se han desarrollado excelentes leyes y normatividades en las diferentes industrias que se encuentran asentadas en la Republica Mexicana, por mencionar algunas, normas técnicas complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., La ley del medio ambiente, Los programas para el desarrollo urbano, pero por otro lado, estas mismas leyes no solo han sido desacatadas, sino que han sido violadas tanto por autoridades como por los ciudadanos.

Para entender este punto mencionaré un ejemplo de crecimiento desordenado, "la vivienda de interés social", aun cuando es una necesidad para nuestro país, no se ha tomado con responsabilidad el crecimiento de la ciudad.

---

Un familiar que radica en los EE.UU. llegó a trabajar a la ciudad de Oklahoma, en el año de 1982 y no logró rentar una vivienda dentro de dicha población, se vio obligado a rentar una propiedad que se encontraba en otra población, a 40 km de su trabajo, sin que en ruta por la cual circulaba cada día, existiera una sola vivienda, de esta forma estaban garantizados los servicios municipales para ambas poblaciones.

Hoy existen desarrollos habitacionales nuevos, que se encuentran mas allá de los límites de la ciudad, es decir, ya es necesario pasar por una caseta de autopista y aun así seguir adelante, esto acarrea incremento en la contaminación en la zona metropolitana en todos los sentidos, además de invertir millones de horas-hombre en el transporte de un lugar a otro.

De haber tenido un control en el crecimiento de la ciudad y establecer un punto límite del mismo, por ejemplo para la zona norte, el municipio de Tlalnepantla, se tendría un Municipio de Cuautitlan Izacalli ordenado, limpio y de fácil acceso, evitando tanto conflicto para llegar al D.F., y sin embargo, sigue creciendo la ciudad, al grado que ha llegado ya a Tepotzotlan y Huehuetoca y de igual forma todos los alrededores de la zona metropolitana presentan el mismo problema, esto nos acarrea problemas de servicios como son:

- Suministro de agua potable.
- Suministro de energía eléctrica,
- Vías de comunicación fluidas y de fácil acceso,
- Contaminación ambiental, etcetera.

Es urgente tomar este tema y limitar perfectamente a la zona metropolitana para que con un programa de desarrollo urbano actualizado y real se pueda normatizar todo lo que se encuentre construido y/o instalado dentro de este territorio y respetar las leyes para buscar una vida con calidad.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chiñas de la Torre Miguel, Cálculo Estructural, México 1990, 1ra edición 1990, 294 páginas.
2. Church Urquhart Leonard. Civil Engineering Handbook. First edition. Editorial McGraw Hill, 1934.
3. Gaspar de la Garza, Manuel, Materiales y Construcción, México 1991, Editorial Trillas, 118 páginas.
4. González Cuevas Oscar, Análisis Estructural, México 1995, Edti. Limusa, Nonega Editores, 583 páginas.
5. Introducción a las Telecomunicaciones Modernas. Herrera, 2da edición. Nonega Editores, 2000.
6. Juárez Badillo Eulalio y Rico Rodríguez Alfonso, Mecánica de suelos tomo I. 3era edición. Editorial Limusa, 1999.
7. Juárez Badillo Eulalio y Rico Rodríguez Alfonso, Mecánica de Suelos, Tomo II. 3era edición. Editorial Limusa, 1999.
8. Lizárraga Gaudry Ignacio, Estructuras Isostáticas. Editorial McGraw Hill, 1990.
9. Meli Piralla Roberto. Diseño Estructural. 2da Edición. Editorial Limusa, 2001.
10. Montañó Sánchez Francisco Arturo, Construcción y venta de Inmuebles, Edit. Trillas México 1991, 256 páginas.
11. Pérez Lamas Carlos, Valoración Inmobiliaria, México 1997, Ediciones UPC, 217 páginas.
12. Suárez Salazar Carlos, Costo y Tiempo en edificación. 3era edición. Editorial Limusa.
13. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, y todas sus Normas Técnicas Complementarias vigentes.
14. Reglamento del ACI, edición 1995.

---

Revistas.

1. *Gaceta ecológica*, INE-SEMARNAP, Número (XXX). México. (AÑO).
2. *Ley General del equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. SEMARNAP, PROFEPA, Comunicación Meridiana, México 1997, p244.
3. *Manual de exploración geotécnica*. Secretaría General de Obras del departamento del Distrito Federal. Edit. SGODDF, México, D.F. 1988, p93.
4. *Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de electricidad*, edición 1993.
5. *Mecánica de Suelos. Instructivo para ensayos de suelos*. Comisión Nacional del Agua. Colección brevarios del agua, serie educativa. Edit. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), México 1990, p.413.
6. *Mecánica de suelos. Instructivo para ensayos de suelos*. Comisión Nacional del Agua. Colección brevarios del agua, serie educativa. Edit. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), México 1990, p. 413.

---

“APENDICE”



---

# PRINCIPIOS BÁSICOS DE ELECTROMAGNETISMO

## PRELIMINARES

El conocimiento de las acciones magnéticas se remonta a la antigüedad griega, pues ya entonces se había observado la acción de la magnetita o piedra imán sobre el hierro. Pero el estudio fundamentado del magnetismo y sus leyes tienen su inicio en el siglo XIX. El físico danés Oersted comprobó la interacción entre la corriente eléctrica y una aguja imantada, lo que indicaba que los efectos de imanes y corrientes eléctricas eran similares.

Algunos años más tarde, Faraday consiguió generar una corriente eléctrica en una espira variando la intensidad de corriente en un circuito próximo. Ambos resultados se deben a fuerzas originadas por la carga eléctrica en movimiento. Estas fuerzas no son las electrostáticas, sino que tienen un carácter diferente (magnético), atribuible sin duda al movimiento de la carga eléctrica.

## EL CAMPO MAGNÉTICO

Suponiendo que las acciones entre imanes y/o corrientes originan un campo de fuerzas, de modo que cualquier imán o corriente eléctrica modifica el espacio que les rodea creando lo que en adelante llamaremos Campo magnético. Su aplicación a nuestro caso concreto nos permite establecer la siguiente definición:

«CAMPO MAGNETICO es la zona espacial en la cual se manifiestan fenómenos de atracción o repulsión magnética»

¿Cuál es la magnitud que representa este nuevo campo de fuerzas?. Si tomamos una aguja imantada o una brújula y la introducimos en el seno de un campo magnético, una vez alcanzado el equilibrio, la dirección que marca es la del llamado vector inducción magnética,  $\vec{B}$ , es decir la SN ( Sur-Norte) tal como se muestra en la Fig 1.8. En ella se han reflejado las llamadas líneas de fuerza del campo magnético que son líneas cerradas que salen de la cara NORTE del imán y entran en su cara SUR.

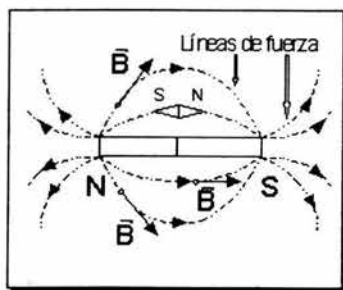


Fig 1.8

El vector inducción  $\vec{B}$  es tangente a ellas en todos sus puntos. Mediante una aguja imantada podremos aproximarnos a la forma de las líneas de fuerza de un determinado

campo magnético y establecer adecuadamente su sentido. Particularmente nos interesan los llamados campos magnéticos uniformes, definidos como aquellos en los que el vector inducción  $\vec{B}$  «tiene igual valor, dirección y sentido en todos los puntos del mismo».

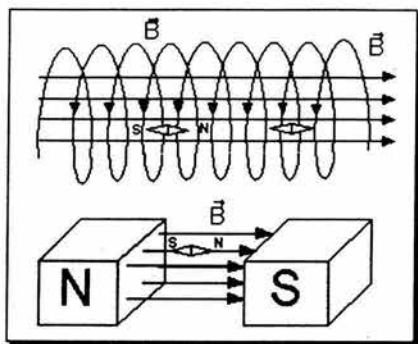


Fig 2.8

Campos magnéticos uniformes son los existentes en el interior de un largo solenoide (Bobina) o el producido entre las caras N-S de un imán tipo herradura (Fig 2.8). A lo largo del desarrollo del documento, este tipo de campos, como puede observarse están representados por líneas de fuerza equidistantes y paralelas.

### 1.-Fuerza del campo magnético sobre una carga móvil.

Cuando una carga eléctrica  $+q$  penetra en un campo magnético de inducción  $\vec{B}$  con velocidad  $\vec{v}$  experimentalmente se comprueba que dicha carga queda sometida a una fuerza que viene dada por la expresión:

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

(1)

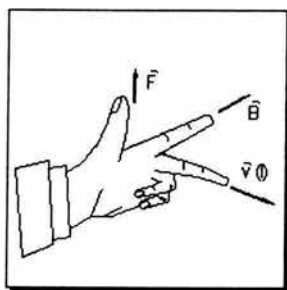


Fig 3.8

Obsérvese que la dirección y sentido de la fuerza es la del producto vectorial de los vectores  $\vec{v}$  y  $\vec{B}$ . La regla de la mano izquierda (Fig 3.8) proporciona la dirección de la fuerza. Si la carga es negativa, la fuerza invierte su sentido. En el caso que la carga se encuentre en reposo, la fuerza ejercida por el campo magnético sobre ella es nula, como se desprende de la fórmula (1).

Es importante señalar que al actuar la fuerza sobre la carga móvil, esta se desvía de su trayectoria. Mientras permanece en el interior del campo magnético, suponiendo que las direcciones de la velocidad y del campo son perpendiculares entre sí, el movimiento de la carga es circular uniforme. En efecto, si aplicamos la 2ª Ley de la Dinámica al movimiento de la misma tendremos:

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}_c ; q \cdot v \cdot B = m \frac{v^2}{R} \rightarrow R = \frac{mv}{qB} \quad (2)$$

donde  $R$  es el radio de curvatura de la trayectoria descrita por la carga. En la expresión anterior se han utilizado los módulos de las magnitudes vectoriales presentes en la fórmula (1).

### 2.-Fuerza del campo magnético sobre un conductor. Ley de Laplace.

Cuando un conductor de longitud  $l$  que transporta una corriente de intensidad  $I$  se introduce en un campo magnético, este ejerce sobre él una fuerza cuyo valor puede obtenerse de la expresión (1). En efecto, puesto que el conductor transporta carga eléctrica móvil, cada una de ellas estará sometida a una fuerza dada por la citada fórmula (1).

Bastará expresar la carga  $q$  en función de la intensidad  $I$  que circula por el conductor y sustituir en (1),  $I = \frac{q}{t}$  ;  $q = I \cdot t$  teniendo en cuenta que  $\vec{v} \cdot t = \vec{l}$  El resultado es:

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) \rightarrow \vec{F} = I \cdot t \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) \rightarrow \vec{F} = I \cdot (\vec{l} \times \vec{B}) \quad (3)$$

Observar que la dirección y sentido de la fuerza es la del producto vectorial de los vectores  $\vec{l}$  y  $\vec{B}$ . La regla de la mano izquierda (Fig 3.8) proporciona la dirección de la fuerza sin más que cambiar el vector  $\vec{v}$  por  $\vec{l}$ . La dirección y sentido de este último es la del sentido convencional de la corriente que circula por el conductor. La expresión (3) en su forma escalar nos permite establecer la unidad S.I de la inducción magnética  $\vec{B}$ . En efecto, despejando  $B$  tendremos:

$$B = \frac{F}{Il} = \frac{N}{A \cdot m} = 1 \text{ Tesla (T)} = 10^4 \text{ Gauss}$$

### 3.-Flujo del vector inducción a través de una superficie.

Hemos visto en las secciones anteriores que un campo magnético se representa mediante líneas de fuerza. De igual forma hemos visto la definición del concepto de flujo de un vector a través de una superficie de forma genérica. En nuestro caso, el flujo del vector inducción a través de una superficie es:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} \quad \text{o} \quad d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (4)$$

La segunda expresión se utilizará en el caso de una superficie elemental.

En ambos casos, el flujo del vector inducción puede definirse como « El conjunto de líneas de campo que atraviesan una superficie » La unidad S.I de flujo magnético es el Weber (Wb)

que está relacionado con la unidad de inducción magnética así:  $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2$   
 Puesto que el flujo del vector inducción está definido como el producto escalar de los vectores  $\vec{B}$  y  $\vec{S}$  depende de ambos y del ángulo que forman entre sí. Debe recordarse que el vector  $\vec{S}$  es normal (perpendicular) a la superficie que representa.

#### 4.-Campo creado por un elemento de carga y de corriente.

Cuando una carga eléctrica  $+q$  se mueve con velocidad  $\vec{v}$ , en sus alrededores se origina un campo magnético. Sea  $P$  un punto cuyo vector de posición respecto de la carga en un instante dado es  $\vec{r}$ . El vector inducción en  $P$  es:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 q (\vec{v} \times \vec{r})}{4\pi r^3}$$

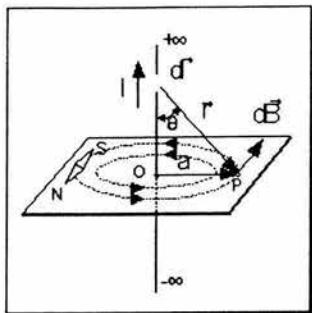
Si se trata de un elemento de carga  $+dq$  la expresión anterior toma la forma:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 dq (\vec{v} \times \vec{r})}{4\pi r^3} \quad (5)$$

En el caso de un elemento de corriente, basta sustituir  $dq = I \cdot dt$ , y teniendo en cuenta que  $\vec{v} \cdot dt = d\vec{l}$  resulta para la inducción magnética:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I (d\vec{l} \times \vec{r})}{4\pi r^3} \quad (6)$$

#### 5.-Campo creado por una corriente rectilínea indefinida.



La expresión (6) puede utilizarse para determinar el valor de la inducción magnética creada por un conductor rectilíneo indefinido en un punto  $P$  (Fig 4.8). Integrando entre los límites  $-\infty$  y  $+\infty$  resulta:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (7)$$

Fig 4.8

Observar que esta expresión corresponde al módulo del vector inducción en un punto  $P$  situado a una distancia  $a$  del conductor y perteneciente a un plano perpendicular al mismo.

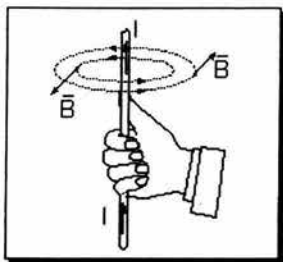


Fig 5.8

Su sentido es el que da la regla de la mano derecha cuando se coge el conductor de modo que el dedo pulgar de esa mano señale el sentido convencional de la corriente y el giro de los dedos restantes el sentido del vector inducción en cada punto (Fig 5.8). Tanto en esta figura como en la Fig 4.8 pueden observarse las líneas de fuerza del campo magnético y su sentido de giro. Señalar que la constante  $\mu_0$  se le conoce como permeabilidad magnética del vacío cuyo valor en el S.I es:

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \frac{Wb}{A.m}$$

### 6.-Campo creado por una corriente circular en el centro de la espira.

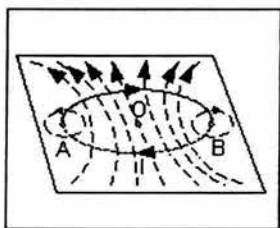


Fig 6.8

El campo magnético creado por un conductor cerrado sobre sí mismo (espira) tiene las líneas de fuerza en su interior, son perpendiculares al plano de la espira y cerradas sobre sí mismas (Fig 6.8).

De acuerdo con la regla de la mano derecha, para determinar el sentido del vector inducción, bastara tomar la espira en uno cualquiera de sus puntos con el dedo pulgar señalando el sentido de la corriente y verificar el giro de los restantes dedos de la mano. Ese será el sentido del vector inducción. Puesto que una corriente eléctrica se comporta de forma similar a un imán, vamos a ver como pueden determinarse sus polos magnéticos para el caso de una espira, solenoide, etc. Como regla general puede establecerse que en toda espiral, si la corriente que la recorre tiene sentido antihorario cuando se la observa frontalmente, esa cara es NORTE, en tanto si el sentido de circulación es horario, la cara que presenta es SUR. La Fig 7.8 aclara lo expuesto.



Fig 7.8

Nuestro objetivo va un poco más lejos, pues queremos determinar el valor del módulo del vector inducción en el centro de la espira. De la fórmula (6), teniendo en cuenta que los vectores  $d\vec{l}$  y  $\vec{r}$  son perpendiculares en todo punto de la espira y que el radio de la misma es  $R$ , puede escribirse:

$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi R^2} ; B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int dl$$

que integrada a lo largo del perímetro de la circunferencia resulta:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \quad (8)$$

Si se trata de una bobina de  $N$  espiras muy próximas entre sí de radio medio  $R$ , la inducción magnética en su centro es:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} \quad (9)$$

Puede extenderse esta expresión para el cálculo de la inducción magnética en puntos del eje de simetría de un solenoide (bobina) de gran longitud ( $l \gg R$ ). Si está formado por  $N$  espiras, su longitud es  $l$  y su radio  $R$ , verificándose entre estos dos últimos la anterior condición, resulta:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} \quad (10)$$

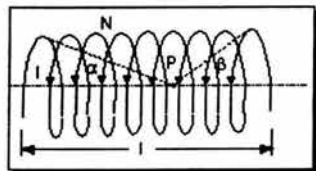


Fig 8.8

Para un solenoide que no cumpla lo anteriormente establecido ( $l \gg R$ ), el valor de la inducción para un punto  $P$  de su eje e interior a él (Fig 8.8) es:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2l} (\cos \alpha + \cos \beta) \quad (11)$$

expresión que coincide con la (10) si  $\alpha = \beta = 0$ . (Solenoides de gran longitud).

### 7.-Teorema de Ampere.

Para el campo magnético existe un Teorema análogo al de Gauss que relaciona entre sí el campo magnético con las corrientes eléctricas que lo producen.

Si el campo está originado por una serie de corrientes, la expresión del Teorema de Ampere es:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^n I_i \quad (12)$$

Observar que la integral se extiende a una línea cerrada que debe incluir a todas las corrientes interiores a ella. Por simplicidad se tomarán líneas cerradas conocidas

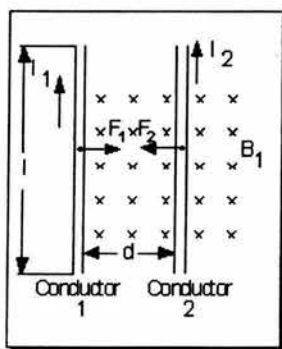
(circunferencias por ejemplo), pero es perfectamente válida cualquier otra línea con tal que se cierre sobre sí misma.

Como aplicación de este Teorema vamos a calcular la inducción magnética en el interior de un toroide o solenoide cerrado, puesto que allí esta magnitud tiene un valor constante. Tomaremos como línea cerrada una circunferencia de radio  $R$  que pasa por el centro de las  $N$  espiras. Según esto:

$$\int_{2\pi R} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^N I_i \quad ; \quad B \cdot 2\pi R = \mu_0 NI \rightarrow B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R}$$

### 8.-Acción entre dos corrientes paralelas e indefinidas.

Cuando dos conductores infinitamente largos por los que circula corriente se sitúan paralelamente entre sí, cada uno de ellos está sumergido en el campo magnético creado por el otro. De acuerdo con la fórmula (3) del § 2, la fuerza que actúa sobre uno de los conductores debido al campo magnético que crea el otro será:



$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

La Fig 9.8 muestra como el conductor 2 está sumergido en el campo magnético creado por el conductor 1 paralelo a él, que de acuerdo con la regla de la mano derecha será perpendicular al plano del papel y entrante (Aspa). Recíprocamente, el conductor 1 está sumergido en el campo magnético perpendicular al plano de la figura y saliente -no representado- creado por el conductor 2. La inducción magnética en la posición del conductor 2 (Ver expresión (7)) es:

Fig 9.8

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

y la fuerza ejercida por el campo magnético sobre ese conductor es entonces:

$$F_2 = I_2 l B_1 \quad ; \quad F_2 = I_2 l \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \rightarrow F_2 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

que coincide en valor de la fuerza que el conductor 2 ejerce sobre el anterior, es decir:

$$F_1 = I_1 l B_2 \quad ; \quad F_1 = I_1 l \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d} \rightarrow F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

---

En definitiva, el módulo de la fuerza entre ambos conductores puede escribirse así:

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2 \pi d} \quad (13)$$

y esta fuerza será atractiva si ambas intensidades son del mismo sentido y repulsiva si son de sentido contrario. La fórmula (13) suele escribirse como fuerza por unidad de longitud:

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2 \pi d} \quad (14)$$

Esta última expresión permite definir la unidad S.I de intensidad de corriente:

« Amperio es la intensidad de corriente que transportada en el mismo sentido por dos hilos paralelos e indefinidos separados  $d=1$  m en el vacío origina entre ellos una fuerza  $F=2 \cdot 10^{-7}$  Newton por metro de longitud »

---

## FENÓMENOS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

El estudio de la inducción electromagnética tiene su origen en los experimentos de Faraday en los que consigue generar una corriente eléctrica en un circuito haciendo variar la intensidad que circulaba en un segundo circuito cercano al anterior. ¿Cuál es la causa de esta corriente en un circuito en el que no existen generadores?. La razón radica en la variación del flujo magnético con el tiempo que atraviesa el segundo circuito, o equivalentemente, el aumento o disminución de líneas de fuerza con el tiempo que pasan a través de él. La corriente que se establece es llamada corriente inducida, el circuito en el que se produce inducido mientras el primero de ellos se le llama inductor.

### 9.-F.e.m inducida.Ley de Faraday-Henry.

La expresión (4), Pág. 5 definía el flujo del vector inducción a través de una superficie como:  $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cos(\vec{B}, \vec{S})$  y su variación con el tiempo, responsable de la generación de corrientes inducidas, puede deberse a tres factores:

- Que varíe la inducción  $\vec{B}$  (Campos dependientes del tiempo).
- Que varíe la superficie  $\vec{S}$  (Deformaciones o aumento/disminución de la superficie atravesada por el campo magnético).
- Que varíe el ángulo entre  $\vec{B}$  y  $\vec{S}$ .



---

De acuerdo con lo anterior, la expresión que permite el cálculo de la fuerza electromotriz inducida (f.e.m) ,  $\mathcal{E}$  conocida como Ley de Faraday-Henry es:

$$\mathcal{E}(t) = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (15)$$

que se medirá en VOLTIOS (V) si el flujo se expresa en Weber y el tiempo en segundos. Si el circuito en que se produce la f.e.m tiene  $N$  espiras la expresión (15) toma la forma:

$$\mathcal{E}(t) = -N\frac{d\Phi}{dt} \quad (16)$$

### 10.-Ley de Lenz.

La Ley de Faraday-Henry permite sin duda el cálculo del valor numérico de la f.e.m inducida, pero no indica el sentido de las intensidades que produce. Lenz estableció un procedimiento que permite determinar dicho sentido. El enunciado, conocido como Ley de Lenz, es:

« El sentido de la corriente inducida en un circuito es tal que crea un campo magnético cuyo flujo se opone a la variación del flujo inductor »

Conviene tener presente todo lo dicho en la Pág. 7 acerca de las caras magnéticas de una espira según sea el sentido de circulación de corriente en la misma. Así, si acercamos la cara NORTE de un imán a una espira, el número de líneas de fuerza entrantes en ella tiende a aumentar, luego, según la Ley de Lenz, la corriente inducida debe crear un campo magnético saliente que se oponga al aumento de líneas entrantes. Si el campo magnético es saliente, la espira presentará una cara NORTE y por tanto, la intensidad inducida circulará en sentido antihorario (Ver Fig. 7.8).

### 11.-Inducción mutua.

En la sección anterior se ha visto que la f.e.m inducida en un circuito es debida a la variación temporal del flujo magnético que lo atraviesa. Si esta variación es producida por una corriente variable próxima, nos interesa expresar la f.e.m inducida en términos de esa corriente en lugar de utilizar la variación del flujo.

Sea entonces  $I$  una corriente variable que circula por un circuito. Si llamamos  $\Phi$  al flujo - también variable- debido a  $I$  que atraviesa un segundo circuito de  $N$  espiras próximo al anterior y en el cual se genera una f.e.m inducida, el cociente entre  $\Phi$  e  $I$  se conoce como Coeficiente de inducción mutua, que en adelante representaremos por  $M$ :

$$M = \frac{N\Phi}{I} \quad (17)$$

Si el circuito inducido tiene una sola espira en la fórmula anterior  $N=1$ .

---

## 12.-Autoinducción.

En todo lo expuesto en las secciones anteriores las f.e.m inducidas en un circuito tenían su origen en la variación temporal del flujo magnético que lo atravesaba y este flujo era debido siempre a una causa exterior. Pero ¿qué ocurre si la variación de flujo que atraviesa un circuito es debida al propio circuito?. Indudablemente la f.e.m inducida ya no tiene una causa externa, sino propiamente interna. A este fenómeno se le conoce como autoinducción.

Supongamos que nuestro circuito tiene  $N$  espiras. Si como hemos dicho el flujo que lo atraviesa es función únicamente de su propia intensidad, podemos escribir:

$$\Phi = KI \quad (18)$$

donde la constante  $K$  depende de las características geométricas del circuito. De acuerdo con la expresión (16), la f.e.m autoinducida será:

$$\varepsilon(t) = -N \frac{d\Phi}{dt} = -NK \frac{dI}{dt}$$

$$\varepsilon(t) = -L \frac{dI}{dt} \quad (19)$$

Si hacemos  $NK=L$  la fórmula anterior se escribe:

El factor constante  $L$  es el coeficiente de autoinducción y su unidad S.I es el Henry (H).

Puede definirse como « el coeficiente de autoinducción de un circuito en el que al variar la corriente a razón de 1 Amperio por segundo se induce la f.e.m de 1 Voltio ».

El sentido de la f.e.m autoinducida puede establecerse aplicando la Ley de Lenz en términos similares a los descritos en la sección anterior, Pág. 10.

Multiplicando los dos miembros de la fórmula (18) por  $N$  y teniendo en cuenta que  $NK=L$  resulta:

$$L = \frac{N\Phi}{I} \quad (20)$$

Expresión que permite el cálculo del coeficiente de autoinducción. ¿Qué elemento instalado en un circuito puede producir fenómenos de autoinducción?. Un simple solenoide o bobina descrito en la sección anterior, Págs. 7-8 es idóneo para este cometido. Su coeficiente de autoinducción  $L$  puede determinarse a partir de la expresión (20), teniendo en cuenta que el flujo que atraviesa sus  $N$  espiras es  $\Phi = BS$  y que la inducción magnética en su interior viene dada por la fórmula (10). El flujo es entonces  $\Phi = \mu_o \frac{NIS}{L}$  y el coeficiente  $L$ :

$$L = \frac{N\Phi}{I} = \mu_0 \frac{N^2}{l} S \quad (21)$$

Observar que este coeficiente depende únicamente del número de espiras  $N$  de la bobina, de su sección  $S$ , de su longitud  $l$  y del material que forme su núcleo  $\mu_0$ , es decir, de características puramente geométricas a excepción de la última enumerada.

### 13.-Producción de f.e.m inducida.

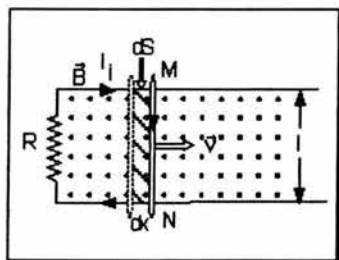


Fig 10.8

El dispositivo mostrado en la Fig 10.8 consta de un conductor en forma de U y resistencia  $R$ , sumergido en un campo magnético uniforme, perpendicular al plano del dibujo y saliente y una barra conductora  $MN$  en contacto con él. Al mover la barra hacia la derecha, el flujo que atraviesa la superficie del circuito formado aumenta con el tiempo. La variación de flujo al avanzar la barra un elemento de longitud  $dx$  puede escribirse así:  $d\Phi = B dS = B l dx = B l v dt$

La Ley de Faraday-Henry proporciona la f.e.m inducida:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{B l v dt}{dt} = - B l v$$

Para determinar el sentido de la corriente basta aplicar la Ley de Lenz: Al avanzar la barra hacia la derecha, el número de líneas de fuerza salientes aumenta por lo que la corriente inducida debe originar un campo magnético que contrarreste ese aumento de líneas salientes, es decir, que genere líneas de fuerza entrantes. Si las líneas de fuerza entran en la espira, esta debe presentar una cara SUR y la corriente inducida tendrá sentido horario (Ver Fig 10.8). Si la barra se mueve en sentido contrario el efecto es similar, salvo que la corriente inducida tiene ahora sentido antihorario. En ambos casos, la Ley de Ohm nos proporciona su valor:  $I = \frac{\varepsilon}{R} = - \frac{B l v}{R}$

---

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA,  
NOM081SCT1993  
PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN.  
REFERENTE A SISTEMAS DE RADIOFONÍA MÓVIL CON TECNOLOGÍA CELULAR QUE  
OPERAN EN LA BANDA DE LOS 800 MHz.

---

La norma es un documento elaborado por la SCT y en colaboración con las empresas que a continuación de enlistan:

- Asociación Mexicana de radiotelefonía celular, A.C. (Baja Celular Mexicana, S.A. de C.V. Movitel del Noreste, S.A. de C.V., Telefonía Celular del Norte, S.A. de C.V. Celular de Telefonía, S.A. de C.V. Comunicaciones Celulares de Occidente, S.A. de C.V. Sistemas Telefónicos Portátiles Celulares, S.A. de C.V. Telecomunicaciones del Golfo, S.A. de C.V. Portatel del Sureste, S.A. de C.V. Y Servicio Organizado Secretanal, S.A. de C.V., Hoy en día, la mayoría de estas empresas fueron compradas por Telefónica Movistar S.A. de C.V.).
- Radiomóvil Dipsa, S.A. de C.V. (Telcel).
- Teléfonos de México, S.A. de C.V.
- Teleindustria Ericsson, S.A. de C.V.
- Motorola Norte y Comunicaciones, S.A. de C.V.
- NEC de México, S.A. de C.V.

Con fecha posterior surgieron nuevas empresas de telecomunicaciones en nuestro país que participaron en modificaciones y actualizaciones posteriores de la norma, estas empresas son:

- Iusacell, S.A. de C.V.
- Nextel de México, S.A. de C.V.
- Axtel de México, S.A. de C.V.

La finalidad de la norma es establecer las reglas de carácter general que deben seguir los sistemas de radiofonía móvil, con tecnología celular que explotaran bandas de frecuencia controladas por el gobierno, en este caso la banda de los 800 MHz, para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de transmisión y recepción, tanto fijos como móviles necesarios para proporcionar este servicio.

El documento que se comenta en este anexo, contiene los requerimientos técnicos mínimos para estandarizar la compatibilidad de los sistemas de radiofonía móvil, con tecnología celular. Estos requerimientos no incluyen aspectos de calidad y confiabilidad de este servicio ni cubre el desempeño de los equipos ni procedimientos de medición.

Para garantizar la compatibilidad, es esencial que se especifiquen tanto los parámetros de los sistemas de radio así como el procedimiento para el proceso de las llamadas. Para definir los fundamentos para; operación de los sistemas celulares, se deben actualizar los parámetros comúnmente usados en los sistemas de radio bidireccionales, tales como filtros de voz, modulación, emisiones de RF, etc. En este documento se ha especificado la secuencia de los pasos que deberán ejecutar las estaciones móviles 351 como las bases, para el establecimiento de las llamadas, mediante el empleo de mensajes

---

de control digitales y señales analógicas que serán intercambiadas entre las dos estaciones

La estación base está sujeta a menos requerimientos de compatibilidad que las estaciones móviles. Los niveles de potencia radiada tanto las deseadas como las no deseadas están plenamente especificadas para las estaciones móviles y de esta manera controlar las interferencias de RF que una estación móvil puede causar a otra. La estación base está localizada en un punto fijo, por lo que sus interferencias son controladas con su ubicación y parámetros de operación definidos en el sistema en el cual opera. Han sido especificados con detalle los procedimientos del procesamiento de las llamadas en las estaciones móviles para asegurar una respuesta uniforme en todas las estaciones base. Los procedimientos de llamada en las estaciones base como niveles de potencia, no han sido especificados en detalle ya que estos datos son parte del diseño de un sistema en particular. De esta manera se proporciona mayor flexibilidad en el diseño del sistema celular para responder a las necesidades del servicio en función de la topografía del terreno y de las condiciones de propagación del lugar a cubrir.

Dado que la tecnología celular ha sido de reciente creación aún existen mejoras que pueden surgir de las experiencias que se tengan en los sistemas comerciales por lo que estas normas no son una limitación a la evolución natural de este servicio, por lo tanto será posible agregar modificaciones tanto en el área de procesamiento de la llamada así como en el de nuevas características del sistema. Es importante que cualquier cambio pueda incluirse fácilmente en esta norma, por este motivo, los requerimientos técnicos contenidos en la norma, se han dividido en seis secciones principales. Una modificación en la compatibilidad entre la estación base y la estación móvil. Cualquier otra sección dentro de la norma podrá modificarse sin alterar los fundamentos básicos de compatibilidad.

En estas seis secciones de la norma se mencionan todos los puntos necesarios para el desarrollo, especificaciones, uso, etcétera, de la frecuencia de 800 MHz.

Las secciones están divididas en:

1. Estación Móvil.
2. Estación Base.
3. Opciones requeridas para la estación móvil.
4. Requerimientos para la estación base.
5. Reseña de cambios.
6. Operación del sistema celular, modo dual.

#### COMENTARIOS SOBRE LA SECCION TECNICA.

1. Estación Móvil.
  - Esta sección contiene la información básica de las necesidades de compatibilidad de señalización de la estación móvil, para tener la capacidad de enlazarse con la estación base.

---

2. Estación Base.

- Esta sección contiene los requerimientos básicos de la señalización de compatibilidad de la estación base y está organizada en forma similar a la sección anterior.

3. Opciones requeridas para la Estación Móvil.

- En esta sección se establecen los requerimientos para el uso de funciones especiales y características de las estaciones móviles. Como se ha cuidado que las modificaciones futuras no afecten los conceptos de compatibilidad básicos, es conveniente que los futuros cambios sean avalados por una comisión calificadora para garantizar que se cumplan y se definan estrictamente los protocolos de mensaje extendidos, las recomendaciones de la codificación de la nueva facilidad, etc. Los requerimientos en esta sección no afectan las características básicas de operación de las estaciones móviles, tampoco afecta la habilidad de la estación móvil para comunicarse con la estación base cuando se introduce una nueva facilidad.

4. Requerimientos para la Estación Base.

- En esta sección se establecen los requerimientos para el uso de funciones especiales y características de las estaciones base. Esta sección está organizada con la misma secuencia que las anteriores, de esta manera el lector podrá revisar los cambios en ambas estaciones refinándose a los párrafos correspondientes a REQUERIMIENTOS PARA LA ESTACION BASE Y RESEÑA DE CAMBIOS. En forma similar a los requerimientos de las opciones para las estaciones móviles, esta sección define los cambios que se requieren estrictamente para garantizar el reconocimiento y el empleo de tales factores como bits reserva, protocolos de mensajes extendidos, etc. Los requerimientos en esta sección no afectan la operación de las estaciones móviles existentes ni su habilidad para comunicarse con las estaciones base que han incorporado a las nuevas opciones.

5. Reseña de Cambios.

- Esta sección contiene la información de todos los cambios que se han hecho en este documento desde el inicio de la operación de los primeros sistemas celulares.

6. Operación del Sistema Celular en forma Dual.

- Esta sección presenta un resumen del documento 1554 EIA TíA en el que se describe la operación de las unidades móviles en forma dual, es decir para que puedan operar en forma analógica o digital.

CAMPO DE APLICACION

Las presentes normas se aplican solamente a los sistemas de radiotelefonía móvil con tecnología celular que operan en la banda de los 800 MHz; considerando la operación en forma analógica así como la digital.

---

## GLOSARIO

1. **APELACIÓN:** Pedir a un juez o tribunal superior que provoque la sentencia del inferior.
2. **AREA DE INFLUENCIA:** Superficie determinada en la cual se realiza o se cubre una acción.
3. **ASIDUIDAD:** Frecuencia, puntualidad, una aplicación constante.
4. **AUTONOMASIA:** Relativo a la autonomía.
5. **BITS OCUPADO DESOCUPADO:** Porción de la trama de datos transmitida por una estación base en un caña de control hacia delante que es utilizado para indicar el estado ocupado desocupado del correspondiente canal de control hacia atrás.
6. **BOMBEO DE ACHIQUE:** El acto de extraer agua de una excavación realizada en la construcción para trabajar en seco.
7. **CABLE COAXIAL:** Hilo metálico para la conducción de la telefonía subterránea o submanna; el construido por dos conductores concéntricos separados por una sustancia dieléctrica.
8. **CANAL DE ACCESO:** Canal de control usado por una estación móvil para obtener servicio dentro del sistema.
9. **CANAL DE CONTROL HACIA ADELANTE (FORWARD CONTROL CHANNEL FOCC):** Canal de control usado desde una estación base a una estación móvil.
10. **CANAL DE CONTROL:** Canal utilizado para la transmisión de información de control digital desde una estación base a una estación móvil y viceversa.
11. **CANAL DE VOZ HACIA DELANTE:** Canal de voz utilizado desde una estación base a una estación móvil.
12. **CARTOGRAFIA:** Arte de trazar mapas geográficos sobre una persona o sobre otra cosa.
13. **CAVIDAD ZONAL:** Espacio hueco dentro de un cuerpo en una zona determinada.
14. **CLASES DE ESTACIONES MOVILES:** Clase I Estación de alta potencia, Clase II Estación de potencia media, Clase III Estación de baja potencia.
15. **CODIGO DE COLOR ANALÓGICO:** Señal analógica (ver SAT) transmitida por una estación base en un canal de voz utilizado para detectar la captura de una estación móvil por una estación base y/o la captura de una estación base por una estación móvil.
16. **CODIGO DE COLOR DIGITAL:** Señal digital transmitida por una estación base en un canal de control hacia adelante que es usado para detectar la captura de una estación base por una estación móvil.
17. **CONMUTACIÓN:** prestaciones reales en el momento de celebrarse el contrato
18. **EDÁFICA:** Perteneciente o relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a la vegetación, (plantas).
19. **ENCHAPADOS:** Recubrimiento que recibe una superficie para protegerla de intemperismo causado por estar expuesto a cambios de temperatura continuos.
20. **ENDEMISMOS:** Enfermedades que reina habitualmente en épocas fijas, en lo que respecta a la vegetación (plantas).
21. **ESTACION BASE:** Es el equipo de transmisión instalado, que está constituido por varios canales de radio (TxRx) que sirven para la comunicación con los abonados móviles hacia y desde la Red Pública Telefónica.
22. **ESTACION MOVIL LOCAL:** Es un teléfono celular que opera en el sistema al cual está suscrito.

- 
23. ESTACION MOVIL: Es el teléfono celular diseñado para ser usado por los abonados de este servicio, existen diferentes unidades de mano personales, así como también unidades instaladas en vehículos.
  24. ESTRATIGRAFIA: Parte de la geología que estudia las rocas estratificadas, (formación de estratos o capas de forma natural).
  25. FIBRA OPTICA: Nombre de los filamentos delgados, que a través de la luz transmiten información por ondas eléctricas.
  26. GEOLOGIA: Ciencia que tiene por objeto el estudio de las materias que componen el globo terrestre, su naturaleza, su situación y las causas que lo han determinado.
  27. IDENTIFICACION DE GRUPO: Subgrupo de los bits más significativos de un sistema de identificación (SID) que se utiliza para identificar a un grupo de sistemas celulares.
  28. IMPEDANCIA: Relación entre la tensión alterna aplicada a un circuito y la intensidad de la corriente producida, se mide en ohmios.
  29. IMPLANTACIÓN: Fijación o inserción de un sistema.
  30. LUSTRO: Espacio de cinco años.
  31. MICROONDAS: Ondas electromagnéticas de menos de 1 cm de longitud.
  32. NUMERO DE IDENTIFICACION DEL MOVIL: Es un número de 34 bits el cual es la representación digital del número de directorio telefónico de 10 dígitos asignados a una estación móvil.
  33. OQUEDADES: Huecos.
  34. SATÉLITE: Astronave situada por un cohete en órbita elíptica alrededor de un planeta.
  35. SOLICITUD DE SERVICIO ADICIONAL: Mensaje enviado en un canal de voz desde una estación móvil a una estación base indicando que un usuario desea solicitar proceso especial.
  36. TELECOMUNICACIÓN: Conjunto de medios de comunicación a distancia; servicio que agrupa todas las transmisiones y todos los procedimientos de localización electrónica.
  37. TIMESLOT: Una frecuencia dividida en ocho espacios (lapsos) de tiempo.
  38. TRACTO SUCESIVO: Trato que determina la corresponsabilidad en un contrato de arrendamiento entre el arrendador y el arrendatario.
  39. TRANSFERENCIA DE CANAL: Se llama así al acto de transferir una estación móvil de un canal de voz a otro en forma automática para mantener un buen nivel de señal.
  40. TRANSRECIPIENTE: Palabra compuesta de los vocablos transmisor y receptor, aparato que efectúa la tarea de transmitir y recibir señal telefónica.
  41. UNIDIRECCIONAL: De una sola dirección.