



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela Mecánica Eléctrica**

**GUÍA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SITIO DE
COMUNICACIONES**

José Carlos De León García

Asesorado por el Ingeniero Manuel Fernando Barrera Pérez

Guatemala, julio de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SITIO DE
COMUNICACIONES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ CARLOS DE LEÓN GARCÍA

ASESORADO POR EL ING. MANUEL FERNANDO
BARRERA PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JULIO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

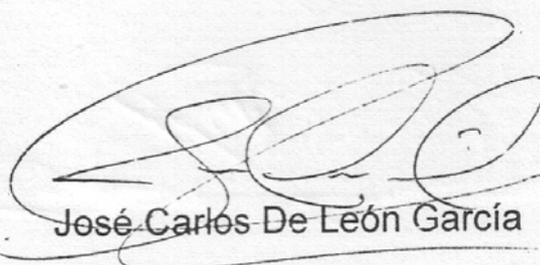
DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. José Luis Herrera Gálvez
EXAMINADOR	Ing. Edwin Alberto Solares Martínez
EXAMINADOR	Ing. Roberto Urdiales Contreras
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

GUÍA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SITIO DE COMUNICACIONES,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 15 de mayo de 2,007.



José Carlos De León García

Guatemala, 21 de mayo de 2008.

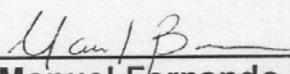
Ingeniero
Julio César Solares Peñate
Coordinador Área Electrónica
Escuela Mecánica Eléctrica

Estimado Coordinador:

Cumpliendo con lo resuelto por la dirección de escuela, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de tesis titulado **GUÍA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SITIO DE COMUNICACIONES**, presentado por el estudiante universitario **JOSÉ CARLOS DE LEÓN GARCÍA** con carné No. 8912747 y habiendo cumplido con los requisitos reglamentarios, consultando bibliografía adecuada e investigación de campo, siguiendo las recomendaciones de la asesoría.

Considero que el trabajo a cubierto el estudio planeado, habiendo proyectado soluciones de la ingeniería en el campo de la investigación, en tal virtud me permito recomendar su aprobación y solicitarle darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de Usted. Atentamente


Ingeniero Manuel Fernando Barrera Pérez
Asesor Colegiado No. 4731

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 26 de MAYO 2008.

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería USAC

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **GUIA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SITIO DE COMUNICACIONES**, del estudiante: José Carlos de León García, por considerar que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador Área de Electrónica



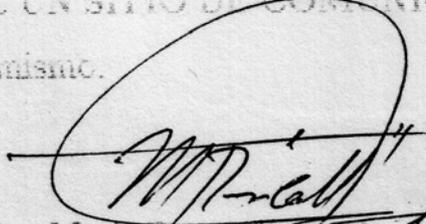
JCSP/sto

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: JOSÉ CARLOS DE LEÓN GARCÍA titulado: GUIA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SITIO DE COMUNICACIONES, procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Estrella Martínez
DIRECTOR



GUATEMALA, 29 DE MAYO 2008.

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por haberme dado la vida y una magnífica familia.
- LA VIRGEN MARÍA** Por acompañarme en mi vida.
- MIS PADRES** *José Salvador De León Posadas.*
María García Montenegro de De León.
Por haber guiado mi vida y apoyarme en todo momento.
- MI FAMILIA** *Ana María, Mario Aníbal, Rodrigo Andrés y Andrea Ximena*
- MI NOVIA** *Ana Lissette Aquino Hernández*
Por su amor y apoyo incondicional
- MIS ABUELOS** *José María De León Barrios †*
Ana Victoria Posadas †
Melchor García Dorta †
Albertina Montenegro †
- MIS TÍOS, PRIMOS Y DEMAS FAMILIA**
- MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**
- LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

AGRADECIMIENTOS:

AL ING. MANUEL FERNANDO BARRERA PÉREZ

AL ING. JULIO CESAR SOLARES PEÑATE

AL ING. MANUEL RAMÍREZ

A MIS COMPAÑEROS DE UNIVERSIDAD "EL GREMIO" (Héctor, Jackie, Luis Velásquez, Luis Fong, Iván, Vicente, Juan Eduardo, Edgar Carlos, Edgar Recinos, Giovani, Osman, Cesar)

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XXIX
OBJETIVOS.....	XXXI
INTRODUCCIÓN.....	XXXIII

1. SEGURIDAD EN UN SITIO DE COMUNICACIONES

1.1	Precauciones contra incendios.....	1
1.1.1	Entrenamiento y uso apropiado de equipo.....	2
1.1.2	Clasificación de incendios.....	2
1.1.3	Requerimientos mínimos.....	4
1.1.4	Estándares requeridos para extinguidores.....	5
1.1.5	Instalación de extinguidores.....	8
1.1.6	Inspección.....	9
1.1.7	Equipo para detección automática de incendios	10
1.1.8	Alarmas automáticas.....	10
1.2	Precauciones para protección de bancos de baterías.....	10
1.3	Precauciones antisísmicas.....	12
1.4	Precauciones generales que deben tomarse en cuenta....	13

2. ADQUISICIÓN DEL SITIO DE COMUNICACIONES

2.1	Responsabilidades del vendedor.....	21
2.1.1	Interfaz con el cliente.....	21
2.1.2	Equipos de trabajo.....	23
2.1.3	Calendario.....	23
2.1.4	Permisos.....	24
2.2	Responsabilidades del comprador.....	24
2.2.1	Carta de introducción.....	24
2.2.2	Derechos de ingreso.....	24
2.2.3	Otras consideraciones.....	25
2.2.4	Valoración de la propiedad.....	26
2.2.5	Emisión de títulos de propiedad.....	26
2.2.6	Financiamiento del proyecto.....	27
2.3	Proceso de selección de sitio.....	28
2.3.1	Entendimiento cliente / vendedor.....	29
2.3.2	Selección inicial del sitio.....	29
2.3.3	Selección preliminar del sitio.....	31
2.3.4	Selección final del sitio.....	31
2.3.5	Aseguramiento final del sitio.....	32
2.4	Eligiendo un sitio.....	32
2.4.1	Evaluación de sitios existentes.....	33
2.4.1.1	Evaluando sitios de RF desarrollados...	33
2.4.1.2	Evaluando sitios existentes no desarrollados.....	36
2.4.2	Evaluando nuevos sitios.....	38
2.4.2.1	Aspectos de construcción.....	38
2.4.2.2	Aspectos ambientales.....	42
2.4.2.3	Aspectos políticos.....	43

2.5	Equipo de campo.....	44
2.5.1	Vehículos.....	44
2.5.2	Manejo seguro.....	45
2.5.3	Organización.....	45
2.5.4	Carta informativa.....	45
2.5.5	Herramientas.....	46
2.5.6	Computadoras y programas.....	46
2.5.7	Equipo GPS.....	47
2.5.8	Equipo de comunicación.....	48
2.5.9	Mapas topográficos.....	48
3.	DISEÑO Y DESARROLLO DEL SITIO	
3.1	Planeamiento.....	51
3.1.1	Revisión de constructabilidad.....	51
3.1.2	Caminatas en el sitio.....	52
3.1.3	Planos para el desarrollo del sitio.....	53
3.1.4	Facilidades temporales.....	54
3.1.5	Energía eléctrica.....	55
3.1.6	Consideraciones geotécnicas.....	57
3.2	Medición de la resistividad del suelo.....	58
3.2.1	Medición de la resistividad del suelo.....	61
3.2.2	Método de Wenner.....	63
3.2.3	Método de Schlumberger.....	65
3.2.4	Perfil de resistividad.....	66
3.2.5	Datos de resistividad de suelos típicos.....	67

3.3	Diseño de fundiciones de concreto y consideraciones de instalación.....	68
3.3.1	Diseño e implementación de fundiciones.....	69
3.4	Descarga de casetas con equipo.....	72
3.5	Diseño de torres.....	73
3.6	Cargas de antenas.....	75
3.7	Construcción de torres.....	75
3.8	Cables de transmisión de la torre.....	76
3.8.1	Requerimientos para soportes de cables y protecciones para hielo.....	79
3.8.2	Seguridad para las torres.....	80
3.9	Registro de los planos del sitio.....	81

4. DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN SITIO DE COMUNICACIONES

4.1	Categorías de sitios.....	83
4.1.1	Sitios típicos.....	83
4.1.2	Tipos de sistemas de aterrizaje a tierra.....	84
4.1.3	Definiciones de los tipos de estructura para alojar equipos.....	85
4.2	Consideraciones de diseño y ubicación de estructuras y casetas.....	88
4.2.1	Consideraciones de diseño.....	88
4.3	Carga para el piso.....	90
4.4	Precauciones para pisos y cielos.....	91
4.4.1	Para cielos.....	92
4.4.2	Para pisos.....	92
4.5	Sellado a prueba de intemperie.....	94
4.5.1	Abertura para entrada de líneas de transmisión..	94

4.6	Calefacción, ventilación y aire acondicionado.....	96
4.6.1	Consideraciones del diseño del CVAA.....	97
4.6.1.1	Unidad de CVAA.....	99
4.6.1.2	Extractores.....	101
4.6.1.3	Bombas de calor.....	102
4.6.1.4	Termostatos.....	102
4.6.1.5	Alarmas de temperatura.....	103
4.6.1.6	Mantenimiento.....	103
4.7	Consideraciones especiales para centrales telefónicas y de conmutación.....	103
4.7.1	Prevención de daños por descargas electroatmosféricas.....	104
4.7.2	Protección para fuentes de alimentación.....	104
4.7.3	Diseño de oficinas centrales.....	105
4.8	Escalerillas para cables.....	105
4.8.1	Selección de escalerillas.....	106
4.8.2	Instalación de escalerillas.....	109
4.9	Iluminación.....	111
4.9.1	Especificaciones generales para iluminación de interiores.....	112
4.9.2	Calidad de la iluminación interior.....	112
4.9.3	Iluminación interior de emergencia.....	113
4.9.3	Iluminación exterior.....	113

5. PROTECCIONES ELÉCTRICAS

5.1	Tecnologías disponibles.....	115
5.1.1	Definición de los modos de supresión.....	118
5.2	Protección para fuentes de corriente alterna.....	119
5.2.1	Alimentación de corriente alterna.....	119

5.2.1.1	Tableros de alimentación.....	120
5.2.1.2	Circuitos exteriores.....	122
5.2.1.3	Protección para circuitos.....	122
5.2.1.4	Conductores.....	123
5.2.2	Requerimientos para equipos supresores de voltaje de CA.....	125
5.2.3	Dispositivos supresores de voltaje para circuitos de datos.....	125
5.2.4	Cables de fibra óptica.....	126
5.3	Protección para componentes de RF.....	127
5.4	Protección para receptores GPS.....	128
5.5	Protección para las luces de la torre.....	129
5.6	Protección para sitios con alimentación de baterías.....	129
5.7	Minimizando interferencias en el sitio.....	130
5.7.1	Recomendaciones para protección de interferencias.....	130
5.7.2	Requerimientos mínimos para protección de transmisores.....	132
5.7.3	Requerimientos mínimos para protección de receptores.....	133
5.7.4	Requerimientos ambientales para el sitio.....	133
6.	INSTALACIÓN DEL EQUIPO	
6.1	Preparación de las instalaciones.....	135
6.2	Consideraciones generales para diseño, áreas de trabajo y espaciamento.....	135
6.2.1	Requerimientos de espacio.....	136
6.3	Consideraciones antisísmicas.....	137
6.3.1	Recomendaciones generales.....	138

6.4	Instalación del equipo a nivel y en ángulos rectos.....	140
6.5	Anclaje del equipo.....	141
6.5.1	Montaje en pisos de concreto.....	141
6.5.1.1	Requerimientos generales.....	141
6.5.1.2	Anclaje antisísmico.....	142
6.5.1.3	Montaje con aislamiento.....	145
6.5.2	Montaje en pisos de madera o de fibra de vidrio.....	146
6.5.3	Anclaje del equipo en suelos falsos.....	147
6.5.3.1	Montaje aéreos y en pared.....	147
6.6	Instalación de equipo dentro de bastidores o gabinetes.	149
6.7	Cableado del equipo.....	149
6.7.1	Requisitos de cableado para el equipo en bastidores y gabinetes.....	150
6.7.1.1	Aseguramiento de cables dentro de gabinetes o bastidores.....	150
6.7.1.2	Guiando los cables dentro de gabinetes y bastidores.....	151
6.7.1.3	Protección de cables dentro de gabinetes y bastidores.....	152
6.7.1.4	Radio de curvatura de cables dentro de gabinetes y bastidores.....	152
6.7.1.5	Separación y agrupamiento de cables en gabinetes y bastidores.....	153
6.7.2	Requerimientos de cableado para escalerillas...	154
6.7.2.1	Instalación de cableado en las escalerillas.....	154
6.7.2.2	Separación y agrupamiento de cables en las escalerillas.....	155

6.7.2.3	Aseguramiento de los cables en las escaleras.....	156
6.7.3	Cableado de alimentación de corriente alterna...	157
6.7.4	Cableado de alimentación de corriente directa...	158
6.7.5	Cableado de control y datos.....	159
6.7.6	Cableado la red de computación.....	160
6.7.6.1	Tipo de cable.....	161
6.7.6.2	Conexión del hardware.....	161
6.7.6.3	Alambrado de cables y conectores...	162
6.7.6.4	Etiquetado.....	162
6.7.6.5	Probando el cableado de la red de conmutación.....	163
6.7.6.5.1	Mapeo del alambrado.....	164
6.7.6.5.2	Longitud.....	164
6.7.6.5.3	Atenuación.....	164
6.7.6.5.4	Pérdida por acoplamiento	164
6.7.7	Cableado de fibra óptica.....	165
6.7.8	Cableado de radiofrecuencia.....	168

7. VERIFICACIÓN DEL SITIO DE COMUNICACIONES

7.1	Puntos vulnerables que se deben tomar en cuenta para el desarrollo de un sitio.....	171
7.1.1	Investigar los requerimientos de la agencia de regulación del espacio aéreo.....	171
7.1.2	Investigar los planos de RF de la región y la coordinación de frecuencias.....	172
7.1.3	Investigar los requerimientos de cobertura del sistema.....	172

7.1.4	Preparar los perfiles de microondas en papel....	172
7.1.5	Preparar el listado de verificación para presentación.....	173
7.1.6	Preparar paquetes individuales del sitio.....	173
7.1.7	Conducir la visita inicial de campo.....	174
7.1.8	Revisión de estudios de sitios.....	174
7.1.9	Obtener acuerdos de compra para sitios privados.....	175
7.1.10	Obtener derechos de acceso.....	175
7.1.11	Gestionar el traspaso de propiedades entre dependencias.....	176
7.1.12	Selección de sitios preliminares.....	176
7.1.13	Gestionar la revisión del título.....	176
7.1.14	Transferir la autorización de la preconstrucción	177
7.1.15	Liberación del sitio para el trabajo de campo....	177
7.1.16	Gestionar el estudio de humedales.....	178
7.1.17	Gestionar un estudio ambiental.....	178
7.1.18	Gestionar un estudio topográfico.....	178
7.1.19	Gestionar un estudio limítrofe.....	179
7.1.20	Liberar el título de gravámenes.....	179
7.1.21	Sitios históricos.....	180
7.1.22	Solicitud de permisos con la entidad de regulación del espacio aéreo u otras entidades	180
7.1.23	Verifique el cumplimiento de las regulaciones locales.....	181
7.1.24	Realizar una verificación de campo de trayectorias de microondas.....	181
7.1.25	Realizar estudio de suelos.....	181
7.1.26	Liberación del sitio para diseño final.....	182

7.1.27	Obtener las aprobaciones para el diseño final del sitio.....	182
7.1.28	Traspaso del título.....	182
7.1.29	Subcontrataciones.....	183
7.2	Puntos de verificación antes de la puesta en funcionamiento de un sitio de comunicaciones.....	185
7.2.1	Aspectos generales.....	185
7.2.2	Aspectos de obra civil.....	185
7.2.3	Aspectos de la torre.....	186
7.2.4	Sistema de tierras.....	187
7.2.5	Aspectos de energía del sitio.....	188
7.2.6	Aspectos del equipo del sitio.....	189
7.2.7	Aspectos del equipo del sitio.....	190
	CONCLUSIONES.....	191
	RECOMENDACIONES.....	193
	BIBLIOGRAFÍA.....	195

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Identificación de extinguidores	4
2	Megger de cuatro terminales	63
3	Posición de electrodos para mediciones	64
4	Configuración método Schlumberger	66
5	Perfil de resistividad	67
6	Pantalla de programa RESAP	68
7	Descarga de caseta con equipo	72
8	Conexión de cables entra la torre y la estructura	78
9	Identificación de cables	79
10	Edificaciones típicas de un sitio	85
11	Caseta típica de un sitio	86
12	Gabinete típico de un sitio	86
13	Bóveda para equipo	87
14	Bastidor para equipo	87
15	Placa para abertura de entrada de cables	96
16	Equipo de calefacción, ventilación y aire acondicionado	100
17	Escalerilla de acero pintado	107
18	Escalerilla de malla	107
19	Conector para escalerillas	109
20	Tablero de interruptores	121
21	Regleta múltiple para bastidor	124
22	Tomacorriente monofásico	124
23	Sitio con múltiples antenas	131

24	Instalación típica de un sitio mostrando la disposición adecuada del equipo	136
25	Montaje en concreto utilizado anclajes para concreto	144
26	Sistema de montaje con aislamiento	146
27	Cableado típico en un bastidor	153
28	Ensamblaje de tomacorrientes montado en un bastidor con sus respectivos cables de alimentación ordenados	158
29	Cableado del equipo de control debidamente correctamente ordenado	160
30	Terminal modular hembra de ocho pines para estándar T568A	162
31	Ejemplo de etiquetado de cables	163
32	Ejemplo de etiquetado de cables de fibra óptica	168

TABLAS

I	Tipos de extinguidores	3
II	Extinguidores químicos secos	6
III	Extinguidores de agentes limpios	7
IV	Medidas típicas de resistividad	67
V	Comparación de torres	73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°	Grados
°C	Grados centígrados
°F	Grados Farenheit
Hz	Hertz
GHz	GigaHertz
kg.	Kilogramo
m	Metro
m ²	Metros cuadrados
Cms.	Centímetros
Pulg.	Pulgadas
%	Porcentaje
Ω	Ohms
+	Positivo
-	Negativo

GLOSARIO

- AC** Corriente Alterna (CA) Corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía. Sin embargo, en ciertas aplicaciones se utilizan otras formas de onda periódicas, tales como la triangular o la cuadrada. (*Altern Current* por sus siglas en inglés).
- Acero galvanizado** Acero recubierto con una capa de Zinc para que no evitar su oxidación.
- ACI** Instituto Americano de Concreto. (*American Concrete Institute*, por sus siglas en inglés).
- ACS** Avanzados Sistemas Convencionales. (*Advanced Conventional Systems*, por sus siglas en inglés).
- ADSL** Línea de abonado digital asimétrica. (*Asymetric Digital Subscriber Line*, por sus siglas en inglés).
- Aeronáutica Civil** Organismo regulador encargado de la seguridad del tráfico aéreo. También regula la altura y los reglamentos de la altura de estructuras que podrían poner en peligro el tráfico de aviones.

AH	Amperios hora. Una medición de la capacidad de corriente de la batería en relación con el tiempo, normalizado a ocho horas. Por ejemplo, una batería de 320 AH entregará 40 amperios para ocho horas.
Análisis geotécnico	Estudio de las características físicas, geológicas y morfológicas de los suelos.
Ancho de Banda	Para señales analógicas, el ancho de banda es la anchura, medida en hercios, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal. Puede ser calculado a partir de una señal temporal mediante el análisis de Fourier. También son llamadas frecuencias efectivas las pertenecientes a este rango.
Anclaje	Conjunto de elementos destinados a fijar algo firmemente al suelo.
ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares (<i>American National Standards Institute</i> , por sus siglas en inglés).
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. (<i>American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers</i> , por sus siglas en inglés).
ASSE	Sociedad Americana de Ingenieros de Seguridad. (<i>American Society of Safety Engineers</i> , por sus siglas en inglés).

ASTM	Sociedad Americana para la Prueba de Materiales. (<i>American Society of Testing of Materials</i> , por sus siglas en inglés).
Atenuador	Dispositivo de control pasivo que atenúa los niveles de señal. Puede ser fijo, calibrado o variable. Cuando se utilizan atenuadores calibrados, el dispositivo es típicamente calibrado en dB de ganancia negativa (pérdida o atenuación).
AWG	Calibre de Alambre Estadounidense (CAE) - acrónimo de la industria de electrónicos, el cual es una medida del grosor de los alambres de cobre, aluminio y otros. Los calibres varían de 18 a 26 AWG. Entre más alto sea el número, más delgado es el alambre. El alambre de mayor grosor es menos susceptible a la interferencia y aguanta más cantidad de corriente eléctrica a mayor distancia que el alambre delgado. (<i>American Wire Gauge</i> , por sus siglas en inglés).
Azimut (o Acimut)	Ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo.
Bandejas para cables	Una estructura sólida, por lo general construida de aluminio o fibra de vidrio, suspendido del techo que provee los medios ordenados de soporte y la ruta de alambres y cables en el interior del sitio de comunicaciones.

Batería (Banco de baterías)	Dispositivo que almacena energía eléctrica usando procesos electroquímicos y permite devolverla luego para ser usada. Se considera un generador eléctrico secundario, pues no puede funcionar si no se le ha dado energía previamente cuando se carga.
Bóvedas	Es un recinto que alberga únicamente equipo de comunicaciones y sistemas auxiliares, que se encuentra total o parcialmente enterrado. Soporta ingreso de personal solamente para instalación y mantenimiento.
BTU	Unidad Térmica Británica (<i>British Thermal Unit</i> , por sus siglas en inglés). Una medición de la energía generada, por lo general como calor. (1 BTU equivale a 1.055 kjoules de energía).
CA	Corriente Alterna. Corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía.
Casetas	Son estructuras más pequeñas o prefabricadas que contienen equipo relacionado directamente con el sitio. Está diseñado para ocupación humana temporal para instalación y mantenimiento de equipo.
CATV	Televisión por cable.

CD	La corriente directa (CD) o corriente continua (CC) es aquella cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen siempre en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM), tal como ocurre en las baterías, las dinamos o en cualquier otra fuente generadora de ese tipo de corriente eléctrica.
CO₂	También conocido como dióxido de carbono o anhídrido carbónico, posee un átomo de carbono y dos de oxígeno, el CO ₂ se usa como acificador del agua, también se usa en los acuarios plantados para ayudar a las plantas a hacer su fotosíntesis, el CO ₂ podría ser uno de los responsables del calentamiento global.
Combinador	Dispositivo pasivo que permite transmisores en diferentes frecuencias a utilizar una única antena.
Conector	Enchufe que facilita la unión mecánica entre dos dispositivos y, a la vez, la comunicación de datos entre ambos o el intercambio de corriente.
Conductor de Tierra	Un medio físico para la unión de equipos a los electrodos del sistema de tierra.
Consola	Se trata de uno o varios terminales conectados al ordenador central, que permiten monitorear su funcionamiento, controlar las operaciones que realiza, regular las aplicaciones que deben ejecutarse, etc.

Cresta	Cima o cumbre de una onda.
CRF	Código de Regulaciones Federales. (<i>Code of Federal Regulations</i> , por sus siglas en inglés).
CSA	Asociación Canadiense de Estándares. (<i>Canadian Standards Association</i> , por sus siglas en inglés).
CSI	Instituto de Especificaciones de Construcción. (<i>Construction Specification Institute</i> , por sus siglas en inglés).
CVAA	Calefacción, ventilación y aire acondicionado.
E1	Líneas E-1 estándar europeo de líneas de transmisión de información a 2.048 Mbps.
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas. (<i>Electronic Industries Association</i> , por sus siglas en inglés).
Epóxico	Resina sintética, dura y resistente, utilizada en la fabricación de plásticos, pegamentos, etc.
Escalerillas planas para cables	Estructura de acero abierta (pintada o anodizada) suspendido desde el techo que provee unos medios ordenados de soporte y el enrutamiento de alambres y cables de comunicación en todo sitio. Puede ser instalado en el interior de la estructura o verticalmente para guiar los cables de una torre. Todas las escalerillas de cable exteriores deben ser construidas con metal galvanizado.

Estación Base	Estación que permite la comunicación simple entre las unidades de radio y el equipo de transmisión.
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones. (<i>European Telecommunications Standards Institute</i> , por sus siglas en inglés).
FE(TM)	Extintor de Fuego (<i>Fire Extinguishants</i> , por sus siglas en inglés). Agentes extintores limpios y seguros alternativos al gas halón.
Fibra óptica	Es un conductor de ondas en forma de filamento, generalmente de vidrio, aunque también puede ser de materiales plásticos. La fibra óptica es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión total interna. Normalmente la luz es emitida por un iodo o un LED.
Filtro Pasa Banda	Es un tipo de filtro electrónico que deja pasar un determinado rango de frecuencias de una señal y atenúa el paso del resto.
Gabinetes	Es un recinto que alberga equipo de comunicaciones y sistemas auxiliares solamente.
GHZ	El GigaHertz (GHz) es un múltiplo de la unidad de medida de frecuencia (hertz) y equivale a 10^9 Hz. Erróneamente a veces se escribe como gigahercios.

GPS	Sistema Posicionamiento Global: Sistema que determina la exacta ubicación utilizando señales de satélite de alta precisión. (<i>Global Positioning System</i> , por sus siglas en inglés).
Gravamen	Carga de impuestos sobre algún bien. Dícese del impuesto que grava las utilidades o los ingresos, como el impuesto predial que grava los bienes raíces, el impuesto sobre la renta etc. Carga, limitación u obligación que afecta a un bien o persona. El uso de este término tiene diversas acepciones jurídicas según sea de la materia civil, mercantil, o fiscal, de que se trate.
Humedales	Zona de tierras, generalmente planas, en la que la superficie se inunda permanente o intermitentemente, al cubrirse regularmente de agua.
IEEE	Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos. (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> , por sus siglas en inglés).
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones. (<i>International Telecommunications Union</i> , por sus siglas en inglés).
Líneas de transmisión	Estructura material utilizada para dirigir la transmisión de energía en forma de ondas electromagnéticas.

Mapa geológico	Un mapa geológico es la representación de los diferentes tipos de materiales geológicos (rocas y sedimentos) que afloran en la superficie terrestre o en un determinado sector de ella, y del tipo de contacto entre ellos.
Mapas topográficos	Son una representación del relieve de la tierra a una escala determinada. A diferencia de los planos topográficos, se refieren a áreas extensas del territorio (una zona, una región, un país, el mundo).
Material dieléctrico	Materiales que no tiene capacidad de conducción eléctrica.
Microondas	Ondas definidas en un rango de frecuencias determinado; generalmente de entre 300 MHz y 300 GHz.
MGB	Barra colectora de tierras principal: El punto principal de tierra dentro de un área con equipo ala que todos los demás cables deben pegarse. Existe una barra colectora principal de tierras por cada edificación o área de equipamiento en un sitio de Telecomunicaciones. (<i>Master Ground Bus Bar</i> , por sus siglas en inglés).
Motogenerador	Consta de un motor eléctrico y un generador conectados mecánicamente de manera que el motor hace girar al generador.

NEBS	NEBS (<i>Network Equipment Building System</i>) es un estándar para los equipos de telefonía. Se desarrolló en la década de 1970, por los Laboratorios Bell (en la actualidad Telcordia).
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra Incendios. (<i>National Fire Protection Association</i> , por sus siglas en inglés).
Ohm	El ohmio (en inglés <i>ohm</i>) es la unidad de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades. Se representa con la letra griega Ω (omega mayúscula). Su nombre se deriva del apellido del físico alemán George Simon Ohm, autor de la Ley de Ohm. Según la Ley de Ohm, un ohm es la resistencia eléctrica que presenta un conductor al paso de una corriente eléctrica de un amperio, cuando la diferencia de potencial entre sus extremos es de un voltio.
Pistas para cables	Estructura para el enrutamiento y gestión del cableado. Pueden estar localizados debajo de un suelo elevado, suspendido del techo o montado en la parte superior de los bastidores del equipo. El término Pistas para cables es utilizado en este manual para incluir ambos, las escalerillas para cables y las bandejas para cables.
PSI	Se denomina PSI (del inglés <i>Pounds per Square Inch</i>) a una unidad de presión cuyo valor equivale a una libra por pulgada cuadrada.

Puente de Hielo	Escudo protector para los cables que se encuentran entre las torres y las aberturas de entrada del cable del edificio o entre dos edificios, diseñado para prevenir la formación de hielo y evitar la caída de los cables durante el invierno.
PVC Conduit	La tubería Conduit se utiliza para la conducción de cableado eléctrico, es especialmente recomendado para sistemas aislados a tierra ya que no conduce electricidad, se utiliza en lugares como hospitales, industrias, cuartos de computación, tableros de aislamiento, etc.
RF	Frecuencias de radio. Radiofrecuencia. Término genérico que se refiere a las frecuencias que corresponden a las transmisiones de radio. La televisión por cable y las redes de banda ancha utilizan tecnología RF.
Recintos	Eliminadores de electricidad estática.
RGB	Modelo de color basado en los colores rojo, verde y azul (del inglés <i>Red, Green, Blue</i>).
Roxtec	Es un sistema mecánico de sellado dirigido a las industrias de construcción para proteger y controlar las entradas de cables y tuberías en construcciones de hormigón, ladrillo, yeso o acero. El sistema se basa en sellos de goma sintética y marcos mecánicos que, al ser ajustados, proporcionan sellos efectivos.

TIA	Asociación de la Industria de Telecomunicaciones o TIA es una asociación de comercio en los Estados Unidos que representa casi 600 compañías. (<i>Telecommunications Industry Association</i> , por sus siglas en inglés).
Tilt	Inclinación física de una antena (del inglés <i>down-Tilt</i>).
Topografía	Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales (ver planimetría y altimetría).
UL	Laboratorio de Certificación. (<i>Underwriters Laboratories</i> , por sus siglas en inglés). Agencia independiente de los EE.UU. que verifica la seguridad de los productos.
ULC	Laboratorio de Certificación de Canadá. (<i>Underwriters Laboratories of Canada</i> , por sus siglas en inglés). Organización líder en seguridad de los productos de las normas de desarrollo, prueba y certificación.
UPS	Sistema de alimentación ininterrumpida. (<i>Uninterruptible Power Supply</i> , por sus siglas en inglés). Un UPS es una fuente de suministro eléctrico que posee una batería, con el fin de seguir dando energía a un dispositivo en el caso de interrupción eléctrica.

UTP	Tipo de conductor de cobre de par trenzado sin blindaje (<i>Unshielded Twisted Pair</i> , por sus siglas en inglés).
WiMax	Acrónimo de <i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i> (Interoperabilidad Mundial para Acceso por microondas), es una norma de transmisión por ondas de radio de última generación orientada a la última milla que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio.

RESUMEN

En la actualidad las telecomunicaciones se han desarrollado de tal forma que se han convertido en una herramienta de trabajo y parte de la vida cotidiana de las personas, por lo que se ha generalizado el uso de sitios que contienen equipo para diferentes aplicaciones de comunicación como son repetidoras de radio, celdas de telefonía celular, centrales de conmutación para líneas móviles o fijas, etc.

Este trabajo de investigación es un manual que contiene los aspectos que deben tomarse en cuenta en el diseño e implementación de un sitio que contendrá equipo para cualquier aplicación de telecomunicaciones, iniciando desde lo referente a la adquisición del lugar donde se ubicará el sitio, las responsabilidades que debe tener cada área según el rol que tiene a su cargo en la compra del sitio o contratación de subcontratistas en el caso de empresas grandes, ya sea para adquirir un sitio nuevo o desarrollar un nuevo proyecto en un sitio existente, pasando por temas de diseño como son seguridad, precauciones contra incendios, precauciones antisísmicas, precauciones en el manejo de bancos de baterías, etc.

Podrá encontrar información para el desarrollo del sitio, como es la instalación de equipos y protecciones, entre los que tenemos equipos de radio, equipo de transmisión, fuentes de alimentación tanto principal como alterna, fuentes de reserva como son los bancos de baterías, instalación de cableados, antenas, entre otros.

Además, se incluye un resumen de puntos vulnerables que deben tomarse en cuenta en el diseño y desarrollo del sitio, para evitar posibles riesgos como retrasos o trabajar en sitios que pueden al final llegar a ser inutilizables por no considerar algunos de estos aspectos.

Finalmente, también encontrará un listado de puntos de verificación, los cuales deben cumplirse a satisfacción antes de dar por aceptado un sitio a un contratista o bien antes de integrar un sitio a un sistema de comunicaciones.

OBJETIVOS

1. Establecer una referencia para el diseño de un sitio de telecomunicaciones, brindando información de apoyo para la toma de decisiones.
2. Brindar una guía para el desarrollo del sitio de comunicaciones al contar con los aspectos que deben tomarse en cuenta relacionados con la construcción del sitio, así como en la instalación de los equipos involucrados, según el diseño.
3. Este manual será un apoyo para todas las áreas involucradas con el diseño y desarrollo del sitio, desde que se toma la decisión de establecer el mismo, pasando por la búsqueda del lugar adecuado, la obtención de los permisos pertinentes, la construcción y adecuación del lugar, la instalación de los equipos hasta llegar al momento de integrar el sitio a una red o un sistema de comunicaciones.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, con el auge de las telecomunicaciones se ha generalizado el uso de sitios que contienen equipo para diferentes aplicaciones como son repetidoras, radios troncalizados, celdas de telefonía celular en sus diferentes tecnologías, centrales de conmutación de telefonía ya sea esta fija o móvil, así como en las nuevas tecnologías inalámbricas como es el caso de Wi-Max.

Este manual contiene los diferentes aspectos que deben tomarse en cuenta para el diseño e implementación de un sitio de comunicaciones. Entre estos aspectos tenemos los referentes a seguridad como son precauciones contra incendios, precauciones antisísmicas, así como recomendaciones generales de seguridad.

También se incluyen aspectos importantes que no deben pasarse por alto para la adquisición del lugar donde se ubicará el sitio de comunicaciones, ya sea para un sitio nuevo o uno existente. Se contemplan aspectos para el diseño e instalación del sitio, como es la instalación de equipos y protecciones para los mismos, entre los que tenemos equipos de radio, transmisión, fuentes de alimentación tanto principal como de reserva, cableados, antenas, etc.

Además, se incluye un resumen de puntos vulnerables que deben tomarse en cuenta en el diseño y desarrollo del sitio para evitar riesgos como retrasos o trabajar en sitios que pueden al final llegar a ser inutilizables por no considerar estos aspectos.

Finalmente, también se incluye un listado de puntos de verificación, los cuales deben cumplirse a satisfacción antes de dar por aceptado un sitio a un contratista o bien antes de integrar un sitio a un sistema de comunicaciones.

Este manual brinda la información necesaria para el diseño de un sitio de comunicaciones, pero cada implementación tiene sus particularidades, por lo que la información contenida en esta investigación es un apoyo y no puede tomarse como una receta invariable para todos los casos.

1. SEGURIDAD EN UN SITIO DE COMUNICACIONES

1.1 Precauciones contra incendios

El objetivo principal al prevenir incendios en un sitio de comunicaciones es proteger vidas, la protección del equipo es secundario. No debe ponerse en riesgo la vida del personal por proteger el equipo, siempre debe darse aviso inmediatamente al departamento de bomberos más cercano.

Los extinguidores de fuego son de vital importancia en todo programa para prevención de incendios, pero siempre debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Los extinguidores deben ser del tipo y tamaño adecuado para las dimensiones del incendio en caso llegara a ocurrir.
- Los extinguidores deben estar colocados e identificados apropiadamente.
- Los extinguidores deben estar en perfecto estado y debe dárseles un mantenimiento apropiado.
- El personal debe conocer la forma correcta de usar los extinguidores.

1.1.1 Entrenamiento y uso apropiado de equipo

Todo el personal que tiene contacto con el sitio de comunicaciones debe estar familiarizado con el uso apropiado del equipo, para extinguir incendios con que cuenta el sitio. Toda la documentación sobre el uso de los mismos debe estar disponible para ser consultado por el personal en cualquier momento.

Cuando un sitio cuenta con sistemas automatizados para prevención de incendios debe solicitarse al proveedor de dicho equipo entrenamiento para el personal involucrado con el sitio.

1.1.2 Clasificación de incendios

En general, los incendios se clasifican de acuerdo a los tipos de materiales que puede consumir un incendio, los tipos son:

- Clase A: incendios con materiales ordinarios, como madera, ropa, papel, hule y algunos plásticos.
- Clase B: incendios con líquidos inflamables, como combustibles líquidos, petróleo, grasas, aceites, alquitrán, pinturas basadas en aceites, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
- Clase C: incendios que involucran equipo energizado eléctricamente, donde se requiere que el medio del extinguidor no sea un conductor eléctrico.
- Clase D: incendios en metales que sean combustibles, como magnesio, titanio, zirconio, sodio, litio y potasio.

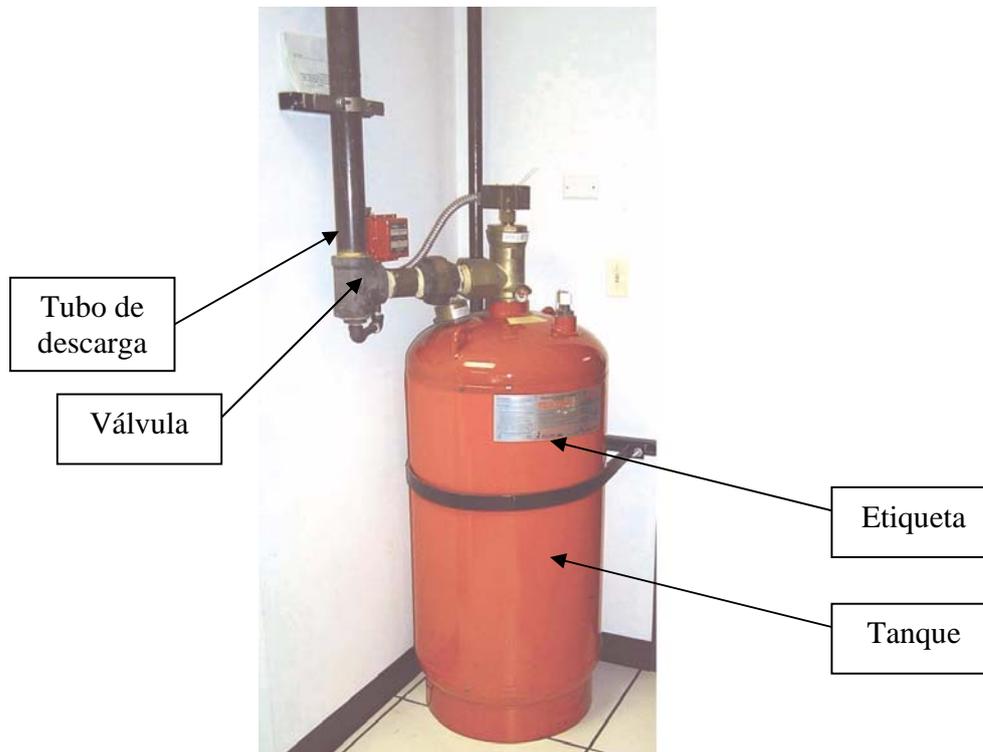
La clasificación de los extinguidores normalmente consiste en la letra que indica la clase en la que ha probado ser efectivo, seguido por un número que indica su grado de efectividad (ver tabla I).

Tabla I. Tipos de extinguidores

Clase	Símbolo	Descripción
Clase de fuego A		Incendios con materiales ordinarios, como madera, ropa, papel, hule y algunos plásticos.
Clase de fuego B		Incendios con líquidos inflamables, como combustibles líquidos, petróleo, grasas, aceites, alquitrán, pinturas basadas en aceites, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
Clase de fuego C		Incendios que involucran equipo energizado eléctricamente, donde se requiere que el medio del extinguidor no sea un conductor eléctrico.
Clase de fuego D		Incendios en metales que sean combustibles, como magnesio, titanio, zirconio, sodio, litio y potasio.

Algunos extinguidores utilizan una etiqueta gráfica para indicar la clase a la que pertenece. Normalmente en la etiqueta del extinguidor se provee la información para el uso apropiado del mismo. (Ver figura 1)

Figura 1. Identificación de extinguidores



1.1.3 Requerimientos mínimos

Toda instalación debe contar con un mínimo de dos extinguidores perfectamente ubicados antes de la instalación del equipo:

- 9 kg. (20 lbs.) Clase ABC (para incendios comunes)
- 3.18-4.54 kg. (7-10 lbs.) Clase BC (para incendios con equipos)

1.1.4 Estándares requeridos para extinguidores

Todos los extinguidores deben estar debidamente etiquetados y cumplir con los siguientes estándares:

- Prueba de incendios: ANSI/ UL 711, CAN/ULC-5508-M90
- Desempeño: Dióxido de carbono ANSI/UL 154, CAN/ULC-5503-M90
Químicos secos ANSI/UL 299, CAN/ULC-5504-M86

En un lugar donde este instalado equipo electrónico debe contarse con extinguidores de tipo FE-36TM o equivalente, o con extinguidores tipo CO₂. Estos extinguidores minimizan el daño causado por agentes químicos secos usados en la mayoría de extinguidores clase ABC. Los agentes químicos secos contienen polvos muy finos de base alcalina que causa severos daños al equipo debido a la corrosión. Los extinguidores de químicos secos deben considerarse como una segunda opción si el fuego no puede ser controlado con extinguidores tipo FE-36TM y CO₂, ya que reducen la visibilidad en un ambiente cerrado, dificultando la movilidad dentro del mismo.

Comparación entre extinguidores

Tabla II. Extinguidores químicos secos

Tipo	Ventajas	Desventajas
Químico Seco	<ul style="list-style-type: none">• Contienen un agente extinguidor y utilizan gas no inflamable como propelente.• Los agentes de bicarbonato de potasio y de bicarbonato de sodio son extremadamente efectivos contra incendios de Clase B y no son conductores de electricidad. No producen efectos tóxicos.	<ul style="list-style-type: none">• Sus residuos llevan tiempo limpiarlos y pueden resultar costoso.• El agente fosfato mono-amoniaco es barato y no es conductor de electricidad pero deja un residuo en polvo que puede dañar equipo.
Dióxido de Carbono CO ₂	<ul style="list-style-type: none">• Utiliza un agente de gas extintor limpio confiable.• Se obtiene fácilmente y no es costoso.	<ul style="list-style-type: none">• Su aplicación inicial se necesita que este muy cerca del fuego• Al tener contacto con la humedad el dióxido de carbono se forma en ácido carbónico.

Tabla III. Extinguidores de agentes limpios

Tipo	Ventajas	Desventajas
FE-36™	<ul style="list-style-type: none"> • Dependiendo del tamaño del sitio de extinción puede ser clasificado dependiendo del tipo de incendio ABC y ser descargado en una distancia de 4.9 metros (16 pies) del fuego. • Los agentes de bicarbonato de potasio y de bicarbonato de sodio son extremadamente efectivos contra incendios de Clase B y no son conductores de electricidad. No producen efectos tóxicos. • El agente se dispersa como una corriente de gas y las gotitas líquidas hacen que se remueva el calor y pare la combustión química. • No causan daños al equipo electrónico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede resultar difícil rellenar ciertas áreas. • Su costo y mantenimiento resulta muchos más que el de los extinguidores químicos secos. • Cuando se libera bajo condiciones de fuego puede producir ácido fluorhídrico

1.1.5 Instalación de extinguidores

Para la instalación de extinguidores se debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Los extinguidores portables deben mantenerse completamente cargados y en condiciones óptimas de operación, además deben mantenerse en los lugares designados todo el tiempo, aunque no hayan sido usados.
- Los extinguidores deben colocarse cuidadosamente en lugares de fácil acceso y fácil disposición en caso de incendio. Preferiblemente deben colocarse en los pasillos, incluyendo entradas y salidas del lugar.
- Los lugares donde se colocan los extinguidores deben identificarse claramente, y deben colocarse guías para acceder a ellos en caso de necesitarse.
- En caso de tener más de un tipo de extinguidor en el área, se debe indicar claramente el uso de cada extinguidor para que se pueda escoger el más apropiado en el momento del incendio.
- Los gabinetes donde se encuentran los extinguidores no deben estar bajo llave.
- Los extinguidores no deben tener ningún tipo de obstrucción para ser encontrados fácilmente.
- Los extinguidores de mano deben estar instalados apropiadamente con el soporte provisto por el fabricante en gabinetes o paredes.

- Los extinguidores de mucho peso, pero que no excedan de 40 lbs deben instalarse de forma que la parte de arriba del extinguidor no exceda de 1.53 mts. sobre el nivel del suelo. Para extinguidores de más de 40 lbs (excluyendo los que tienen ruedas) deben instalarse de forma que la parte de arriba del extinguidor no exceda de 1.07 mts. sobre el nivel del piso. En ningún caso la distancia del suelo a la parte baja del extinguidor debe ser menor de 10.2 cms.
- Las instrucciones sobre el uso del extinguidor deben estar en la parte frontal del mismo.

1.1.6 Inspección

- Los extinguidores deben ser inspeccionados después de su puesta en operación en intervalos de 30 días (o menores dependiendo de los reglamentos de seguridad locales o cuando la situación así lo requiera)
- El personal que realiza las inspecciones debe guardar registro de todos los extinguidores inspeccionados, incluyendo los que necesiten una acción correctiva.
- Deben guardarse registro de la fecha en que se realizó la inspección y el nombre de la persona que realizó la inspección. Los registros deben mantenerse en una etiqueta pegada al extinguidor o en un archivo en un sistema electrónico.
- Los extinguidores deben estar sujetos a mantenimiento en intervalos no mayores a 1 año.

1.1.7 Equipo para detección automática de incendios

Se deben utilizar métodos o implementos capaces de detectar e indicar cuando hay calor, llamas, humo, vapores de combustibles o alguna otra condición anormal que pueda indicar la posibilidad de que un incendio ocurra.

Usualmente se utiliza una combinación de detectores de humo ionizado y detectores térmicos de temperatura. Este tipo de sistema de detección de doble alimentación puede dar una buena indicación de la posibilidad de un incendio y posibilitar la prevención del mismo con alarmas. Las unidades de detección deben cumplir con el estándar UL268.

En caso de que el sistema de detección de alarmas corte el suministro de energía debe instalarse luces de emergencia que operen a base de baterías.

1.1.8 Alarmas automáticas

Las alarmas e indicadores automáticos muestran la operación del sistema, daños a los ocupantes o fallas de cualquier equipo supervisado.

1.2 Precauciones para protección de bancos de baterías

Las baterías usadas para dar energía a los equipos plantean los siguientes riesgos:

- Riesgo de explosión como resultado inherente por la generación de gas de sulfuro de hidrógeno.

- Cegueras o quemaduras provocadas por el ácido sulfúrico de los electrolitos.
- Capacidad de manejo de altas corrientes, con la posibilidad de producir quemaduras, iniciar incendios y crear arcos de corriente.

Debido a lo anteriormente expuesto y en concordancia con la documentación en general de este tipo de equipos se debe siempre tomar en cuenta lo siguiente:

- No se debe manipular materiales riesgosos sin el entrenamiento apropiado, esto incluye almacenaje, transporte e instalación de sistemas de bancos de baterías.
- Personal regular de sitio no debe intentar limpiar derrames de electrolito resultante de rupturas de baterías. Este trabajo es considerado como un incidente de manejo de materiales de alto riesgo.

Entre las precauciones especiales que deben tenerse tenemos:

- Para evitar derramar ácido, no se debe inclinar las baterías.
- El ácido de baterías puede causar severas quemaduras o ceguera si entra en contacto con la piel y ojos. En caso llegase a suceder hay que lavar la piel u ojos afectados con grandes cantidades de agua y se debe buscar ayuda médica inmediatamente.
- No debe usarse joyería mientras se trabaja con baterías.

- Personal de instalación debe usar equipo de seguridad al instalar baterías.
- El levantado de baterías requiere de dos personas como mínimo. Se deben utilizar técnicas y equipo apropiado para evitar lesiones.
- Se deben utilizar herramientas con aislante para instalación de baterías.

Debe ponerse señalización apropiada en las puertas de sitios donde existan instaladas baterías, como dentro de dichos sitios, notificando al personal de peligros químicos y eléctricos así como de explosión debido a los materiales de las baterías. Se debe contar con extinguidores apropiados según los códigos o legislación local.

1.3 Precauciones antisísmicas

- El diseño antisísmico apropiado de un sitio garantiza la seguridad del personal en caso de ocurrir un terremoto.
- La actividad sísmica de un sitio debe ser evaluada usando mapas geológicos, los cuales pueden obtenerse en el instituto nacional de sismología (INSIVUMEH para Guatemala)
- La actividad sísmica debe ser evaluada por un arquitecto o ingeniero certificado utilizando mapas geológicos u otros documentos geológicos o de historial de riesgos que sean descriptivos de la región en cuestión.
- No deben utilizarse cajas de envío o empaques temporales, así como estabilizadores de gabinetes como sujetadores antisísmicos permanentes.

Solo equipo de soporte diseñado específicamente para sismos debe usarse como sujetadores antisísmicos.

- En sitios construidos en áreas de actividad sísmica debe utilizarse bastidores para baterías, soportes, sujetadores, así como prácticas de construcción de antenas diseñados específicamente para seguridad antisísmica.

1.4 Precauciones generales que deben tomarse en cuenta

A continuación se detallan las precauciones de seguridad en general que deben tomarse cuando se trabaja en un sitio:

Referentes a Mantenimientos:

- Nunca debe darse servicio eléctrico o electrónico al equipo si no hay otra persona presente que pueda asistirlo con primeros auxilios de ser necesario.
- Para evitar lesiones graves o muerte causada por un shock eléctrico no se debe usar pulseras aterrizadas cuando se trabaje con alto voltaje.
- Objetos con un peso mayor de 40 lbs. (18.2 kg.) debe ser levantado por dos o más personas.
- En edificios antiguos se debe asegurar que las superficies no contengan asbesto, debido a que puede causar riesgos de inhalación al barrenar, cortar, demoler, etc.

- Estructuras nuevas y existentes pueden poseer problemas relacionados con salud debido a una carencia de condiciones sanitarias apropiadas. Deben utilizarse prácticas y material de manejo apropiados para realizar cambios o modificaciones en estos sitios.
- En ambientes donde existe riesgo de explosión deben utilizarse componentes que intrínsecamente sean no inflamables. Se debe tomar en cuenta que en ciertos lugares puede ser completamente inaceptable el uso de equipo electrónico.
- Todos los códigos de seguridad deben utilizarse cuando se realicen las tareas especificadas en este manual.
- Escalar torres y subir escaleras implica un gran riesgo, únicamente personal capacitado en estas prácticas y que cuente con el equipo apropiado debe realizar este tipo de trabajo.
- Siempre maneje con precaución. Para evitar accidentes nunca trate de manejar mientras ve un mapa o la pantalla de una computadora.
- Evitar la entrada al personal no autorizado en las aéreas de construcción de torres.
- Evitar barrer el piso cuando haya un cable de fibra óptica. Para prevenir una infección viral el piso debe estar bien trapeado usando agua y una mezcla de blanqueador. El personal que labore en el sitio debe lavarse las manos antes de comer y evitar el contacto con la boca, nariz y ojos.
- Nunca se debe observar dentro de un cable de fibra óptica, estos usan luz láser invisible que es dañina y pueden causar daños a los ojos.

Referentes a Construcción de sitios:

- Los contratistas deben presentar un programa de administración de riesgos por escrito, el cual debe ser aprobado antes de comenzar cualquier obra de trabajo.
- Seguir las precauciones y advertencias del fabricante del equipo medidor de resistencia de suelo, así como seguir las instrucciones de uso al insertar y remover de la tierra el medidor de resistencia del suelo.
- Para garantizar la seguridad del personal, todas las excavaciones deben estar regidas por las regulaciones de la seguridad local.
- Las escaleras de aluminio no deben ser utilizadas como guías para cables o pasadizos para cables.
- Los sistemas de supresión de fuego que utilicen agua no deben ser usados en sitios donde se tenga instalado equipo electrónico de telecomunicación.
- Los edificios que han estado expuestos a contaminantes o infestaciones de animales pueden ser dañinos para la salud del personal que este trabajando en la estructura del mismo.
- Cuando se opere cualquier herramienta eléctrica siempre debe utilizarse la vestimenta y anteojos para su seguridad y así prevenir daños o heridas.
- Antes de excavar un lugar, se debe tener las herramientas adecuadas para la excavación.

- Debe usarse ropa, botas, guantes y anteojos de seguridad cuando se realicen trabajos de soldadura autógena.
- Los trabajos de soldadura autógena no deben ser realizados a menos que otra persona se encuentre presente y pueda ayudar en caso de emergencia. Se debe poseer un extinguidor de fuego portátil mientras dure el proceso.
- Utilizar anteojos de seguridad, cascos, y zapatos con punta de acero mientras se utilicen equipos compresores.
- No intente instalar por separado un sistema de electrodo por debajo de la tierra sin un enlace adecuado. Como resultado podría darse una diferencia de potencial.
- No se debe soldar o drenar ninguna estructura de la torre sin las aprobaciones por escrito del fabricante de la torre.
- Los trabajos no deben ser realizados por personas no entrenadas ni calificadas, ni se debe cambiar los procedimientos autorizados. Se requiere que el personal que realice los trabajos del sistema de electrodos hayan tenido un entrenamiento formal e instrucciones de seguridad. Todos los códigos y reglamentos que regulan este tipo de trabajos deben ser contemplados en todo momento.
- Revisar el sistema actual antes de ser desconectado. Nunca lo desconecte si hay un circuito en funcionamiento, ya que puede causar muerte o un daño severo.

- Seguir todas las recomendaciones establecidas por el fabricante antes de utilizar un ohmiómetro.
- No deben utilizarse conductores de aluminio. Nunca debe mezclarse el aluminio con cables, conectores o receptores de cobre. Estos conductos tienen un coeficiente diferente de expansión que pueden unirse a la conexión y causar conjuntamente una pérdida.
- No se debe utilizar para las instalaciones permanentes conectores eléctricos de tipo domiciliar.
- No poner conexiones o extensiones eléctricas en el piso. Puede ocasionar serios daños al personal o pueden electrocutarse al mezclarse con agua, con chispas, etc.
- Las instalaciones eléctricas que sean realizadas en espacios vacíos, conductos verticales y conductos de aire deben ser instalados de forma que no se incremente la propagación de fuego o productos de combustión en caso llegaran a ocurrir. Aberturas, pisos, techos pueden prevenir incendios utilizando métodos aprobados para mantener un buen sistema de resistencia al fuego.
- Para áreas sísmicas con un momento de magnitud de escala tres o mayor deben utilizarse diseños apropiados de bastidores.
- Los cables de los pararrayos de las torres no deben unirse con líneas de transmisión, escaleras o con los interiores de los edificios.

Referentes a Incendios:

- Si el edificio cuenta con un sistema de rociadores, asegúrese que el cableado no obstruya este sistema. La instalación del equipo no debe alterar o bloquear el buen funcionamiento del mismo.
- Al momento de un incendio en un sitio de comunicaciones, lo primordial es salvar vidas y luego el equipo. Si un incendio fuera apagado por un extinguidor manual, en ese caso, sí se puede hacer un esfuerzo por salvar todo el equipo. En todos los casos cuando se encuentre en edificios compartidos debe notificarse sobre cualquier incidente al departamento de bomberos.
- Inmediatamente debe ser notificado al cuerpo de bomberos al momento de descubrir un incendio. La notificación no debe demorarse para así poder determinar los daños causados por el fuego aunque hayan sido utilizados los extinguidores manuales.

Referentes a bancos de baterías:

- Fallas de baterías húmedas que involucren fuga de electrolitos puede constituir una condición de material peligroso. Bajo ninguna circunstancia el personal regular deberá manejar este tipo de material.
- Para evitar derrame de ácido, no se debe desarmar las baterías.
- El personal debe contar con el equipo necesario cuando instale baterías.

- Se deben entender todas las advertencias del fabricante de baterías. Esto determinará el equipo de protección que debe utilizar el personal para minimizar los daños en el manejo de las baterías cuando están siendo instaladas.
- En todos los sitios donde se utilicen baterías de celdas húmedas o baterías de celdas de gel en las que el fabricante especifique el uso de colirio u otro equipo de protección personal, este equipo debe estar disponible en el lugar donde se encuentren instaladas las baterías.
- Las baterías deben ser limpiadas con agua pura. No utilice limpiadores abrasivos, detergentes o productos de limpieza basados en petróleo.

Referentes a instalaciones eléctricas:

- Los tubos de descarga de gas no deben ser utilizados como equipos de supresión sobre voltaje en líneas de corriente alterna.
- No deben utilizarse equipos de supresión de sobrevoltaje de corriente alterna de modo común, estos dispositivos pueden fallar en condición de cortocircuito, ocasionando corrientes no deseadas en los conductores a tierra. Esta es una violación al código NFPA 70 y puede causar riesgos para el personal.
- Todos los equipos de supresión de sobrevoltaje deben ser reconocidos por UL y deben tener la certificación CE.
- Equipo en zona de tierra aislada debe estar a 2.4 mts. o más de equipo en zona de tierra no aislada para evitar un potencial contacto entre ellos.

- El cableado de CA en cajas, receptáculos, switches, etc. debe ser efectuado por personal calificado, la seguridad del personal y posibles riesgos pueden suscitarse por cableados efectuados por otro personal que no sea el calificado.

- Bajo ninguna circunstancia deben utilizarse tomas de corriente de uso domiciliar o extensiones eléctricas para conectar equipos de telecomunicaciones con la corriente eléctrica.

- No deben utilizarse bajo ninguna circunstancia conductores de tierra trenzados, los conductores trenzados se corroen fácilmente y son usualmente un foco de interferencia de RF.

- Equipos de supresión sobrevoltaje que utilicen tecnología de diodos de avalancha de silicón pueden desarrollar una predisposición de diodo artificial, cuando están sujetos a fuertes campos de RF que pueden ser experimentados por transmisiones de AM, FM o TV. Esto puede causar errores en los circuitos de datos.

2. ADQUISICIÓN DEL SITIO DE TELECOMUNICACIONES

Históricamente, el dueño del sistema (el cliente o comprador) ha manejado la adquisición del sitio como una actividad independiente del desarrollo del sistema. Aunque algunas partes del proceso no pueden ser hechas por alguien más que el dueño del sistema, se ha encontrado que su falta de involucramiento en el proceso de adquisición del sitio puede causar retrasos y costos adicionales al proyecto. En algunos proyectos un tercer participante puede ser contratado para realizar partes del proceso de adquisición del sitio.

2.1 Responsabilidades del vendedor

2.1.1 Interfaz con el cliente

Es imperativo tener una buena relación con el equipo de trabajo del cliente. El cliente usualmente asigna una persona como actor principal en el proceso de adquisición, por lo que regularmente insiste en que el vendedor use un contratista en particular para todo lo relacionado a la contratación. En estas circunstancias, el vendedor debe asignar una persona que pueda tomar todas las responsabilidades para lo que significará la adquisición del sitio.

El vendedor debe involucrarse totalmente en el proceso y tomar toda la responsabilidad posible para cumplir con el programa de trabajo. Existen muchos aspectos sobre regulaciones gubernamentales para adquisiciones de sitios, los cuales solo el comprador debe manejar, en este caso el vendedor debe actuar solamente como un consultor.

Se recomienda mantener informado al cliente del progreso de los estatus de las siguientes actividades:

- Reuniones: mantenga las reuniones calendarizadas con representantes de cada sub-contratista, el comprador y el vendedor del sistema para discutir el progreso de todos los temas concernientes al sitio.
- Reporte de avances: establezca reuniones semanales o quincenales con el comprador y sus contratistas para revisar los avances en cada sitio. Reuniones cara a cara para discutir temas de cada sitio ahorrará muchas confusiones y mantendrá a todos enterados de los avances y problemas.
- Listas de verificación de avances: se debe crear una lista de verificación de avances detallada y actualizarla antes de cada reunión. El comprador debe obtener los sitios para proveerlos al vendedor del sistema, por lo que el comprador debe ser informado de cualquier impedimento en el proceso de adquisición de los sitios para poder darle el seguimiento requerido. Todos los subcontratistas deben proveer información para mantener actualizadas las listas de verificación.
- Identifique los temas pendientes lo más pronto posible y deles el seguimiento respectivo en la lista de verificación. Conforme los temas son resueltos pueden sacarse de la lista o bien identificarse como resueltos. Cada tema debe revisarse en forma semanal.
- Actualizaciones a nivel administrativo: además de las reuniones de seguimiento, algunos detalles deben proveerse a otros involucrados en el proyecto, manteniéndolos actualizados sobre los progresos a un más alto nivel.

- Se deben hacer arreglos para reportes sobre sitios terminados y elevar temas que sean necesarios a una reunión donde personal administrativo de ambas organizaciones estén presentes. Solo los temas críticos deben ser llevados a esta reunión.

2.1.2. Equipos de Trabajo

La adquisición de un sitio recae en las responsabilidades de la administración del proyecto. Debido a que esta tarea puede ocupar gran parte del tiempo del administrador del proyecto, la efectiva comunicación entre el comprador, el administrador del proyecto, los contratistas externos y todos los involucrados con la adquisición es vital.

2.1.3 Calendario

La indisponibilidad de un sitio puede tener un impacto negativo en la ejecución del calendario del proyecto. Las necesidades concernientes con la adquisición del sitio deben tomarse en cuenta en el proceso de planeación del proyecto desde sus inicios. Se recomienda que el calendario del proyecto sea manejado utilizando una herramienta de software. Todos los enlaces entre las diversas partes del proyecto deben ser apropiadamente asignados y deben actualizarse frecuentemente.

Entre los principales aspectos que deben tener seguimiento en su calendario de proyecto se encuentran:

- ❖ Aseguramiento preliminar del sitio
- ❖ Aprobación de la entidad de aviación (Aeronáutica Civil en Guatemala)
- ❖ Sitio liberado para diseño final

2.1.4 Permisos

El vendedor usualmente es el responsable de todos los permisos y aprobaciones para el proyecto. Si existen permisos que son aplicables al comprador, el vendedor debe preparar el permiso y llevarlo al comprador para su aprobación, firma y presentación a la autoridad respectiva.

Debido a que obtener permisos de construcción o cambios de zona pueden ser procesos muy lentos, estos deben ser contemplados desde el inicio del proyecto.

2.2 Responsabilidades del comprador

Existen algunos aspectos que debe proveer el comprador para completar la adquisición del sitio. Para cumplir con el calendario del proyecto, el comprador debe ser advertido de esos aspectos en el inicio del proceso para poder tenerlos listos en el momento de necesitarlos.

2.2.1 Carta de introducción

Solicite al comprador una carta introductoria sobre las condiciones del comprador, describiendo sus actividades y proveyendo un contacto para consultas. El administrador del proyecto debe mantenerla en las investigaciones de campo.

2.2.2 Derechos de ingreso

El dueño del sitio debe proveer al contratista y otros subcontratistas de permisos escritos para actividades como estudios, investigaciones, etc.

Si el sitio ha sido comprado a una persona particular, la opción de compra debe garantizar los derechos a realizar trabajos de investigación, determinados a verificar el uso del sitio. Este derecho de acceso debe extenderse desde que el sitio es solo una opción hasta que se transfiere la propiedad del mismo.

2.2.3 Otras consideraciones

El dueño del sistema debe tomar una postura sobre las objeciones públicas a la construcción de torres. El no tomar en cuenta las normas para desarrollar el sistema puede causar atrasos y gastos adicionales significativos si hubiese una objeción organizada contra la construcción de la torre.

Si el comprador es una agencia de un estado del gobierno, una herramienta muy útil para el comprador es la transición de la legislación haciendo de ésta exenta a los requerimientos de la zona local que se refieran a la construcción del proyecto.

Para minimizar los atrasos y pérdidas de tiempo con las objeciones públicas se debe ver la posibilidad de utilizar los servicios públicos para solicitar un derecho de vía, como la municipalidad, la empresa eléctrica, etc. Estos servicios públicos son exentos a las regulaciones o procesos locales.

Los derechos de vía son largos tramos localizados adyacentes a las carreteras. Es posible obtener cuotas de arrendamiento estándares para sitios con similares características según se necesite para cubrir un área. El proceso de arrendamiento se simplifica al requerir tratos con un arrendador individual (empresa pública) en vez de varios dueños de propiedades.

Con ciertas jurisdicciones el proceso de zonificación se simplifica con el uso de bóvedas subterráneas.

2.2.4 Valoración de la propiedad

Cuando se determina el precio de oferta de lotes privados, las agencias gubernamentales necesitan saber el valor real del mercado (VRM) del lote antes de asignar cualquier acuerdo. El comprador deberá contratar los servicios de un valuador para que le brinde el valor real de mercado de todos los sitios.

2.2.5 Emisión de títulos de propiedad

Las siguientes advertencias son responsabilidad del comprador:

- Descripción legal / traspaso: el dueño de la propiedad y el comprador deben ser los responsables de determinar la descripción legal propia de los sitios y realizar la escritura de traspaso legal de los sitios. El vendedor deberá proveer una descripción preliminar de la localidad deseada basándose en la cobertura y en las actividades de la investigación del sitio.
- Certificación de propiedad: la mayoría de los compradores requieren una póliza de seguro de título para los terrenos que abarcan parte de su sistema. La póliza de seguro de título proporciona una cierta seguridad a los compradores de que no existan problemas adversos del título que podrían ocasionar que el sitio se vuelva inutilizable en el futuro.

- Venta de la superficie: algunos compradores no se preocupan por los derechos del subsuelo mineral de sus propiedades. Su mayor preocupación cuando se colocan sitios de torres es que el comprador tenga el control de la superficie de la propiedad junto con el derecho de poner cualquier lineamiento de uso general. En muchos casos, el propietario del lote no posee minerales, gas o aceite en su propiedad. En esos casos, los derechos de los minerales se han separado del estado real y los terceros tienen los derechos de los minerales. Aunque el comprador no tenga la necesidad de adquirir los derechos de los minerales, es importante que se obtenga una venta de la superficie del propietario con los derechos del mineral y así no pedirán llegar a la propiedad a pedir los minerales o a interferir en el uso de la propiedad del sitio de telecomunicación.
- Para el aceite y el gas, las liberaciones de la superficie son algo fáciles de conseguir porque el aceite y el gas pueden ser alcanzados utilizando una perforación direccional o inclinada de otra localidad. En cambio, si hay minerales cerca de la superficie de la propiedad y cualquier otro tiene los derechos del mineral, será poco probable que pongan en ventas los derechos de la superficie.

2.2.6 Financiamiento del proyecto

En algunos casos la fuente de los fondos del proyecto puede llegar a tener un gran impacto en los requisitos del proceso de la obtención del sitio. Por ejemplo, si su comprador es una entidad pública que tenga la intención de financiar el proyecto con la venta de bonos, el emisor de esos bonos usualmente tendrá restricciones estrictas en cuanto a las condiciones del título de la propiedad (el sitio) que será usada parcialmente para los bonos.

La mayoría de los convenios de bonos no permiten que las propiedades contengan restricciones del uso de la superficie, otorgamientos exclusivos a terceros, títulos con gravámenes o con otras restricciones que de alguna manera puedan disminuir la capacidad de los portadores de los bonos para recuperar sus inversiones en el momento que no le paguen los préstamos de los bonos.

Como resultado, para los proyectos financiados por bonos públicos, esto hace que se tenga la necesidad de adquirir los títulos adecuados así como si el comprador fuera a financiar el proyecto con sus propios fondos.

Hay que estar preparados para lo que significa el financiamiento y estar listos para ajustar sus procesos.

2.3 Proceso de selección de sitio

Consiste en cinco fases:

1. Entendimiento Cliente / Vendedor
2. Selección inicial del sitio
3. Selección preliminar del sitio
4. Selección final del sitio
5. Aseguramiento final del sitio

Cada fase se describe a continuación:

2.3.1 Entendimiento Cliente / Vendedor

Se debe llevar a cabo una reunión con el cliente para establecer las metas para el proceso de adquisición del sitio y para establecer la responsabilidad para cada etapa del proceso, la adquisición del sitio depende de los requerimientos de la cobertura del cliente, sin embargo, hay que asegurarse que el equipo de diseño realmente entienda esos requerimientos. La aceptación del sitio por el cliente dependerá de que se hayan cumplido los requerimientos de la cobertura. El personal de adquisición del sitio debe trabajar conjuntamente con el equipo de diseño del sistema para asegurarse el completo entendimiento de los requerimientos de cobertura del cliente.

2.3.2 Selección inicial del sitio

Una vez que los requerimientos de cobertura son identificados y acordados por el cliente y por el vendedor algunas herramientas pueden ser utilizadas para pronosticar la cobertura y localizar la zona objetivo. Estas zonas objetivo son posteriormente investigadas por el administrador de sitios adquiridos y evaluadas para su conveniencia. La adquisición del sitio para sistemas de multisitio empieza con el trabajo de oficina para identificar las posibles localidades. El encargado de la adquisición del sitio debe trabajar conjuntamente con los ingenieros de telecomunicaciones para localizar la zona objetivo que cumpla los requerimientos de cobertura del sistema. La búsqueda debe ser coordinada de tal manera que el encargado de la adquisición del sitio tenga la seguridad de que el sitio concuerde con los requerimientos de cobertura y con los estudios de radiofrecuencia.

Es importante identificar las diferentes localidades de cada sitio. Únicamente una visita de campo puede determinar la localidad que más convenga como un prospecto final.

Muchos de los trabajos de investigación preliminares pueden realizarse en la oficina utilizando los siguientes recursos:

- Utilizando los planos del registro de impuestos del país (Registro de la propiedad inmueble para Guatemala) que determine quien es el dueño de la propiedad y el tamaño del lote, así como la accesibilidad a la vía pública.
- Utilizando mapas geológicos que determinen la cobertura de la tierra en general, topografía, vegetación, accesibilidad de sitios y para identificar áreas pantanosas.
- Utilizando mapas y datos de aeronáutica o su equivalente que determine los sitios próximos a aeropuertos y para eliminar áreas que son rechazadas por Aeronáutica Civil durante su proceso de solicitud.
- El sistema de posicionamiento global es necesario para ciertos sistemas. Utilizando mapas de topografía o un receptor del sistema de posicionamiento global puede determinar cuándo un receptor del sitio puede ser orientado apropiadamente para recibir señal de satélite.
- Contactar las compañías locales de electricidad para determinar la disponibilidad de energía cerca del sitio y el costo para brindar la energía al sitio.

- Contactar las compañías de telefonía local para determinar la disponibilidad del servicio local de telefonía, así como de líneas E-1 al sitio.

2.3.3 Selección preliminar del sitio

Después que los sitios han sido determinados como los más convenientes y habiéndose utilizado las herramientas disponibles desde la oficina, cada sitio debe ser visitado para futuras evaluaciones de su idoneidad.

2.3.4 Selección final del sitio

Antes que la localidad preliminar sea clasificada como la localidad final, debe hacerse lo siguiente:

- Búsqueda del título
- Trabajo de medición topográfico y divisorio
- Estudios ambientales y de pantanos
- Consideración de división por zonas
- Problemas que pueden tener los títulos (gravámenes)

Una vez se haya finalizado la medición topográfica, se empieza a realizar las perforaciones en la tierra para determinar los sitios idóneos para una torre. Las solicitudes de Aeronáutica Civil son presentadas para buscar cualquier restricción en la altura. Deben llevarse a cabo mediciones de campo para asegurar que la fiabilidad del enlace microonda esté dentro de las especificaciones requeridas.

Si no se realiza cualquiera de los puntos anteriores satisfactoriamente, el sitio tendrá que ser descartado y comenzar una nueva búsqueda de sitio. Estos temas son discutidos con más detalle posteriormente.

2.3.5 Aseguramiento final del sitio

El aseguramiento final del sitio puede tener diferentes significados para los diferentes clientes. Si llegase a haber cualquier eventualidad excepcional que pudiera dar lugar a que el sitio fuese rechazado, este no puede considerarse como “final”. Sin embargo, en muchos casos no es práctico esperar hasta que todas las cuestiones estén resueltas antes de continuar con la implementación del sistema.

Es necesario mantener la seguridad del cliente contra los riesgos que pueda llevar un rechazo del sitio.

2.4 Eligiendo un sitio

Un sistema de comunicación puede utilizar cualquier tipo de sitios como:

- Sitios existentes ya desarrollados
- Sitios existentes sin desarrollar
- Nuevas estructuras de antenas
- Una combinación de los anteriores

Los costos pueden incidir en el uso de sitios existentes, mientras que la seguridad es un aspecto importante que conlleva al uso de sitios propios.

2.4.1 Evaluación de sitios existentes

Un sitio puede consistir en una combinación de:

- Un sitio con RF desarrollado
- Un sitio con RF sin desarrollar

2.4.1.1 Evaluando sitios de RF desarrollados

Muchas áreas urbanas y algunas rurales tienen zonificaciones estrictas y algunas restricciones para desarrollo de nuevas estructuras. Esto puede restringir la búsqueda a sitios con estructuras existentes. Estas estructuras existentes pueden ser edificios o torres, y pueden estar desarrolladas como antenas o pueden estar sin desarrollar. Si se decide utilizar un sitio existente, su desarrollo debe ser administrado y dársele el seguimiento en detalle como a un sitio nuevo.

Como estos sitios son arrendados por el dueño del lugar, el comprador debe resolver todos los aspectos sobre el arrendamiento con el dueño del sitio, el vendedor solo puede dar asesoría al comprador.

Los factores que deben considerarse al evaluar un sitio de RF ya desarrollados son:

- El sitio debe cumplir con los requerimientos de cobertura del sistema. Debe asegurarse que las antenas especificadas en el diseño puedan ser montadas en la estructura existente y que cualquier antena microonda requerida pueda ser acomodada.

- Si la estructura de la torre existente tiene un sistema combinado, debe realizarse una ingeniería de RF para asegurarse que el sistema puede compartir el sistema combinado.
- La mayoría de estructuras construidas para acomodar arrendamientos tienen la capacidad de soportar muchas antenas. Se debe verificar que la adición de equipo no sobrepase o requiera una ingeniería adicional.
- Verifique con el ente regulador si existe algún historial de obstrucciones sobre algún tipo de violaciones relacionadas con el sitio en los últimos cinco años.
- Verifique que las coordenadas, altura y marcas de obstrucción cumpla con las últimas reglamentaciones de Aeronáutica Civil. De lo contrario hay que realizar el trámite correspondiente. Verifique que el dueño del sitio este dispuesto a realizar los cambios que sean necesarios y determine quien será el responsable de notificar a los demás usuarios del sitio.
- Verifique si el sitio cuenta con un sistema de tierras, de ser así, verifique que cumpla con los requisitos indicados en este manual. (ver capítulo 5).
- Verifique que el sitio cuente con un itinerario de mantenimiento documentado y que éste se cumpla.
- Verifique que las condiciones ambientales del cuarto de equipo sean adecuadas para la adición de su equipo, como también para futuras expansiones.

- Verifique que el lugar donde se encontrará el equipo cuente con accesos convenientes, tanto para su instalación como para su mantenimiento.
- Verifique que las condiciones de seguridad del sitio sean adecuadas para el equipo así como para el equipo de transmisión.
- Verifique las condiciones del sitio sobre protección para interferencia de RF y verifique que cumplan con las necesidades del equipo a ser instalado. Para más información ver la parte de “Minimizar interferencias en un sitio” en el capítulo 5 de este manual.
- Verifique las fechas de expiración de arrendamiento del sitio, si las fechas están próximas puede verse en riesgo la implementación del sistema.
- Asegúrese que el contrato del cliente con el arrendante incluye los permisos apropiados para asegurar que los derechos de arrendamiento del cliente sean los adecuados para mantener los servicios en operación las 24 horas del día, los siete días de la semana, en el caso de una emergencia.
- Verifique que el contrato de arrendamiento cuente con una cláusula que tome en cuenta los desastres naturales y riesgos.
- Verifique que existan planes de contingencia en caso de desastres.
- Verifique y evalúe el impacto potencial de compatibilidad electromagnética en el sitio.
- Verifique que la administración del sitio permitirá que se coloquen en el área de trabajo señalización de advertencias para protección del personal.

- Compare los costos de arrendamiento del sitio con otros similares en la misma área.
- Verifique que el contrato de arrendamiento haya sido revisado por el asesor legal del cliente antes de tomar acciones sobre el sitio.
- Si es necesario verifique si será permitido instalar un sistema de distribución y antenas RF, debido a que existen sistemas integrados que no trabajan bien con otros sistemas de transmisión y recepción que puedan existir en el sitio.
- Verifique que la estructura de la antena soporte futuras expansiones.
- Verifique si el sitio escogido se encuentra en riesgo de desastres naturales como incendios, forestales, terremotos o inundaciones.
- verificar incompatibilidades potenciales con actividades en los alrededores como colegios, fábricas o bodegas que utilicen materiales de alto riesgo o corrosivos que dañen el ambiente.
- Verifique si el arrendatario del sitio esta autorizado para realizar trabajos de construcción o debe contratar a un tercero aprobado por el dueño.

2.4.1.2 Evaluando sitios existentes no desarrollados

Además de las condiciones para sitios existentes desarrollados, los siguientes aspectos deben ser considerados para evaluar nuevos sitios en edificios o azoteas:

- Verifique que el piso o techo de la estructura es adecuado para soportar el equipo a ser instalado, incluyendo gabinetes pesados y bancos de baterías grandes.
- Contacte al administrador del sitio para coordinar la logística de transporte de instalación del equipo y las antenas.
- Verifique que el edificio cuente con un sistema de alarmas.
- Verifique si será necesario el uso de equipo especial como grúas o montacargas para la instalación del equipo. Pueden existir restricciones sobre horarios o lugares para subir equipos a las azoteas.
- Si la instalación requiere el uso de cobertizos, verifique si la azotea requiere refuerzos o re-ingenierías.
- Revisar la existencia de motores en los alrededores que puedan producir polvo de carbón (carboncillo).
- Revisar si existen restricciones para el montaje de antenas externas en el edificio, como antenas de microondas, satelitales, etc.
- Verifique que se cuente con vista clara hacia el horizonte.
- Verifique la adquisición y funcionamiento de receptor GPS.
- Investigue si existen incompatibilidades o deficiencias en el sitio.

- Verifique que la transmisión o recepción del RF no viole regulaciones de la zonificación aplicables, de lo contrario verifique si hay disponible una variación de zonificación.

2.4.2 Evaluando nuevos sitios

Seleccionar un sitio para una nueva torre requiere de una serie de factores a ser considerados.

Existirán varios niveles de relación entre estos factores y su balance determinará que tan adecuado es el sitio. Algunos puntos serán más críticos que otros, pero un punto aparentemente insignificante puede llegar a causar dificultades que pueden llegar a volver el sitio inutilizable.

Como mínimo estos factores deben incluir:

2.4.2.1 Aspectos de construcción

Propiedades pertenecientes al cliente: el cliente puede contar con propiedades que se ajusten para sitios de torres. Como prioridad deben usarse propiedades del cliente.

Siempre se deben verificar las estructuras y restricciones en la zona que puedan prohibir el uso de la propiedad para colocación de torres. Asegúrese de investigar todas las propiedades a profundidad y en los inicios del proceso de adquisición de sitios, aún si estos pertenecen al cliente.

- Sistemas de tierras: evalúe el esfuerzo y costo de desarrollar un sistema de tierras en todos los sitios potenciales.

- Capacidad de expansión del sitio: evalúe las necesidades de expansión, según las predicciones del cliente y verifique si el sitio puede soportarlas.
- Propiedades pertenecientes al gobierno: cuando se trabaja con agencias del gobierno reúna a los representantes que tengan incumbencia en el área a utilizar y hágalos saber lo que ha sido planeado, ya que pueden ayudarle a encontrar una buena ubicación para la torre. Es de tomar en cuenta que pueden existir algunos intereses que pueden ser contrarios a la construcción de torres para antenas. Estas discusiones pueden llegar a resolver algunas disputas intergubernamentales.
- Accesibilidad del sitio: un sitio de comunicaciones debe contar con un acceso adecuado para el equipo. Para que un sitio sea adecuado debe contar con vías de acceso y derechos de ingreso apropiados.
- Debe verificarse si el sitio cuenta con buena cobertura, conectividad para microondas, que no existan problemas ambientales o de zonas pantanosas, pero si no cuenta con un acceso legal, puede causar inconvenientes, sobre todo si para la compra se contempla algún financiamiento, pues la institución financiera puede rechazarlo al tomar esta deficiencia como un riesgo colateral.
- Debe considerarse el clima, ya que sitios en lo alto de colinas o montañas pueden brindar una muy buena cobertura pero su acceso puede ser muy difícil, especialmente en temporadas de invierno, por lo que estudios en tiempo de verano pueden ser descartados. Verifique con la comisión local encargada del mantenimiento de dichos accesos antes de tomar una determinación.

- Trayectorias de microondas: en los sitios que requieran enlaces de microonda para conectarse a otros sitios requieren que las antenas tengan una trayectoria sin obstrucciones entre ellas. Determine la altura requerida para que las antenas puedan verse eléctricamente y determine los costos de construir torres para poder colocarlas a esa altura, así como los costos de obtener las aprobaciones necesarias de agencias reguladoras y autoridades locales.
- Permisos: hay que considerar los contratiempos para poder adquirir todos los permisos necesarios para construir el sitio, así como los certificados de zonificación, permisos de construcción, planos de mitigación de pantanos, etc.
- Costo: hay que tener cuidado con los costos asociados con un sitio potencial. Cuando los costos exactos no han estado disponibles en este punto del proceso, hay que sacar un presupuesto estimado de los riesgos y costos que puedan ser entregados a la gerencia y al cliente. Si solo es necesario estimar únicamente los costos, se recomienda poner los costos más altos de lo normal. El administrador de la adquisición del sitio debe establecer el método de rastreo de costos de acuerdo a los requerimientos especificados en el contrato.

Otro factor que produce un gasto es el tiempo. Sí el permiso es afectado por haber grupos de ambiente o vecinos que no estén de acuerdo con el proyecto, éste puede verse afectado y atrasarlo, hasta que se vuelva viable.

Algunas veces la propiedad de una localidad que se encuentre cercana al mercado meta es más costosa. En algunos casos las cimas se encuentran escasas y de esta manera son más costosas. Mantenga la perspectiva del

costo de la propiedad. Conseguir una cima que se encuentre con cobertura suficiente de microonda, energía AC y accesibilidad, esto hace que la propiedad se encarezca un 150% más que el valor del mercado y aún así, al final lo hace más accesible que construir dos torres con la misma cobertura.

A continuación se detalla un listado importante que se debe tomar en cuenta para realizar el rastreo de costos:

- Costo de la propiedad
 - Costos de la accesibilidad del camino
 - Costo de la zonificación y procesos del permiso
 - Costos de restauración / Resolución de pantanos
 - Costo de mitigación de los desechos riesgosos
 - Costos de permisos de construcción
 - Costos de suministros
 - Costos relacionados con tierras
-
- Títulos sin gravámenes: asuma que habrán algunos aspectos que resolver en los títulos en las transacciones de bienes raíces. Si la resolución de estos aspectos retrasa el proyecto, considere buscar sitios con títulos sin gravámenes.
-
- Facilidades: verificar que se cuente con las facilidades requeridas para el sitio a desarrollar. Algunos proveedores de servicios de comunicaciones no proveen servicios de transmisión en algunas zonas. Sí es el caso puede requerirse la compra, instalación y licenciamiento de una portadora de microonda de 2 GHZ.

- Verificar que se cuente con suministro de corriente alterna. La construcción de este tipo de facilidades puede resultar muy caro, por lo que debe considerarse al seleccionar sitios para torres.
- En algunos casos las autoridades locales puede requerir que los servicios comerciales se provean en forma subterránea. El costo de servicios de electricidad y comunicaciones que se proveen en forma subterránea puede llegar a ser el doble de los que se proveen en forma tradicional.
- Pueden existir varios proveedores de facilidades lo que hace conveniente realizar cotizaciones con todos, haga contacto con ellos y suminístreles toda la información que necesiten.

2.4.2.2 Aspectos ambientales

Las siguientes consideraciones ambientales pueden afectar los costos y el cronograma del proyecto si no son tomados en cuenta:

Pantanos: el proceso de investigación de sitios debe incluir una delineación de las ubicaciones de pantanos para poder localizar las zonas pantanosas, de esta manera el diseño final podrá acomodarse a dichas áreas o podrán solicitarse los permisos necesarios. La delineación de los pantanos debe ser realizada por un contratista calificado.

Si un sitio potencial contiene áreas pantanosas, en algunos casos, deberá obtenerse un permiso que permita trabajar en áreas fangosas. En otros casos, las regulaciones mandatorias exigen que se reemplacen dichas áreas y de esta manera el costo del proyecto se incremente considerablemente.

La construcción dentro de una designada área pantanosa requiere una extensión de permisos y costos adicionales. En muchos casos, es simplemente imposible construir en áreas pantanosas debido a aspectos regulatorios.

Especies protegidas: se debe determinar si un sitio propuesto se encuentra en el área del hábitat de alguna especie animal o planta protegida, pues su presencia puede volver el lugar inutilizable. También debe considerarse si el sitio se encuentra en la trayectoria de aves migratorias.

Desperdicios riesgosos: si existen desechos de desperdicios riesgosos o de otro material tóxico en o cerca del sitio potencial, es muy importante determinar la extensión y exposición al desecho.

Estudio de suelos: es necesario realizar un estudio de suelos para cada sitio, el responsable de adquirir el sitio debe estar enterado de cualquier particularidad como rocas expuestas, capas rocosas, etc. Para que el encargado de construcción este enterado tan pronto como el sitio es seleccionado como posible candidato.

2.4.2.3 Aspectos políticos

Se ha incrementado la resistencia pública a torres de comunicación. Algunos ciudadanos están formando grupos para detener su construcción. Muchos planos de zonificación municipal ahora restringen la proliferación de torres. Para prevenir que el proyecto se vuelva un blanco de estos aspectos, trate de trabajar dentro de las normas de las regulaciones locales. Regularmente es más fácil obtener permisos para construcción de sitios en zonas con menos restricciones de regulación.

Torres y equipo de transmisión de RF que no corresponden con el entorno pueden ser un recordatorio constante para todos de que el proyecto es sensitivo para el bienestar público. Batallas judiciales pueden retrasar el desarrollo del sitio y por ende del proyecto. Para evitar retrasos largos y costosos considere el desarrollo de sitios alternativos acorde a las referencias de los residentes locales.

2.5 Equipo de campo

A continuación se describe el equipo recomendado para llevar a cabo visitas a sitios potenciales:

2.5.1 Vehículos

Debido a la necesidad de llegar lo más cerca posible al sitio con tanta cantidad de equipo como sea posible, se recomienda el uso de vehículos todo terreno durante la adquisición del sitio, debido a que cuenta con una buena distancia del vehículo al suelo y la tracción necesaria para alcanzar sitios remotos.

Se debe considerar la instalación de un cabestrante para liberar el vehículo si se queda atascado, así como para mover obstáculos como árboles caídos en el camino. Se recomienda el uso de un cabestre de 9,000 libras que pueda ser movido fácilmente del frente a la parte posterior del vehículo y con receptor de gancho.

Algunos sitios pueden ser accesibles sólo por helicóptero. Considere agregar los costos asociados para dichos sitios.

2.5.2 Manejo seguro

El manejo es una de las actividades riesgosas asociadas con la adquisición del sitio. Nunca se debe manejar mientras se esta revisando algún mapa o viendo la pantalla de la computadora. El personal debe contar con los permisos para conducir vigentes y acordes al tipo de vehículo que utilizarán.

2.5.3 Organización

Mantenga todos los materiales necesarios (mapas topográficos, mapas de caminos, computadora, etc) en un lugar de fácil accesibilidad en el vehículo.

Mantenga la mayor cantidad posible de información en formato electrónico y guárdelo en su computadora. Guarde la información recolectada en bases de datos relacionadas para fácil búsqueda.

El vehículo debe estar provisto con cajas de herramientas para llevar las herramientas y equipo requerido en forma segura y evitar robo o pérdida de los mismos.

2.5.4 Carta informativa

Los residentes del lugar observan con cautela las visitas al sitio. Para evitar desconfianza de los residentes siempre se debe utilizar identificaciones y una carta donde el dueño brevemente explique el proyecto y lo que se esta realizando.

Esa carta debe contar con un número de teléfono para consultas. Siempre deben utilizarse las identificaciones en lugares visibles.

2.5.5 Herramientas

Las herramientas que se recomienda tener disponibles son:

- Compás
- Cinta adhesiva (de por lo menos 60 mts. o 200 pies)
- Botiquín (primeros auxilios)
- Una hacha sencilla
- Un machete
- Cables para paso de corriente
- Cinta para remolcar
- Estacas de madera para señalización
- 5 ó 10 rollos de cinta anaranjada de sobrevivencia

2.5.6 Computadoras y programas

Es indispensable contar con computadoras personales equipadas con mapas topográficos, aplicaciones de mapas, correo electrónico, procesadores de texto, bases de datos y aplicaciones de hojas electrónicas para reunir y analizar información durante la adquisición del sitio.

Consiga una computadora lo suficientemente resistente para soportar uso pesado en un ambiente para aplicaciones de movilidad. La pantalla debe ser tan grande como sea posible sin por ello dejar de ser práctica y debe verse en plena luz del día. Debe contar con lector de CD para poder correr aplicaciones.

La transferencia de información entre miembros del equipo de trabajo es más eficiente si todos cuentan con los mismos productos y las mismas versiones de aplicaciones. Se recomienda tener las siguientes aplicaciones:

- Hojas electrónicas
- Procesadores de texto
- Aplicaciones de correo electrónico
- Aplicaciones de bases de datos que permiten capturar y evaluar la información del sitio, es indispensable para el proceso de la adquisición, además de facilitar la generación de reportes de estado del proyecto.
- Aplicaciones de mapas de caminos y carreteras
- Interfases para aplicaciones de GPS (que típicamente se proveen con el equipo)
- Aplicaciones tipo CAD

2.5.7 Equipo GPS

Un dispositivo GPS (sistema de posicionamiento global por sus siglas en inglés) es vital para localizar su posición en mapas topográficos o aplicaciones que lo requieren. Compre productos que puedan interfazarse con su computadora o aplicaciones informáticas.

Un dispositivo de GPS también es vital para asegurar que el sitio propuesto permitirá la instalación de un receptor GPS.

2.5.8 Equipo de comunicación

Radios de doble vía son indispensables si se requiere comunicación con supervisores y otros trabajadores. Como siempre es probable que no se cuente con cobertura en áreas donde se llevarán a cabo investigaciones de sitios.

Un teléfono celular permite la comunicación con la oficina y con el cliente. Debido a la extensión de las áreas a investigar para sitios potenciales, es posible que varias empresas le provean el servicio, por lo que se debe verificar las áreas de cobertura y tener cuidado con la posibilidad de cargos adicionales que puedan ocurrir en áreas extensas.

En áreas muy remotas los teléfonos satelitales pueden llegar a ser el único medio de comunicación.

2.5.9 Mapas topográficos

Copias físicas de los mapas de una región completa pueden llegar a tener un costo elevado y posiblemente solo se necesiten algunos, pero normalmente es difícil determinar cuáles se usarán en los inicios del proyecto, cuando se comprarán los mapas. Se recomienda el uso de mapas con precisión de 7.5 minutos

Se encuentran disponibles en el mercado mapas para computadora eliminando la necesidad de utilizar copias físicas en el vehículo, estas aplicaciones permiten realizar búsquedas por coordenadas, ciudades, poblaciones o algunos otros criterios.

Pueden utilizarse marcadores de diferentes tipos para ser utilizados en los mapas y guardarlos para mostrar localizaciones de los sitios y cualquier otra información.

3. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SITIO

El diseño y desarrollo de un sitio de comunicaciones es crítico no solo para el óptimo funcionamiento del sistema de comunicaciones, sino también para la seguridad del personal de instalación y mantenimiento del sitio.

Los planes y guías finales deben ser proveídos por una firma de ingenieros. Esto asegura que el diseño sea adecuado para las condiciones del sitio y asegura el tener registros de la construcción disponibles. Todo trabajo debe cumplir las leyes y regulaciones aplicables por las autoridades jurisdiccionales.

3.1 Planeamiento

El planeamiento del desarrollo de un sitio de comunicaciones es crucial debido a la cantidad de actividades paralelas y entre-cruzadas envueltas en la construcción del mismo y que estas deben ser organizadas para completar efectivamente el proyecto.

3.1.1 Revisión de constructabilidad

Constructabilidad es el uso óptimo del conocimiento en construcción y experiencia en planeamiento, diseño y operación en campo para alcanzar los objetivos del proyecto.

Todas las partes del proyecto deben involucrarse en un programa de constructabilidad en los inicios del proyecto para asegurar que existe la máxima influencia en la totalidad de los costos, calidad, funcionalidad y tiempos.

3.1.2 Caminatas en el sitio

Las caminatas en los sitios familiarizan a los involucrados con el plan de desarrollo para un sitio propuesto. Después de que un sitio ha sido confirmado, se debe realizar una caminata para examinarlo a tanto detalle como sea posible y determinar claramente las responsabilidades para todos los aspectos del desarrollo del sitio. Esto ahorra tiempo, anima múltiples opiniones y asegura que todos los involucrados estén de acuerdo con los diseños preliminares.

Como mínimo debe tomarse en cuenta lo siguiente en una visita al sitio:

- En facilidades existentes debe probarse y medirse la integridad del sistema de tierras.
- Realizar mediciones de la resistencia del suelo.
- Escoger el lugar específico para las facilidades (para futuras referencias y entregas de equipo).
- Se debe discutir el diseño del sitio y llegar al acuerdo general sobre el diseño, posterior desarrollo del sitio y sus características.
- Buscar la ubicación de las facilidades comerciales más cercanas (red de energía eléctrica, comunicaciones, etc.).

- Observar la accesibilidad. El acceso al lugar es la mayor importancia y debe ser bien investigado en ese momento. Todos los aspectos de servidumbre y seguridad deben ser investigados.
- Investigar las consideraciones de carga. Todas las restricciones de carga ya sea en el acceso, elevadores, piso, etc., deben ser investigadas cuidadosamente. Obtener permisos de acceso especiales puede ser un consumidor de tiempo importante en el proyecto.
- Verifique todo lo concerniente con el ambiente, pantanos, sitios de desechos, derrames de aceite, pilas de basura, paradas de camiones y estaciones de gasolina.
- Verifique el tipo de propiedad (privada, pública, etc.).
- Para torres existentes se recomienda que los diseñadores originales realicen estudios y análisis de estructuras y cimientos para el soporte de nuevas antenas, y realizar estudios de interferencias con las otras antenas en la torre.

3.1.3 Planos para el desarrollo del sitio

Para asegurar que los planos para el desarrollo del sitio cumplen con las especificaciones y regulaciones jurisdiccionales, se recomienda consultarlo con una firma de ingenieros reconocida. Los planos típicamente deben incluir:

Plano del sitio mostrando lo siguiente:

- Composición general y trazados relacionados con los alrededores.
- Localización de accesos.
- Perfil de los caminos existentes o perfil de los caminos a construir indicando el tipo de camino.
- Plano de cimentación.
- Planos de elevaciones indicando los grados de elevación de las diferentes partes el sitio (fundiciones, caminos, torres, etc.).
- Diseño del sistema de tierras que muestre los requerimientos exteriores de aterrizajes y medidas de resistencia de tierra.

Cimientos de la caseta para el equipo con sus detalles que incluya:

- Trazado de cimientos (largo, ancho y profundidad).
- Diagrama unifilar de instalación eléctrica.
- Detalles de instalación de líneas telefónicas o servicios de comunicaciones.
- Plano de la valla perimetral con sus anclajes mostrando su instalación típica.

3.1.4 Facilidades temporales

Los siguientes artículos son típicamente requeridos durante la construcción. Asegúrese de tener provisiones de ellos antes de que la construcción inicie para tenerlos disponibles cuando se necesiten:

- Acceso público.
- Teléfono.
- Agua Potable.

- Sanitarios y facilidades para limpieza.
- Energía eléctrica.
- Vertederos y servicio de extracción de basura (no se debe quemar basura en el sitio).
- Restricciones de acceso a la caseta del equipo (no debe usarse la caseta como lugar de trabajo).
- Remolques para el personal y el equipo.

3.1.5 Energía eléctrica

Los siguientes pasos deben seguirse para coordinar la instalación del servicio eléctrico. Algunos aspectos pueden no aplicar a todos los proyectos. Asegúrese que alguien del proyecto sea responsable de dar seguimiento y documentar el proceso de instalación del servicio eléctrico.

- Se recomienda que se establezca a una persona de la empresa proveedora del servicio como punto de contacto. Asegúrese que sean entendidos los métodos y procesos de seguimiento de órdenes de trabajo de la empresa proveedora del servicio. Normalmente se asigna un número de rastreo o seguimiento para el cliente.
- Donde sea posible mantenga los postes y acometidas a por lo menos 60 metros del área de trabajo mientras dure la construcción. Esto evitará contactos accidentales y riesgos a los equipos de construcción y mantenimiento.

- Para simplificar la instalación de sistemas de tierra solicite que el acceso del servicio eléctrico al sitio tan cerca como sea posible al punto de entrada de las líneas de transmisión para la antena. Debe verificarse que exista una separación adecuada entre las líneas de energía y las líneas de transmisión (ver Artículo 810 de NFPA 70) Esto requerirá la coordinación entre el ingeniero desarrollador del sitio y constructores de la caseta.
- Los proveedores del servicio de energía eléctrica suelen trabajar por regiones. Asegúrese que sea claramente definido quien será el proveedor de la facilidad.
- Coordine la instalación de todas las facilidades necesarias como teléfono, comunicaciones, etc.
- Debe verificarse y definirse la información específica para otros requerimientos del sitio como generadores, UPS, etc.
- Obtener los costos estimados de la instalación de servicios de las compañías proveedoras.
- Insista en obtener la programación y especificaciones de la instalación de los servicios por parte del proveedor. Es importante verificar que el proveedor interprete su solicitud de servicio correctamente. Es más fácil corregir problemas en la fase de diseño que después de que el servicio ha comenzado a instalarse.
- Los proveedores de servicios usualmente requieren una dirección del sitio antes de conectar los servicios. Es común que las autoridades de la población asignen la dirección si el sitio no cuenta con una.

- Los medidores típicamente son suministrados por el proveedor del servicio. Asegúrese de verificar quien es el responsable de proveer los medidores de electricidad.

3.1.6 Consideraciones Geotécnicas

Investigaciones geotécnicas son requeridas en todos los proyectos que involucran cimentaciones. La información de estos estudios debe ser proveída a los diseñadores de torres y estructuras en un formato compatible.

A menos que se especifique otra cosa el anclaje y cimientos de las torres deben cumplir la más reciente revisión de la norma ANSI / EIA / TIA-222.

- Suelo normal, debe ser definido suelo de tipo cohesivo con:
 - Una capacidad de carga vertical de 4,000 libras por pie cuadrado
 - Una capacidad de carga horizontal de 400 libras por pie lineal de profundidad hasta un máximo de 4,000 libras por pie cuadrado.
- Rocas, suelo no cohesivo, saturado o sumergido no deber ser considerado normal.
- Para cada capa de suelo encontrada deben determinarse los siguientes aspectos por medio de estudios de campo o laboratorio y adicionados al reporte de suelos dependiendo de los tipos de cimientos a utilizar.
 - Valores de penetración estándar.
 - Clasificación de suelos y elevaciones.
 - Ángulos de fricción interna.
 - Resistencia de compresión y cohesión.

- Capacidad de corte, tensión y compresión (para pilotes, diques, etc.).
- Densidad del suelo y contenido de humedad del sitio.
- Fluctuaciones de humedad en el suelo esperadas.
- Cuando se realizan perforaciones, se debe determinar el índice de elasticidad y consolidación de la superficie.
- Los tipos de cimientos recomendados para compresión, carga y carga lateral.
- Técnicas de construcción para asegurar que se obtendrán los parámetros de diseño.

3.2 Medición de la resistividad del suelo

El factor más importante de la resistencia a tierra no es el electrodo en sí, sino la resistividad del suelo mismo, por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar la puesta a tierra de sistemas.

La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste, para conducir electricidad, es conocida además como la resistencia específica del terreno. En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, obteniéndose lo que se denomina "Resistividad Aparente", y es conocida simplemente como "Resistividad del Terreno".

Se define el término resistividad, como la resistencia que ofrece al paso de la corriente un cubo de terreno de un metro por lado. Su representación dimensional debe estar expresada en Ohm-m, cuya acepción es utilizada internacionalmente.

La resistividad del terreno varía ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre, estando determinada por:

- Sales solubles
 - Composición propia del terreno
 - Estratigrafía
 - Granulometría
 - Estado higrométrico
 - Temperatura
 - Compactación
-
- Sales solubles: la resistividad del suelo es determinada principalmente por su cantidad de electrolitos; esto es, por la cantidad de humedad, minerales y sales disueltas.

 - Composición del terreno: la composición del terreno depende de la naturaleza del mismo. Por ejemplo, el suelo de arcilla normal tiene una resistividad de 40-500 ohm-m, por lo que una varilla electrodo enterrada tres mts. tendrá una resistencia a tierra de 15 a 200 ohms respectivamente. En cambio, la resistividad de un terreno rocoso es de 5000 ohm-m o más alta, y tratar de conseguir una resistencia a tierra de unos 100 ohm o menos con una sola varilla electrodo es virtualmente imposible.

 - Estratigrafía: el terreno obviamente no es uniforme en sus capas. En los tres mts. de longitud de una varilla electrodo típica, al menos se encuentran dos capas diferentes de suelos. En el apartado 3.2.5 se encuentran ejemplos de diferentes perfiles de resistividad.

- Granulometría: influye bastante sobre la porosidad y el poder retenedor de humedad y sobre la calidad del contacto con los electrodos aumentando la resistividad con el mayor tamaño de los granos de la tierra. Por esta razón la resistividad de la grava es superior a la de la arena y de que ésta sea mayor que la de la arcilla.
- Estado Higrométrico: el contenido de agua y la humedad influyen en forma apreciable. Su valor varía con el clima, época del año, profundidad y el nivel freático. Como ejemplo, la resistividad del suelo se eleva considerablemente cuando el contenido de humedad se reduce a menos del 15% del peso de éste. Pero, un mayor contenido de humedad del 15% mencionado, causa que la resistividad sea prácticamente constante. Y, puede tenerse el caso de que en tiempo seco, un terreno puede tener tal resistividad que no pueda ser empleado en el sistema de tierras. Por ello, el sistema debe ser diseñado tomando en cuenta la resistividad en el peor de los casos.
- Temperatura: a medida que desciende la temperatura aumenta la resistividad del terreno y ese aumento se nota aún más al llegar a 0° C, hasta el punto que, a medida que es mayor la cantidad de agua en estado de congelación, se va reduciendo el movimiento de los electrolitos los cuales influyen en la resistividad de la tierra
- Compactación: la resistividad del terreno disminuye al aumentar la compactación del mismo. Por ello, se procurará siempre colocar los electrodos en los terrenos más compactos posibles.

3.2.1 Medición de la resistividad del suelo

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísicos, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de radiofrecuencia. Asimismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas.

En general, los lugares con resistividad baja tienden a incrementar la corrosión.

En este punto es necesario aclarar que la medición de la resistividad del terreno, no es requisito para hacer una malla de puesta a tierra. Aunque para diseñar un sistema de tierras de gran tamaño, es aconsejable encontrar el área de más baja resistividad para lograr la instalación más económica.

El perfil de la resistividad del suelo determinará el valor de la resistencia a tierra y la profundidad de nuestro sistema de puesta a tierra.

Para medir la resistividad del suelo se requiere de un terrómetro (llamado en otros países: telurómetro) o *Megger* de tierras de cuatro terminales.

Los aparatos de mayor uso, de acuerdo a su principio de operación, pueden ser de dos tipos: del tipo de compensación de equilibrio en cero y el de lectura directa.

Los *Megger* de tierras deben inyectar una corriente de frecuencia que no sea de 60 Hz para evitar se midan voltajes y corrientes que no se deban al aparato sino a ruidos eléctricos. Por ejemplo, si estamos cerca de una subestación o de una línea en servicio, y vamos a realizar mediciones de resistividad y resistencia de tierra, con un aparato de 60 Hz, dichos sistemas van a inducir corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y darán una lectura errónea.

De igual manera sucede cuando los electrodos de prueba están mal conectados o tienen falsos contactos, darán señales falsas de corriente y voltaje. Si hay corrientes distintas a las que envió el aparato, éste leerá otras señales de voltaje y corriente que no son las adecuadas. Estos aparatos en ocasiones tienen oscilaciones en sus lecturas y no es posible leerlas.

Un aparato inteligente lleva conductores blindados, coaxiales, tiene sistemas de filtraje, de análisis y mide lo que encuentra, pero esa información la analiza, la filtra y luego la deduce. Por ejemplo, para hacer una medición manda una señal de 100 Hz y mide; luego manda otra señal de 150 Hz y vuelve a medir y puede seguir enviando otras altas frecuencias hasta que los valores van siendo similares, forma una estadística y obtiene un promedio.

Los *Megger* de tierras pueden ser analógicos o digitales y deben contener cuatro carretes de cable calibre 14 AWG. Para enrollamiento rápido se recomienda construir un sistema devanador que permita reducir el tiempo de la medición. Traen cuatro electrodos de material con la dureza suficiente para ser introducidos en la tierra con martillo. Son de una longitud aproximada de 60 cm. y un diámetro de 16 mm. Además de lo anterior, se hace necesario contar con una cinta no metálica de 50 mts aproximadamente.

Los *Megger* de tierras tienen cuatro terminales dos de corriente (C1, C2) y dos de potencial (P1, P2) y están numerados en el aparato C1 P1 P2 C2. Los *Megger* de tierras deben estar certificados y probados en el campo con una resistencia antes de realizar las mediciones.

Como la medición obtenida por un *Megger* de tierras es puntual, se deben hacer mediciones en un sentido, en otro a 90 grados del primero, y, en el sentido de las diagonales. En la medición de resistividad de un terreno, es común encontrar valores muy dispares, causados por la geología del terreno, por lo que es una práctica común usar una tabla con lecturas y el eliminar los valores que estén 50% arriba o abajo del promedio aritmético de todos los valores capturados. (Ver figura 2).

Figura 2. Megger de Cuatro Terminales.



3.2.2 Método de Wenner

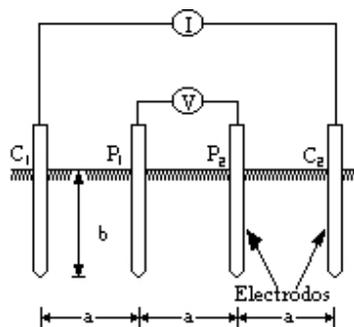
En 1915, el Dr. Frank Wenner del *U.S. Bureau of Standards* desarrolló la teoría de este método de prueba, y la ecuación que lleva su nombre.

Con objeto de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y

por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

Figura 3. Posición de electrodos para mediciones



En la figura 3 se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho := \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot R}{1 + \left[\frac{2 \cdot A}{(A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 \cdot A}{(4A^2 + 4B^2)^{0.5}}}$$

- Donde
- ρ : Resistividad promedio a la profundidad (B) en ohm-m
 - A : Distancia entre electrodos en metros.
 - B : Profundidad de enterramiento de los electrodos en metros
 - R : Lectura del terrómetro en ohms.

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

$$\rho := 2 \cdot \pi \cdot A \cdot R$$

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno de un radio igual a la separación de los electrodos.

Como ejemplo, si la distancia entre electrodos A es de tres metros, B es 0.15 mts. y la lectura del instrumento es de 0.43 ohms, la resistividad promedio del terreno a una profundidad de tres metros, es de 8.141 ohm-m según la fórmula completa y de 8.105 ohms-m según la fórmula simplificada.

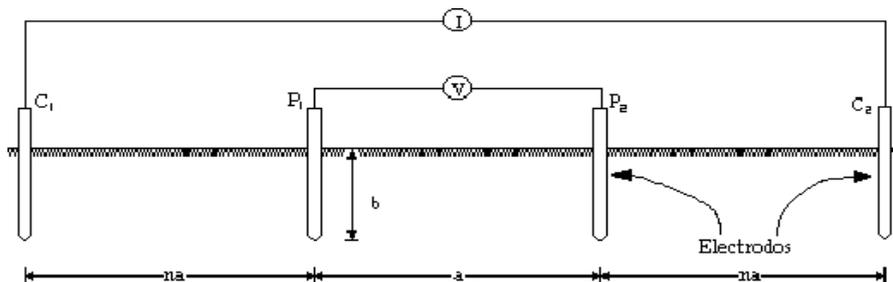
Se recomienda que se tomen lecturas en diferentes lugares y a 90 grados unas de otras para que no sean afectadas por estructuras metálicas subterráneas. Y, que con ellas se obtenga el promedio.

3.2.3 Método de Schlumberger

El método de Schlumberger es una modificación del método de Wenner, ya que también emplea cuatro electrodos, pero en este caso la separación entre los electrodos centrales o de potencial (a) se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos (na) de la separación base de los electrodos internos (a).

La configuración, así como la expresión de la resistividad correspondiente a este método de medición se muestra en la figura 4.

Figura 4. Configuración método Schlumberger



Con este método la resistividad está dada por:

$$\rho := 2 \cdot \pi \cdot R \cdot (n + 1) \cdot na$$

El método de Schlumberger es de gran utilidad cuando se requieren conocer las resistividades de capas más profundas, sin necesidad de realizar muchas mediciones como con el método Wenner. Se utiliza también cuando los aparatos de medición son poco inteligentes. Solamente se recomienda hacer mediciones a 90 grados para que no resulten afectadas las lecturas por estructuras subterráneas.

3.2.4 Perfil de resistividad

Para obtener el perfil de resistividad en un punto dado, se utiliza el Método de Wenner con espaciamentos entre electrodos de prueba cada vez mayores. Por lo general, para cada espaciamento se toman dos lecturas de resistividad en direcciones perpendiculares entre sí.

La gráfica resultante de trazar el promedio de las mediciones de resistividad (R) contra distancia entre electrodos (a) se denomina perfil de resistividad aparente del terreno, puede verse un ejemplo en la figura 5.

Figura 5. Ejemplo perfil de Resistividad



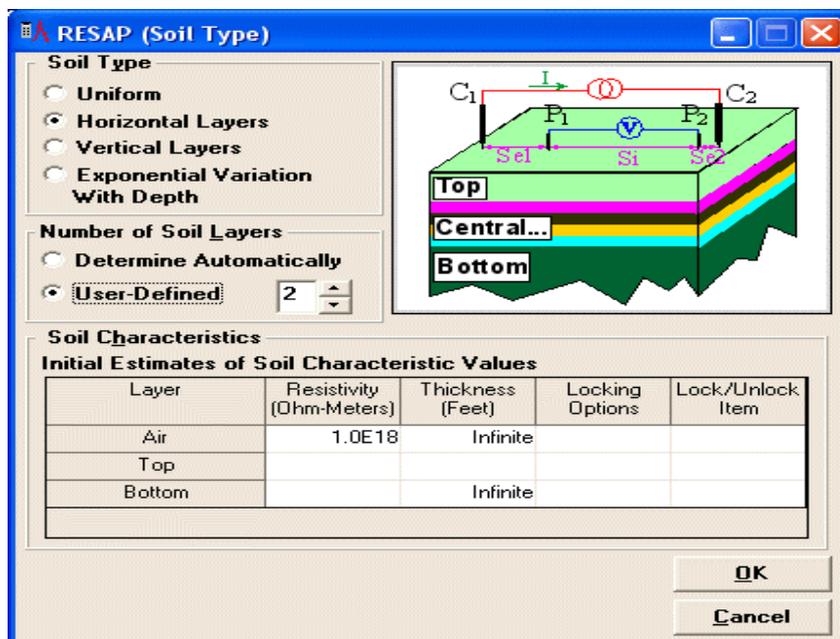
3.2.5 Datos de resistividad de suelos típicos

Tabla IV. Medidas típicas de resistividad

<u>MATERIAL</u>	<u>RESISTIVIDAD (ohm-metro)</u>
Permafrost	3500 - 4000
Asfalto Seco	$2 \cdot 10^6$ - $30 \cdot 10^6$
Asfalto Mojado	10000 - $6 \cdot 10^6$
Concreto Seco	1200-28000
Concreto Mojado	21-100
Compuesto GAP seco	0.032
Compuesto GAP con 30% de agua en masa	0.015

Existen programas para elaborar modelos del terreno con los datos de las mediciones. La figura 6 de ejemplo es del programa *RESAP- Análisis de Resistividad del Suelo* de la compañía *Safe Engineering Services and Technologies Ltd.*

Figura 6. Pantalla de programa RESAP



3.3 Diseño de fundiciones de concreto y consideraciones de instalación

En las páginas siguientes se describe el diseño, así como consideraciones y requerimientos de construcción de fundiciones de concreto para sitios de comunicaciones, incluyendo casetas prefabricadas y fundiciones de torres.

3.3.1 Diseño e implementación de fundiciones

- A menos que se especifique otra cosa, el diseño de fundición y anclaje de torres deben tomar en cuenta la revisión de la norma ANSI / EIA / TIA- 222
- Los diseños de fundiciones para casetas prefabricadas u otros equipos deben estar basados en las condiciones de suelos del sitio de acuerdo al estudio geotécnico. La planificación de fundiciones debe ser diseñado por un ingeniero profesional autorizado.
- Los planos de fundición de torres deben mostrar al menos la siguiente información:
 - Referencia al estudio de suelos incluyendo el número de archivo, fecha y firma de quien elaboró el reporte, incluyendo cálculos y diseño.
 - Capacidad de compresión requerida del concreto.
 - Grado y tipo de barras de refuerzo.
 - Requerimientos de cobertura del concreto.
 - Si se permiten uniones en frío, de ser así se debe especificar el procedimiento de unión.
 - Cualquier técnica de instalación de concreto recomendada.
- Plantas, elevaciones y secciones mostrando por lo menos lo siguiente:
 - Ancho, alto y profundidad.
 - Diámetro.
 - Grado de acabado con respecto a la parte superior de la fundición.
 - Tamaño y colocación de los armados.
 - Tipo, tamaño y colocación de pernos de anclajes.
 - Requerimientos del grado de acabado y cabezas de anclajes.
 - Metros cuadrados de concreto por pila, bóveda, parrilla, bloque o cualquier otro tipo de fundición.

- Requerimientos específicos tales como:
 - Tipo de material.
 - Espesor de vástagos.
 - Requerimientos de compactación específicos, como máxima densidad en seco.

- Cualquier otro tipo de consideraciones o información de diseño de construcción pertinente.

- Todas las excavaciones en donde se pondrá concreto deben liberarse de materiales sueltos y excesos de humedad. Si es requerido debe proveerse métodos para remover excesos de humedad de la tierra.

- Las fundiciones de concreto no deben ponerse sobre materiales orgánicos. Si suelo firme no es alcanzado a la profundidad de diseño, el material insatisfactorio debe ser retirado en su totalidad y ser reemplazado por material granular compactado o bien por concreto de la misma calidad que la especificada para la fundición.

- Todas las formaciones realizadas deber ser rígidas y bien aseguradas, así como lo suficientemente fuertes y seguras para soportar todas las cargas y esfuerzos a los que serán sometidos.

- Todo refuerzo de acero debe ser instalado y equipado de acuerdo con los diseños de fundición aprobados.

- Anclajes, pernos y todo lo relacionado con hierro debe ser colocado como se muestra en los diseños antes de cementar. Todos los elementos empotrados deben asegurarse de forma rígida durante la fundición.

- El concreto debe ser vertido en forma continua y no deben permitirse agregados por separado, además no debe vertirse a mas de ocho pies de altura (2.43 mts).
- El concreto no debe ponerse cuando la temperatura ambiente sea menor a 4.5°C (40 °F) o cuando pueda estar sujeto a temperaturas de congelamiento antes de la puesta final. El concreto debe tener una temperatura no menor a 15.5°C (60 °F) y no mayor a 32°C (90 °F). Debe mantenerse a una temperatura mayor a 10°C (50 °F) por siete días.
- Personal calificado en tipos de suelo debe determinar si es posible utilizar los materiales de las excavaciones como material de relleno. Si el material no califica se debe determinar el o los materiales a utilizar, que pueden ser:
 - Tierra, arcilla, arcilla plástica, arena o grava.
- No se deben utilizar rocas con dimensiones mayores a seis cms. (2.5 pulgadas).
- Si se utiliza material de las excavaciones las rocas deben ponerse en capas.
- El material de relleno debe ponerse en capas no mayores a 30 cms. (12 pulgadas) de espesor antes de ser compactadas. Las condiciones de los rellenos pueden variar dependiendo de las condiciones del sitio.

3.4 Descarga de casetas con equipo

El tipo de caseta determina el método a utilizar para descargarla del camión que lo transporta. Típicamente las casetas necesitan guías hidráulicas grandes y extensos aparejos para descargarlos y colocarlos en su sitio (ver figura 7).

Las grúas se deben inspeccionar y probar por personal especializado antes de ser utilizadas.

Figura 7. Descarga de caseta con equipo



3.5 Diseño de torres

Todas las torres deben ser diseñadas por ingenieros especializados en diseño de estructuras para torres. (Ver tabla V). La altura de la torre es determinada por varios factores entre los que se incluyen:

- Cobertura requerida de RF.
- Cobertura requerida de potencia radiada efectiva.
- Ubicación.
- Probabilidad de riesgo de sismos.
- Área disponible.
- Estructuras existentes en los alrededores.
- Condiciones del terreno.
- Altura requerida de la antena.

A menos que se especifique otra cosa, todas las torres y fundiciones deben cumplir con la última versión del estándar ANSI /EIA-TIA No. 222.

Tabla V. Comparación de torres

Factor	Auto-Soportada	Arriostrada o Atirantadas	Mono-Polo
Costo	<ul style="list-style-type: none"> • Alto • Se requiere más material • Alto costo por fundición 	<ul style="list-style-type: none"> • Moderado • Requiere costo de ensamblaje • Mayor costo de terreno por requerir mas área para los cables atirantados 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo

Rigidez	<ul style="list-style-type: none"> • Alto • Las estructuras son más estables y tienen mayor capacidad para resistir cargas de viento 	<ul style="list-style-type: none"> • Moderado • Proveen resistencia al viento pero son susceptibles a torque, especialmente cuando se instalan antenas tipo plato (parabólica) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo • Menor resistencia al viento que los otros tipos
Tierra requerida	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto • La ubicación de los anclajes de los cables atirantados debe estar lejos de la torre, lo que requiere de mayor terreno 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo • Se ajustan bien a las áreas urbanas con limitaciones en disponibilidad de terreno
Altura	<ul style="list-style-type: none"> • Moderado 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto • Torres atirantadas pueden exceder los 366 mts (1,200 pies) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo
Potencial de crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Alto • Mayores cargas pueden ser acomodadas en una torre auto soportada 	<ul style="list-style-type: none"> • Moderado 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo • Monopolos con capacidad de soportar espacios para renta puede aumentar significativamente su costo de construcción

3.6 Cargas de antenas

Los requerimientos de carga de las antenas son uno de los aspectos más críticos en el diseño de torres. Dentro de estos requerimientos tenemos:

- Cantidad de antenas de RF, tamaño, tipo, fabricante, frecuencia y elevación.
- Cargas de antenas de RF futuras si es requerido.
- Cantidad de antenas parabólicas de microonda, tamaño, fabricante, frecuencia, acimut, elevación.
- Requerimientos futuros de antenas microondas si son requeridos.
- Tipo y diámetro de los cables de transmisión.
- Ubicación y largo de plataformas.
- Requerimientos de iluminación.
- Requerimiento de carga de viento o hielo aplicable al sitio seleccionado.
- Sistemas de seguridad como escaleras y plataformas de descanso.
- Equipo adicional misceláneo como escudos (puentes) para hielo.

3.7 Construcción de torres

La construcción de torres debe realizarse de acuerdo con el estándar ANSI / EIA/ TIA-222 o su equivalente. Los requerimientos generales para la construcción de torres se detallan a continuación:

- Un ingeniero de RF debe realizar un estudio de compatibilidad de RF para determinar si puede existir alguna incompatibilidad con frecuencias en uso en el sitio.

- Los montajes de la antena deben ser especificados e instalados, según las recomendaciones del fabricante. Los artefactos de montaje deben estar hechos de material resistente a la corrosión.
- Personal calificado y certificado debe realizar la instalación para que se cumpla con los procedimientos asociados con este tipo de trabajos.
- El punto más alto de la antena o el pararrayos no debe exceder la altura autorizada.
- La conexión debe ser relajada entre la torre, el puente para protección de hielo y la caseta. El diseño debe permitir el movimiento independiente entre la caseta y la torre durante un terremoto, minimizando la tensión en los cables y conectores para evitar la destrucción del sistema de transmisión.

3.8 Cables de transmisión de la torre

A continuación se detallan los requerimientos de instalación de la línea de transmisión:

- Cada línea de transmisión también requiere amortiguadores adentro y/o afuera del portal de acceso a la caseta, protecciones contra rayos, y soportes de montaje en pared asociados, cualquier cable de empalme asociado, requeridos para la configuración de RF requerida. Algunos fabricantes proveen kits de líneas de transmisión, que incluyen conectores de líneas principales, cables de empalme para ambos lados del cable, kits para aterrizaje de líneas (típicamente tres por línea), sujetadores, y materiales a prueba de agua.

- Si la instalación requerirá líneas de transmisión que usen aire o nitrógeno como material dieléctrico entre los conductores, un sistema deshidratador debe ser instalado para mantener la humedad óptima del dieléctrico.
- Artefactos para relajar lo tirante de los cables deben utilizarse por lo menos cada 60 mts. (200 pies) durante la instalación de las líneas de transmisión y deben dejarse como soporte de los cables después de la instalación. Deben utilizarse cables de soporte entre los sujetadores para evitar daños en las líneas de transmisión por tensiones realizadas en un solo punto.
- Aterrizajes a tierra deben ser instalados en la parte alta y en la parte baja de las comidas verticales de cada línea y en la parte baja de las comidas verticales de cada línea de transmisión y en la puerta de entrada al edificio o caseta. Si el largo de la línea de transmisión es mayor a 60 mts (200 pies) debe instalarse con aterrizaje a tierra en el centro de la línea, o cada 60 mts. (200 pies) hasta que las distancias sin aterrizaje sean menores a 60 mts. (200 pies).
- Para minimizar la formación de condensación o hielo sobre las líneas de transmisión deben crearse curvas en forma de escurridor donde las líneas cambian de vertical a horizontal (ver figura 8).

Figura 8. Conexión de cables entra la torre y la estructura



- Las líneas de transmisión deben entrar al edificio o caseta a través de una entrada especial para transmisión.
- Para evitar que entre agua a través de la puerta de acceso de los cables asegúrese de que exista instalada una curva en forma de escurridor y que se encuentre a una altura mas baja que la puerta de acceso de los cables.
- Las líneas de transmisión no deben instalarse en lugares donde impidan el ascenso o instalación de artefactos de seguridad.
- Material en exceso de líneas de transmisión no debe ser enrollado o colgado en la torre.
- Deben considerarse futuras instalaciones al instalar las líneas de transmisión.
- Todos los conectores, empalmes, terminaciones de antenas, etc. que se encuentren en el exterior deben ser a prueba de agua.

- Las líneas de transmisión deben estar identificadas donde se encuentre cada aterrizaje a tierra utilizando abrazaderas, bandas con códigos de colores o cualquier método que identifique desde el suelo que línea corre hacia cada antena (ver figura 9).

Figura 9. Identificación de cables



3.8.1 Requerimientos para soportes de cables y protecciones para hielo

Los siguientes requerimientos deben tomarse en cuenta al utilizar sistemas de protección contra hielo y/o soportes para cables entre la caseta del equipo y la torre, lo que ayudara a minimizar que una sobrecarga alcance la caseta en caso de una descarga electroatmosférica o cualquier otro tipo de sobrecarga o bien daños en la caseta o la torre debidos a un terremoto:

- El sistema de protección contra hielo y/o soporte de cables debe ser auto soportado y no debe estar atado mecánicamente a la torre. Se recomienda como mínimo una separación de 61 cms. (24 pulgadas).
- El sistema de protección de cables entre la estructura y la torre deben estar unidos al sistema de tierras y debe estar construido con acero galvanizado, así como tener un mínimo de cuatro patas de soporte (ver figura 8).

3.8.2 Seguridad para las torres

Para evitar el acceso no autorizado a una torre debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Debe cercarse los anclajes de torres atirantadas, y se debe contar con puerta y candado para evitar daños accidentales o maliciosos a los cables atirantados. Un cable dañado puede ocasionar la caída de la torre.
- Si la torre cuenta con clavijas para escalar se deben quitar los que están a una altura menor a seis mts (20 pies) para evitar escalamientos no autorizados.
- Si la torre cuenta con escalera o elevador este debe ser asegurado en forma apropiada.
- Señalización apropiada indicando el acceso restringido al área de la torre.

3.9 Registro de los planos del sitio

Es indispensable guardar todos los planos realizados en el proceso de diseño y desarrollo del sitio, ya que no solo reflejan la intención del diseño del sitio, sino también, la forma en que el sitio quedó finalmente. Los planos deben marcarse para dejar constancia de las modificaciones realizadas durante la construcción. También es bueno mantener un mapa del sitio. Una copia debe ser entregada al dueño del sitio.

Es recomendable que los responsables de mejoras o futuras instalaciones actualicen los planos para tener registro de las modificaciones realizadas.

4. DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN SITIO DE COMUNICACIONES

En este capítulo se provee los requerimientos y recomendaciones para el diseño de las estructuras del sitio, incluyendo casetas y gabinetes.

4.1 Categorías de sitios

4.1.1 Sitios típicos

A continuación se describen las configuraciones típicas que puede tener un sitio con equipo de comunicaciones. Para cada sitio ciertas condiciones pueden aplicar y ciertas no, basado en la categoría del sitio:

- Módulos que incluyen un bastidor sencillo.
- Áreas multipropósito que contengan varios equipos de radio y soporte, así como otros equipos de telecomunicaciones.
- Cuartos dedicados a radio transmisión dentro de un sitio nuevo o existente.
- Gabinetes para exteriores (de tierra o para azoteas), o bóvedas subterráneas, utilizados normalmente con torres o antenas encubiertas.

- Estructuras prefabricadas, gabinetes y bóvedas regularmente que contienen equipo total o parcialmente preinstalado antes de ser llevado al sitio, por lo que debe tomarse en cuenta su tamaño y peso, más aún si el acceso al sitio es limitado. Para su traslado, estas estructuras deben cumplir requerimientos estrictos de tamaño, incluyendo protuberancias tales como entradas o salidas de ventilación, aire acondicionado, radio frecuencia, corriente alterna, etc.
- Renovaciones, cuando se modifica la estructura interior o exterior de un sitio para aceptar la parte nueva.
- Un sitio nuevo utilizando un lote no mejorado y una nueva estructura.

4.1.2 Tipos de sistemas de aterrizaje a tierra

Existen dos tipos de categorías para designar los sistemas de tierras:

- Sitio tipo “A”: este sitio tendrá una resistencia de puesta a tierra de 25 Ω o menos. Este tipo de resistencia relativamente alta se utiliza típicamente para sitios pequeños que involucran equipos que no son críticos. Un ejemplo puede ser estaciones base autónomas.
- Sitio tipo “B”: este sitio tendrá una resistencia de puesta a tierra de cinco Ω o menos. Esta resistencia relativamente baja se recomienda para instalaciones grandes que involucran enlaces críticos con sistemas completos. Un ejemplo puede ser una central de conmutación o un centro de despacho donde una interrupción puede afectar todo un sistema.

4.1.3 Definiciones de los tipos de estructura para alojar equipos

Existen importantes diferencias entre los diversos métodos para alojar equipo de comunicaciones. Entre ellos tenemos:

- Edificaciones: estructuras permanentes construidas sobre una fundición, que contiene equipo de comunicaciones y sistemas de soporte. Puede utilizarse para ocupación humana durante la instalación, mantenimiento y operación. Típicamente no tiene equipo y sistemas de soporte (puertos para antenas, escalerillas para cables, etc.) ya instalados antes de la instalación general. Estas estructuras pueden ser dedicadas o compartidas, como espacios rentados en edificios comerciales, o en uso por personal u otras operaciones relacionadas en oficinas centrales, centros de despacho, etc.

Figura 10. Edificaciones típicas de un sitio



- Casetas: son estructuras más pequeñas o prefabricadas que contienen equipo relacionado directamente con el sitio. Está diseñado para ocupación humana temporal para instalación y mantenimiento de equipo.

Figura 11. Caseta típica de un sitio



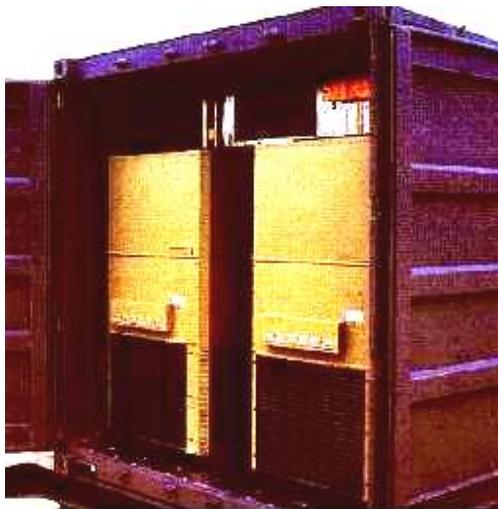
- Gabinetes: es un recinto que alberga equipo de comunicaciones y sistemas auxiliares solamente. Está diseñado para permitir acceso al equipo contenido sin que el personal tenga que entrar al gabinete. Puede ser instalado en interiores o exteriores, puesto sobre pequeñas fundiciones o montado en paredes. Típicamente el equipo viene preinstalado y prealambrado.

Figura 12. Gabinete típico de un sitio



- Bóvedas: es un recinto que alberga equipo de comunicaciones y sistemas auxiliares solamente y esta total o parcialmente enterrado. Soporta ingreso de personal solamente para instalación y mantenimiento.

Figura 13. Bóveda para equipo



- Bastidor: un bastidor estándar se utiliza para colocar equipo de comunicaciones dentro de una estructura o caseta existente.

Figura 14. Bastidor para equipo



4.2 Consideraciones de diseño y ubicación de estructuras y casetas

4.2.1 Consideraciones de Diseño

Las siguientes son consideraciones generales para sitios que utilizan edificaciones o casetas nuevas con capacidad para ocupación de seres humanos:

- Debe considerarse la cantidad y tipo de equipo a ser alojado, junto con el espacio adecuado para movimiento y expansiones dentro de la estructura. Las extensiones de equipo alojado típicamente determinan la idoneidad de estructuras prefabricadas.
- La configuración de los equipos típicamente son los que dictan el diseño de la estructura. Debe considerarse el tamaño y peso para el transporte de una caseta prefabricada al sitio en el diseño de la misma.
- Siempre debe considerarse el crecimiento futuro del sitio que puede duplicar o triplicar el equipo, ya que pueden necesitarse gabinetes o bastidores adicionales.
- Es prudente tomar en cuenta en el diseño la opción para reemplazar equipo con facilidad, ya sea por cambios, actualizaciones, etc.
- Se recomienda utilizar el concepto de un solo punto o ventana de aterrizaje a tierra. Esto incluye todos los aterrizajes exteriores (RF, energía AC, generadores, GPS, controladores de luces de la torre, equipo, etc.). El equipo DC debe estar también próximo a esta ventana, deben tomarse en cuenta también futuros crecimientos de equipo.

- Todas las estructuras y casetas deben estar diseñadas para prevenir el ingreso de animales o insectos. El diseño debe evitar la formación de nidos de aves y animales pequeños.
- Algunas estructuras pueden requerir el cumplimiento de requerimientos para accesibilidad de discapacitados, lo que hay que tomar en cuenta en los diseños.
- Algunas estructuras requerirán vallas con cadenas y candados o puertas de acero estandarizadas con cerrojos especiales.
- Las estructuras y casetas deben contar con sistemas de alarmas para monitoreo remoto de temperatura, daños en cables, cortes de energía, fallas en los sistemas, etc.
- Cuando se instalen bastidores para equipos se recomienda primero instalar los que estarán más alejados de la puerta de acceso, así cuando se instalen nuevos equipos no tendrán que acomodarse atrás del equipo existente.
- Deben entenderse bien las necesidades actuales y en lo posible las necesidades futuras del cliente al considerar la capacidad de equipamiento de los recintos. Debe hacerse ver al cliente los tipos de recintos disponibles por parte de los fabricantes.

4.3 Carga para el piso

Debe tomarse en cuenta la capacidad de carga de una estructura al determinar el asentamiento de equipo en una estructura existente y al desarrollar las especificaciones para una caseta. Las especificaciones comerciales estándar de construcción pueden en muchos casos proveer información acerca de la capacidad de carga del piso. El apilamiento y la colocación de equipo paralelo pueden exceder los límites estructurales de carga. El peso y dimensiones de cada equipo a ser instalado deben utilizarse para calcular la carga en el piso. Debe compararse los cálculos de peso del equipo propuesto en kilogramos por centímetro cuadrado con la capacidad de carga de la estructura.

Para el acomodamiento de baterías debe tomarse en cuenta las especificaciones incluyendo bases, rieles o cualquier distribuidor de carga que pueda facilitar despliegues en estructuras altas. Se debe especificar la ubicación de baterías en casetas prefabricadas para verificar la rigidez de la estructura antes de ser transportada.

Las casetas para azoteas requieren un análisis estructural tanto para configuraciones iniciales como finales. Verifique que las rutas de acceso al sitio de instalación, incluyendo escaleras y elevadores, también tengan la capacidad de soportar el peso del equipo que debe transitar por ellos. Si el equipo deberá ser llevado a la azotea por medio del helicóptero, esto agregará costo al proyecto.

No debe olvidarse planificar las expansiones cuando se calcule la carga del piso. El área responsable del diseño y/o construcción del sitio necesitará datos relacionados con la carga esperada del piso. Típicamente se requerirá de la siguiente información:

- Establezca el peso del equipo a ser instalado sumando el peso individual de cada equipo electrónico, bastidores y cualquier equipo auxiliar de soporte a ser instalado.
- Proporcione un diagrama mostrando la cantidad, peso y ubicación propuesta del equipo que se planea instalar.

Con esta información puede determinarse si el piso existente es adecuado o como puede reforzarse para soportar el peso de forma segura. El peso distribuido no debe exceder la capacidad del piso existente y debe cumplir con los reglamentos de construcción jurisdiccionales. Algunas prácticas usadas para distribuir carga han probado ser contraproducentes al momento de un terremoto.

4.4 Precauciones para pisos y cielos

En general deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones cuando se diseña la construcción de un sitio, se elige una caseta prefabricada o se instala equipo en una estructura existente:

4.4.1 Para cielos

- La altura del techo debe cumplir con las normas jurisdiccionales. La altura mínima aceptable para sitios de comunicaciones que utilicen bastidores de 2.2 m (siete pies) es de 2.75 mts. (nueve pies).
- Cuando se agregue equipo a sitios existentes, asegúrese que el techo tenga la altura suficiente para acomodar el equipo adicional, incluyendo equipos apilados.
- Determinar la altura del bastidor mas alto que puede desarrollarse en el sitio, tomando en cuenta la altura adicional para el cableado, espacio de trabajo y ventilación. Considere el tamaño del cable que se adjuntara en la cima del bastidor y el radio de la curvatura del cable.
- Las carrileras de cable deben estar instaladas por lo menos con una separación de 30 cms. (12 pulgadas) del techo. Ver norma ANSI / TIA/ EIA-569-A.

4.4.2 Para pisos

- La construcción del piso debe cumplir los reglamentos jurisdiccionales de construcción aplicables.
- Excepto para piso de acceso, el piso debe estar construido de concreto o madera. Normalmente si el piso de la estructura esta a nivel del suelo, el piso es de concreto. Si la estructura esta arriba del nivel del suelo, el piso

normalmente se construye de vigas de piso para trabajo pesado y madera multilaminada.

- El concreto utilizado para el piso de sitios de comunicaciones debe mezclarse apropiadamente para asegurar una adecuada resistencia de tensión al aplicarse carga.
- El concreto debe ser vertido y reforzado de acuerdo a los requerimientos jurisdiccionales aplicables. Cuando se especifique una estructura antisísmica, se deben aplicar consideraciones adicionales.
- El piso debe estar nivelado antes de instalarse equipo.
- Si se utilizara piso de madera, asegúrese de que los cálculos de carga hayan tomado en cuenta todo el equipo a instalarse más cualquier expansión futura.
- Los pisos deben sellarse para minimizar partículas sueltas. Esto es muy importante para un equipo con larga vida de servicio. Los pisos de concreto pueden también sellarse con capas de epóxico o equivalentes.
- Existe piso vinílico antiestática para instalaciones donde el equipo es vulnerable a descargas electrostáticas. Debe tomarse sumo cuidado al instalar este tipo de piso para asegurar la integridad de las propiedades antiestáticas. Se recomienda consultar contratistas con experiencia en este tipo de pisos.

4.5 Sellado a prueba de intemperie

4.5.1 Abertura para entrada de líneas de transmisión

Los siguientes son métodos apropiados para la entrada de líneas de transmisión a una estructura o caseta:

- Una abertura específicamente diseñada para cableado.
- Tubería PVC Conduit, típicamente de 10 a 13 cms. de diámetro, permitiendo alargamientos de cinco cms. en las puntas. Si se utiliza PVC debe utilizarse selladores de silicón a prueba de intemperie (el espacio libre entre los cables y dentro del tubo debe rellenarse con aislante de fibra de vidrio).
- Acometidas en paredes o techo

En general deben observarse las siguientes consideraciones para sitios con conexiones de líneas de transmisión de un área interior a una exterior en una estructura o caseta:

- La entrada de líneas de transmisión de antenas a una estructura o cuarto requiere de una abertura de tipo comercial a prueba de intemperie diseñada específicamente para este propósito. Típicamente consisten en una placa de entrada con amortiguadores ensamblados.
- Los amortiguadores deben utilizarse aún si el cable corre a través de un conduit. Para evitar trabajos futuros se recomienda seleccionar placas de entrada con suficientes aberturas para acomodar las líneas de transmisión a utilizarse y permitir futuras expansiones. Las placas de entrada deben tener

aberturas de 10 ó 12 cms. de diámetro, estas placas normalmente son de aluminio pintado, con capacidad de una a 12 entradas por placa. (Ver figura 4.6)

- Deben utilizarse amortiguadores para cables que correspondan a los diámetros de los cables. Estos amortiguadores son hechos para el tamaño de la línea y pueden ser redondos, ovalados, o rectangulares. Algunos amortiguadores permiten la entrada de hasta tres pequeños cables a través de él. El amortiguador usualmente se compone de dos piezas de cubiertas amortiguadoras de hule y un juego de abrazaderas.
- Para reducir la pérdida de calor de la estructura deben instalarse dos placas, una dentro y otra afuera, con espuma aislante instalada entre ellas (por lo que se requieren dos juegos de amortiguadores).
- La abertura para líneas de transmisión no deben utilizarse para pasar por ahí cables de energía, de puesta a tierra o de control.
- Los amortiguadores deben ser de un material resistente a la luz del sol, calor o frío extremo (referente al clima) y al ozono.
- Si la abertura es metálica debe aterrizarse a tierra y por ende integrarse al sistema de tierras.

Figura 15. Placa para abertura de entrada de cables



4.6 Calefacción, ventilación y aire acondicionado

Un factor muy importante en el desarrollo de un sitio es mantener el ambiente adecuado para que el equipo funcione y pueda operar eficientemente. Un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (CVAA) diseñado apropiadamente provee las condiciones apropiadas para un buen ambiente. La temperatura ambiente dentro del edificio o dentro del sitio de equipo debe mantenerse dentro de un rango específico que requiera cada equipo. Las variables involucradas en mantener la temperatura ambiente son las siguientes:

- Construcción de edificios.
- Tamaño de edificio.
- Tipo y cantidad de equipo instalado en el sitio.
- Temperatura del ambiente exterior.
- Tamaño del sitio.
- Número de los puertos de entrada (ventanas, puertas, aberturas para líneas de transmisión).

- Aislamiento.
- Tipo de techo (inclinación y material de construcción).
- Estructuras de los alrededores.
- Ubicación geográfica del sitio.

Se deben hacer algunas consideraciones de diseño para algunos despliegues y ubicaciones del equipo referentes a los límites de funcionamiento del equipo si llegase a fallar las provisiones del CVAA. El generador de respaldo debe ser dimensionado para soportar el sistema del CVAA.

Con sistemas de generador, un kit de arrancado con retardo es recomendado en el sistema de CVAA de modo que los ciclos de la corriente alterna del sitio o la puesta en marcha de los generadores de emergencia no presente una condición de transitorios que podría dañar los compresores del CVAA.

El tipo y número de unidades del CVAA que serán utilizados deberán ser calculados con precisión. Debido al gran número de variables involucradas una única especificación para el CVAA no puede ser aplicada para todas las situaciones. El dimensionamiento del sistema de CVAA debe llevarse a cabo por una empresa de ingeniería de CVAA.

4.6.1 Consideraciones del diseño del CVAA

Los requisitos del CVAA para cada sitio deben ser evaluados sobre una base de sitio-por-sitio. Es recomendable incluir un factor de expansión de por lo menos el 25% en el cálculo del planeamiento, considerando el potencial final de crecimiento. Con los edificios prefabricados, las provisiones en la estructura de la pared pueden a veces ser hechas de tal forma que otra unidad se puede

agregar en el campo para el crecimiento adicional. Hay que considerar lo siguiente cuando se trabaje con contratistas de diseño del sistema de CVAA:

- Obtener una carga térmica para cada pieza del equipo por personal de ingeniería adecuado y proveerlo a la ingeniería del fabricante del sistema de CVAA del edificio o a los contratistas. El planificador del sitio típicamente provee la generación de calor tanto en BTUs como en Watts.
- Obtener las especificaciones del sitio para los materiales de construcción, tipos de aislantes y valores de resistencia, tamaño, condiciones existentes y crecimiento pronosticado.
- En áreas con historial sísmico clasificado en grado tres o mayor, consideraciones sísmicas especiales deben tomarse para el sistema de CVAA. Típicamente puede proveerse de anclajes flexibles para prevenir posibles caídas o movimientos del equipo. También deben utilizarse mangueras flexibles o semi-rígidas con holgura para prevenir fallas debido a estrés mecánico.

Únicamente debe ser utilizado para el equipo de CVAA aire libre de clorofluorocarbono para nuevas instalaciones. Es recomendado que el sistema de CVAA esté alarmado. Cada unidad en un sitio deberá ser conectada con el sistema de alarma del edificio de modo que la falla total de cualquier unidad de CVAA resulte en una alarma.

4.6.1.1 Unidad de CVAA

La figura 4.7 muestra una unidad típica comercial de CVAA montada en una pared. En general, las siguientes consideraciones deben ser tomadas en cuenta:

- Las unidades independientes de CVAA montadas en una pared son aceptadas en la mayoría de las aplicaciones, pero se debe tener especial cuidado en seleccionar el tamaño apropiado de la unidad para la carga de calor proyectada en BTU (*British Term Unit*). Si se requiere más de una unidad, asegúrese en planificar el espacio de montaje en la pared.
- Solamente las unidades de categoría comercial de CVAA deberán ser utilizados. No deben utilizarse unidades comerciales tipo casero o unidades para montajes en ventanas.
- Para reducir los costos de operación y para prevenir que se congelen los compresores durante el clima frío, todas las unidades deben ser equipadas con elementos de calentamiento que permitan que el sitio se mantenga fresco, aunque la temperatura exterior se encuentre debajo de un valor predeterminado.
- Unidades redundantes de CVAA deben ser instaladas y estar disponibles como reserva en caso de que una unidad falle. Todas las unidades redundantes del CVAA deben ser diseñadas en una configuración alternante para completar un ciclo con la unidad primaria para mantener todas las unidades con el mismo desgaste.

- Si dos unidades de CVAA son requeridas para proveer suficiente enfriamiento, una unidad adicional deberá ser más que suficiente como respaldo.
- Ubicaciones en áreas sísmicamente activas (magnitudes momentáneas de tres o más) requerirán que las unidades de CVAA montadas en pared se encuentren bien sujetas para prevenir daños durante el movimiento de terremotos o huracanes.
- Las regulaciones locales contra incendios pueden requerir un circuito automático de apagado para las unidades de CVAA cuando se activa la alarma de humo o de incendio

NOTA: Los sistemas de CVAA que utilizan componentes exteriores para la circulación del aire no son aptos para los ambientes que contengan polvo o emisiones de partículas.

Figura 16. Equipo de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado



4.6.1.2 Extractores

Es recomendable instalar un extractor termostático controlado en algunos sitios, para evitar la acumulación excesiva del calor si las unidades de aire acondicionado fallan o se dañan.

- Ubique el extractor tan alto como sea posible en la estructura para remover la máxima cantidad de calor posible.
- Un ventilador exterior de aire frío filtrado con las aspas motorizadas se debe instalar en la parte baja en la pared opuesta para permitir que el aire atraviese sin obstáculos a través del sitio.
- La entrada del ventilador será protegida con una rejilla para prevenir la entrada de insectos, pájaros o animales
- Para prevenir la entrada de polvo y/o humedad en el edificio, el extractor debe ser utilizado únicamente como un respaldo en caso de emergencia. Los cuartos de baterías y generadores requieren cuidados especiales con respecto a los requisitos necesarios para extractores.
- Las entradas en forma de rejillas en el edificio o refugio pueden producir un riesgo en la seguridad debido a la facilidad de la entrada no autorizada a través de la persiana. Esta preocupación se debe considerar en el plan total de seguridad del sitio.
- El diseño motorizado de persianas debe cumplir con los requerimientos de apagado según la NFPA.

- Los extractores y sistemas de CVAA se cerrarán automáticamente y los respiraderos exteriores de la pared se deben cerrar automáticamente durante la activación de la alarma de incendio. Para información adicional referirse al NFPA 12.

4.6.1.3 Bombas de calor

En sitios donde los niveles de calor son muy elevados para el uso de unidades de montaje en paredes, se deben utilizar bombas de calor. El contratista o encargado del CVAA debe determinar cuando es necesario utilizar una bomba de calor. También se utilizan en sitios compartidos o donde no se dispone de una pared exterior para la instalación de un equipo de CVAA. El compresor al estar separado de las unidades de control y debe montarse en una montura en el techo de la estructura o sobre una montura de concreto fuera del edificio.

Según la norma NFPA 70 se requiere la desconexión de servicio para dar mantenimiento a las bombas de calor. Todas las unidades deben estar equipadas con un control de arranque para evitar que se dañe el compresor por cortes del servicio eléctrico.

4.6.1.4 Termostatos

Se deben instalar termostatos en lugares donde la temperatura ambiental de los cuartos debe estar bien controlada. La cantidad y ubicaciones de termostatos deben ser determinadas por el contratista encargado de la ingeniería del CVAA.

4.6.1.5 Alarmas de temperatura

Para evitar tiempos de desconexión y posible daño a los equipos debido a temperaturas extremas, se recomienda que todos los sitios estén equipados con alarmas para temperaturas altas y bajas. Las alarmas deben interfazarse con el sistema de seguridad del sitio para su monitoreo. Los sensores deben tener la sensibilidad suficiente para detectar variaciones de temperatura en un rango de cinco a 33 °C (40 a 90 °F).

4.6.1.6 Mantenimiento

Se recomienda que el cliente establezca un programa de mantenimiento preventivo con una compañía de servicios de CVAA local para que provea servicio y reparaciones. El acuerdo debe incluir limpieza periódica y reemplazos de filtros. Las unidades de respaldo deben ponerse en funcionamiento periódicamente o alternarse, pueden utilizarse dividiendo la carga de trabajo por ciclos.

4.7 Consideraciones especiales para centrales telefónicas y de conmutación

Aplican las mismas consideraciones y requerimientos de diseño para sitios de comunicaciones en general que para centrales de conmutación móviles, centrales telefónicas, centros de despacho, etc. Un buen diseño se vuelve mas critico debido a que se controla todo un sistema, por lo que una falla puede ocasionar una mayor afectación.

4.7.1 Prevención de daños por descargas electroatmosféricas

Aunque es más costoso, la forma más simple de proteger una central de comunicación de un posible daño por descargas electroatmosféricas es ubicarla separada de los sitios de comunicaciones y sus respectivas torres. No solo su costo de reposición es mayor que el del equipo de comunicaciones usual, sino además todo el sistema puede fallar si la central falla. El costo inicial que implica la construcción de los sitios separados es mucho menos costoso que las ganancias que se perderán si el sistema falla debido a una descarga en la torre y dañe la central.

4.7.2 Protección para fuentes de alimentación

Si es posible, se recomienda tener servicios redundantes de energía eléctrica atendiendo a la central de conmutación, debido a que al provenir de dos diferentes subestaciones, al presentarse una falla no se suspenderá el servicio al tener alimentación de una subestación secundaria.

Debido a que mucho equipo necesita alimentación de corriente directa (DC) se debe poseer un sistema robusto de baterías, idealmente con una configuración redundante. Esto no solo provee energía de respaldo, sino que además absorbe voltajes en los circuitos de DC que pueden darse al cambiarse la alimentación a energía de generadores.

Las terminales que se comunican con el conmutador pueden ser alimentadas con UPS, Plantas o sistemas completos. Esto evita que los transitorios de las conmutaciones no interrumpen la operación de las terminales.

Los voltajes transferidos a través de las líneas de energía durante la operación normal deben ser drenados por los supresores de voltaje primarios y secundarios (ver capítulo de protecciones).

Se recomienda que la central de conmutación sea servida por medio de fibra óptica, esto no solo brinda grandes capacidades de transmisión de datos sino que provee protección contra descargas al no tener conexiones de cobre.

4.7.3 Diseño de oficinas centrales

Al realizar el diseño para la instalación de equipo en una central de gran capacidad debe considerarse espacio suficiente en los pasillos así como maximizar la capacidad para futuras expansiones. Minimizar las distancias entre el sistema de alimentación de CD (corriente directa) y el sistema de tierras debe ser una prioridad.

El cuarto de control que albergará las terminales de conmutación, debe aislarse del resto del equipo para proveer la reducción de ruido, conveniente para quienes trabajarán en ese ambiente. Además esta área debe diseñarse como una zona de tierra aislada.

4.8 Escalerillas para cables

La función principal de una escalerilla para cables es manejar el soporte de los cables que incluye el soporte propio de los cables así como mantener una adecuada separación entre los grupos de cables, lo cual facilita el mantenimiento. Las interconexiones de cables entre gabinetes, bastidores y bahías de equipo deben sostenerse con sistemas de escalerillas. Los sistemas de escalerillas se diseñan para proveer soporte, enrutamiento, separación y

aseguramiento de cables y alambres. El Artículo 318-2 en el NFPA 70 define las escalerillas como una unión de bandejas o ensamble de secciones o unidades que forman un sistema estructural rígido usado para asegurar y soportar cables. Es importante tomar en cuenta que no deben utilizarse escaleras de aluminio diseñadas para escalar como escalerillas o bandejas para cables.

4.8.1 Selección de escalerillas

Las escalerillas pueden encontrarse en varias formas o diseños. Típicamente se encuentran en forma de canal, tubulares, y barra sólida con acabados en zinc o pintadas. Los peldaños son típicamente de 38 mm (1.5 pulg.) a 51 mm (dos pulg.) de profundidad y varían en el largo. Los peldaños deben estar espaciados por lo menos 23 cms. (nueve pulg.) Usualmente se utilizan para realizar conexiones en forma de “T” o cruz.

Los sistemas de bandejas para cables de aluminio o acero pueden encontrarse en variedad de diseños y estilos como son con ventilación, sólidos y tipo escalerilla con viguetas en forma de I o barandas laterales en forma de C. La más práctica es la tipo escalerilla. La diferencia principal entre la de estilo cordón y la de estilo bandeja es que la bandeja tiene una barandilla lateral de entre 10 cms. (cuatro pulg.) y 18 cms. (siete pulg.). Esta profundidad de carga puede ser deseable para grandes grupos de cables o enrutar líneas de transmisión. Se debe tomar en cuenta para el alto de la barandilla las restricciones de altura del techo. Un espaciamiento de 23 cms. (nueve pulg.) se recomienda entre travesaños para este tipo de escalerillas. Este tipo de sistemas de escalerillas requiere cruces, reductores y conectores prefabricados, lo cual debe preverse en el diseño del sistema.

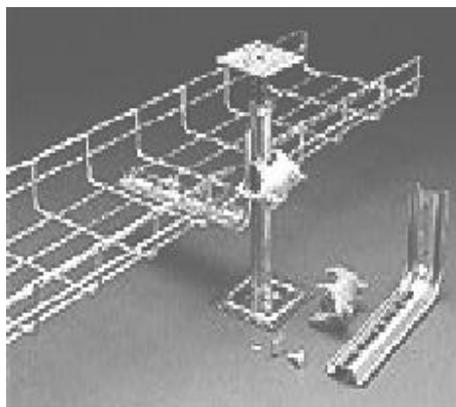
Ambos tipos de escalerillas vienen en varios rangos de anchura de 10 cms. (cuatro pulg.) a 1 mts. (42 pulg.) los más utilizados son los de 45 cms. (18 pulg.) y 61 cms. (24 pulg.) El diseño debe proveer un espaciamiento de 45 cms. (18 pulg.) entre escalerillas para mantenimiento. En las figuras 4.7 y 4.8 se pueden ver las escalerillas más utilizadas.

Se recomienda el uso de sistemas de bandejas en forma de malla de alambre soldado para el manejo de alambres y cables bajo el suelo, ya que pueden ser montados o suspendidos en pedestales.

Figura 17. Escalerilla de acero pintado



Figura 18. Escalerilla de malla

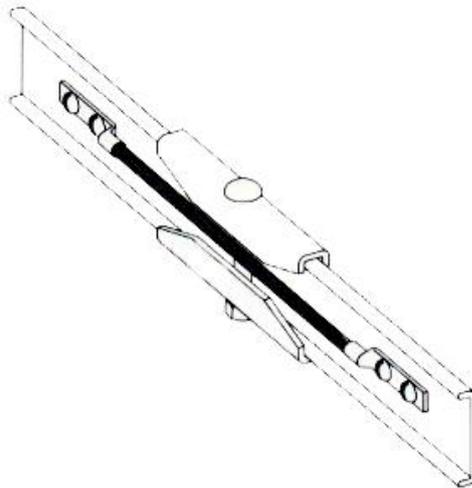


En general, deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones al seleccionar las escalerillas:

- Verificar las prácticas apropiadas para el aterrizaje a tierra.
- Verificar la cantidad de cables a ser soportados por cada escalerilla para proveer una separación mínima entre cables o grupos de cables de cinco cms. (dos pulg.), por lo que en ocasiones se necesitaran escalerillas de doble cubierta.
- El tamaño, peso y futuras expansiones deben tomarse en cuenta para asegurar un uso apropiado de las escalerillas.
- Si los cables de poder de los equipos de aire acondicionado correrán en las escalerillas deberá mantenerse la separación entre cables.
- Se recomienda el uso de escalerillas diseñadas específicamente para propósitos de comunicaciones.
- Se recomienda el uso de bandejas con fondo sólido entre la torre y la estructura para proveer seguridad a los cables y evitar daños potenciales o vandalismo. No deben utilizarse escalerillas en lugar de puentes para protección contra hielo.
- Si el lugar cuenta con aspersores y/o detectores de humo, asegúrese que estos no sean bloqueados por las escalerillas.
- El sistema de escalerillas debe diseñarse con la resistencia y rigidez necesaria para proporcionar un soporte adecuado al cableado que contiene.

- Debido a las contracciones y expansiones por temperatura deben usarse conectores de expansión.
- Los sistemas de escalerillas deben instalarse a una altura adecuada que permita la instalación del equipo necesario así como de expansiones.
- Durante el diseño deben considerarse factores como altura del cielo, instalación de lámparas e iluminación, instalaciones eléctricas, aberturas de entrada para cables, ubicación de equipo y radios de curvatura de los cables.

Figura 19. Conector para escalerillas



4.8.2 Instalación de escalerillas

Al instalar escalerillas para cables deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las escalerillas deben fijarse en forma segura al techo y/o paredes para que queden inmóviles. Los soportes deben brindar la suficiente firmeza y capacidad de carga para cumplir los requerimientos de carga del sistema.
- Los soportes verticales y horizontales deben proveer una adecuada superficie de carga para la escalerilla y debe tener la capacidad para soportar sujetadores y ganchos.
- Existen requerimientos adicionales para áreas con actividad sísmica como soportes de madera en los conectores de las paredes. Se recomienda que los extremos de las escalerillas se sujeten a las paredes con soportes de madera de cinco cms. x 10 cms. (dos pulg. x cuatro pulg.), esto evitará que los extremos afilados de las escalerillas penetren las paredes.
- Los soportes deben estar colocados a no más de 61 cms. (dos pies) entre sí. Las escalerillas no deben utilizarse como soportes para otros equipos.
- Las escalerillas deben colocarse de forma que sean accesibles fácilmente y cuenten con suficiente espacio arriba y alrededor para permitir una adecuada instalación y mantenimiento de los cables.
- Las escalerillas no deben tener bordes afilados o puntas que puedan dañar los cables.
- Todas las escalerillas deben enlazarse eléctricamente y conectarse al sistema de tierras de la estructura para garantizar la seguridad del personal de mantenimiento.

- Deben cumplirse con los reglamentos locales y las especificaciones del Artículo 18 del NFPA70.

4.9 Iluminación

La iluminación debe cumplir con los requerimientos aplicables del Artículo 410 del NFPA70, así como requerimientos locales y reglamentos. Entre los principales requerimientos tenemos:

- Iluminación adecuada para un ambiente de trabajo eficiente y seguro. Se debe asegurar la iluminación en la parte de atrás de bastidores y gabinetes altos.
- Un diseño eficiente en cuanto a energía.
- Características de baja generación de calor.
- Iluminación adecuada en los puntos de entrada y salida de la estructura y para seguridad perimetral.

La iluminación en sitios remotos puede verse a distancia en la noche, lo que puede ocasionar objeciones por parte de los vecinos, por lo que se recomienda el uso de sistemas que funcionen bajo demanda como sensores infrarrojos de movimiento, sensores de luz (foto celdas) y controladores de tiempo (timers). Puede utilizarse iluminación fluorescente o incandescente.

4.9.1 Especificaciones generales para iluminación de interiores

- En ubicaciones que se consideran de riesgo debido a que la atmósfera puede contener gas, vapor o polvo explosivo en cantidades importantes se deben utilizar accesorios especiales con clasificación de clase I, II y III o División 1, cumpliendo con el Artículo 516-3(c) de NFPA 70 y NFPA 33.
- En aplicaciones donde los accesorios son susceptibles a mudarse o donde la quebradura de un tubo puede representar un riesgo para el personal o equipo, deben utilizarse tubos fluorescentes irrompibles o tubos de seguridad. Aplicaciones industriales y antisísmicas requieren la instalación de protectores de lámparas fluorescentes para prevenir caída de vidrios o daños accidentales a las lámparas.
- Si se utiliza iluminación incandescente se deben utilizar cubiertas protectoras de tipo industrial.

4.9.2 Calidad de la iluminación interior

La luz interior debe producir como mínimo 540 Lux (50 pie-candela) medidos a un mt. (39 pulg.) sobre el nivel del piso, en medio de todos los pasillos entre los gabinetes y bastidores. Ver norma ANSI/TIA/EIA 569-A para más información.

4.9.3 Iluminación interior de emergencia

Unidades de iluminación de respaldo para emergencia deben ser instaladas para que se activen inmediatamente en caso de falla de energía eléctrica:

- Cada unidad debe contar con un interruptor para pruebas.
- Cada unidad debe tener un mínimo de dos lámparas, las lámparas deben ser de halógeno o reflectores.
- Las baterías deben ser selladas y libres de mantenimiento, además de proveer energía de emergencia para un mínimo de 90 minutos.
- Todas las lámparas de emergencia deben contar con aprobación UL y cumplir con NFPA 101 y cualquier regulación local aplicable.
- Luces de emergencia instaladas en ambientes adversos deben cumplir los requerimientos NEMA 1,2, 3, 3R, 3S, 4, 4X y 12.

4.9.4 Iluminación exterior

Debe instalarse una lámpara exterior cerca de la puerta para proveer iluminación al personal que entre y salga del edificio. Los accesorios deben ser resistentes al clima y cumplir con la norma NEMA3.

Si se instalan reflectores para proveer iluminación de seguridad al sitio, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Deben utilizarse accesorios aprobados por UL, de Cuarzo y sodio de alta presión.
- No deben utilizarse lámparas de vapor de mercurio y metal haluro. Este tipo de lámparas pueden causar quemaduras de piel e inflamación en los ojos debido a la radiación ultravioleta si la envoltura de la lámpara esta rota o dañada.
- Se debe utilizar un interruptor automático con foto sensor con opción de uso manual para encender y apagar las luces en el atardecer y amanecer respectivamente.

5 PROTECCIONES ELÉCTRICAS

Supresión de fuentes transitorias de voltaje

La instalación de supresores de voltajes transitorios es un requerimiento para todos los sitios de telecomunicaciones y es esencial para todas las facilidades que cuenten con equipos eléctricos y electrónicos en uso. Las fuentes de voltaje transitorias son disturbios eléctricos potencialmente destructivos, normalmente conocidos como “picos”, los transitorios de alta energía pueden surgir de las conmutaciones de cargas inductivas o de otros eventos dentro de los sistemas de energía, así como de inducciones capacitivas o inductivas de eventos del ambiente, como actividad eléctrica. Estas anomalías pueden ocurrir en cualquier frecuencia del espectro desde cerca de la corriente directa (DC) hasta la frecuencia del RF.

Es importante proteger cualquier punto de acceso al área del equipo (corriente alterna, teléfono, LAN, señalización, control, radio frecuencia, etc.). Esta protección es esencial para reducir el riesgo de daño a seres humanos, daños físicos a los equipos, así como pérdidas de operación (tiempo de equipo fuera de servicio). Aunque los rayos pueden causar los daños más visibles, no son la única causa de voltajes transitorios.

Dentro de las fuentes más conocidas de voltajes transitorios tenemos:

- Conmutaciones de la compañía de energía eléctrica.
- Transferencia de generadores.

- Alimentadores comerciales compartidos con regulaciones de líneas deficientes.
- Conmutaciones de cargas.
- Corrientes de carga.
- Unidades de CVAA.
- Elementos de calefacción.
- Herramientas de potencia.
- Motores eléctricos.
- Luces fluorescentes.
- Elevadores.
- Actividad electroatmosférica.

Existen varias fuentes que requieren especial atención para proteger efectivamente el sitio y reducir probabilidades de daño:

- Fuentes de corriente alterna.
- Servicio principal.
- Alimentadores o circuitos de oficinas externas.
- Generadores.
- Líneas de teléfono o datos.
- Circuitos de datos.
- Redes locales.
- Enlaces de control.
- Seguridad y tarjetas de acceso.
- Compañías de televisión por cable.
- Cableado de radio frecuencia.
- Líneas de transmisión y recepción de antenas.
- Servicios de televisión por cable.
- Sistemas de iluminación de antenas.

Un buen sistema de aterrizajes a tierra por si solo no protegerá a un sitio de telecomunicaciones de daños debidos a sobrecargas, transitorios y descargas. Debe aplicarse una adecuada combinación de facilidades de aterrizaje a tierra y la instalación de equipo de protección de voltajes en todos los circuitos conductores que acceden al área del equipo.

Los requerimientos que se verán en este capítulo proveen un nivel adecuado de protección a un sitio de comunicaciones en las áreas mas comunes, las áreas con actividad electroatmosférica muy alta requerirán un diseño adicional especial, que esta fuera de los objetivos de este manual.

La finalidad de un sistema de supresión de voltajes transitorios es mantener un alto grado de confiabilidad de los equipos de comunicaciones. La falla de un equipo de supresión dejara el sistema vulnerable a daños posteriores, por lo que se hace necesaria la instalación de un sistema secundario de protección para mantener un nivel con alta confiabilidad.

Otra consideración importante es que los sistemas de protección de los sistemas de aire acondicionado no deben causar interrupciones a los sistemas de energía del sitio cuando operen. Para reducir esta probabilidad todos los dispositivos de protección de voltaje de tipo 1, 1A y 2 deben ser diseñados e instalados como equipos paralelos. Debe disponerse de una opción de desconexión para mantenimientos. Los equipos tipo 3 pueden considerarse para conectarse en serie ya que se colocan entre la fuente y la carga. En este tipo de equipo el medio de protección de voltaje debe ser conectado en paralelo entre el conductor de fase y el conductor neutro, de forma que no interrumpa la energía hacia la carga en caso de que el equipo falle. Se recomienda el uso de alarmas que reporten la falla de estos equipos.

5.1 Tecnologías disponibles

Se encuentran disponibles una gran cantidad de tecnologías de equipos para supresión de voltajes, los más comunes y confiables son los equipos basados en varistores y los basados en diodos de avalancha de silicón. Estos equipos son ideales para protección de circuitos de energía, telefonía o de datos debido a su rapidez en tiempo de respuesta y su gran capacidad de manejo de potencia. Existen otros componentes como tubos de descarga de gas, relevadores de voltaje, capacitores, inductores y dispositivos de selenio, que aunque son efectivos para algunas aplicaciones no son aceptables para su uso en circuitos de energía, telefonía o datos en facilidades de telecomunicaciones debido a que su tiempo de respuesta es muy lento.

Es recomendable utilizar más de un tipo de componente en un dispositivo de protección para obtener la mejor combinación posible de características en un equipo de supresión de voltaje. La combinación más común incorpora el uso de un componente de alta corriente con lenta velocidad de reacción con un componente de bajo voltaje con reacción rápida. Para energía de CA, es típico utilizar un varistor con un equipo basado en diodos de avalancha de silicón.

No se recomienda el uso de tubos de descarga de gas como supresores de voltaje en líneas con energía de CA.

5.1.1 Definición de los modos de supresión

- **Modo Normal:** se define como un voltaje entre conductores de línea y neutro (L-N) o entre conductores de línea (L-L).

- **Modo Común:** son voltajes entre conductores de línea o neutro y tierra, (L-T o N-T).

No se debe utilizar equipos de supresión de voltajes de modo común para energía de CA, debido a que pueden fallar en condiciones de corto circuito y el conductor neutro queda aterrizado a tierra causando corriente no deseadas en la tierra o en los conductores de tierra, lo cual puede constituir un riesgo para la seguridad del personal y una violación al NFPA 70. Este tipo de equipo debe utilizarse únicamente en circuitos telefónicos o de datos.

Todos los equipos de protección para supresión de voltajes deben cumplir con las certificaciones UL y CE.

5.2 Protección para fuentes de corriente alterna

5.2.1 Alimentación de Corriente Alterna

La carga del sitio debe ser determinada por el equipo inicial a ser instalado y las futuras expansiones. La carga no debe exceder el 80% de la capacidad eléctrica de cables, interruptores, cajas de interruptores, etc. Al seguir estas recomendaciones se permitirá a todos los participantes en el diseño (proveedor de energía eléctrica, vendedor de la caseta pre-fabricada, vendedor del UPS, vendedor del generador, vendedor de las baterías de respaldo, etc.) asegurar que la capacidad de alimentación suministrada al sitio de comunicaciones es adecuada.

Los estándares aceptados en nuestro país para la instalación de energía eléctrica es 100 amperios a 120/240 voltios de CA. Para cargas mayores deben realizarse diseños adecuados de posiciones de interruptores.

Típicamente para el cálculo de la carga debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Sistema de CVAA (incluyendo las unidades redundantes).
- Iluminación del área del equipo y posible iluminación externa de seguridad.
- Iluminación de la torre.
- Cantidad de circuitos dedicados para alimentación de equipo y su capacidad.
- Cargadores de baterías.
- Alimentadores de energía ininterrumpible.
- Equipo alimentado por sistemas rectificadores (sistemas de telefonía de -48 V.).
- Tomacorrientes para uso de personal de mantenimiento.
- Expansiones futuras planificadas.
- Consideraciones de cargas continuas no usuales (Sistemas de respaldo).

5.2.1.1 Tableros de alimentación

Las siguientes recomendaciones deben tomarse en cuenta al diseñarse e instalarse el servicio eléctrico interior de un sitio:

- Cada tablero de distribución de interruptores debe tener su interruptor principal (para más información ver el Artículo 348-16B del NFPA 70).

- Todos los tableros interiores y cajas de derivaciones deben ser de tipo 1 de NEMA (propósitos generales para aplicaciones interiores).
- Puede requerirse más de un tablero de distribución dependiendo de la cantidad de circuitos requeridos en el área de equipos, estos deben estar unidos al sistema de tierras del sitio (ver figura 20).
- Usualmente se utilizan dos tableros de interruptores en el área de equipo, uno para el equipo de comunicaciones y todos los elementos asociados a el y el otro para todas las cargas que no son parte del equipo de comunicaciones, como es el equipo de CVAA, iluminación, tomacorrientes, etc. Se recomienda no utilizar el equipo de respaldo (UPS) para alimentar las cargas que no son parte del equipo de comunicaciones.

Figura 20. Tablero de Interruptores



5.2.1.2 Circuitos exteriores

Para circuitos que se encuentran fuera de la caseta o estructura para alimentar equipo exterior se recomienda lo siguiente:

- Todo el equipo eléctrico exterior debe sellarse y protegerse del ambiente.
- Todos los interruptores y tomacorrientes deben ser tipo GFCI (*Ground Fault Circuit Interrupting*) que son específicos para aplicaciones exteriores (para más información ver el
- Artículo 210 de NFPA 70).
- Deben utilizarse tubería tipo Conduit no flexible para aplicaciones exteriores (a excepción de alimentaciones para equipo que vibre como es el aire acondicionado). Todas las aberturas donde se utilice Conduit para pasar a través de ellas deben sellarse.
- Los tableros exteriores, tomacorrientes e interruptores exteriores deben instalarse en alojamientos NEMA tipo 3 y tipo 3R.

5.2.1.3 Protección para circuitos

Deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones al diseñar o instalar dispositivos de protección:

- Debe proveerse capacidad para quitar la alimentación a un cierto circuito o carga sin interrumpir a los otros equipos.

- Se recomienda el uso de interruptores o fusibles de 20 Amperios para cada circuito con carga asociada.
- Deben seguirse las recomendaciones de los fabricantes para interruptores en circuitos para equipo de CVAA, iluminación, etc.
- Cada interruptor debe ser etiquetado e identificado con su respectiva carga en el tablero.
- Cada interruptor debe dimensionarse para proteger al conductor pegado a él, no a la carga en el circuito.
- Las cargas especiales como motores deben tener una consideración especial, debido a que en los arranques pueden generar altas corrientes que pueden afectar al interruptor usado para ese circuito.

5.2.1.4 Conductores

Deben seguirse las siguientes recomendaciones al diseñar o instalar conductores:

- Todos los conductores deben tener una capacidad igual o mayor al 125% de la corriente de carga (ver figura 21, ejemplo de carga múltiple).
- Se recomienda que el conductor mínimo a utilizarse en para una carga en un tablero de interruptores sea de 8mm² (12 AWG).

- Es importante que el conductor neutral en un circuito trifásico se dimensione apropiadamente para las corrientes que pueden ser inducidas por un posible desbalance en la carga. Este conductor debe ser equivalente en tamaño a los conductores de carga. Para cargas especiales como las altamente reactivas que pueden generar armónicos se recomienda que el conductor neutral se sobre dimensione en un 175%. Todos los circuitos monofásicos deben tener tres cables (ver figura 22).

Figura 21. Regleta múltiple para bastidor

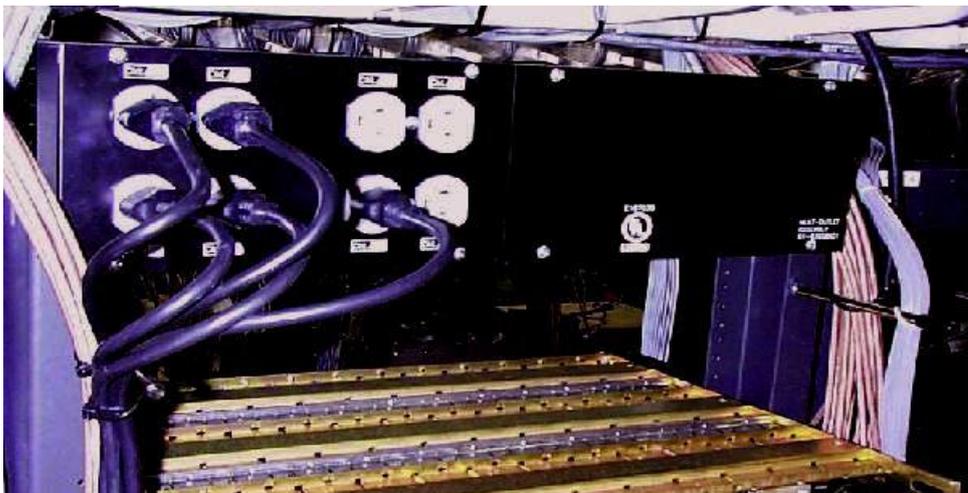


Figura 22. Tomacorrientes monofásico



5.2.2 Requerimientos para equipos supresores de voltaje de CA

Se requiere el uso de dispositivos de supresión de voltajes en todos los alimentadores desde y hacia las facilidades de comunicación. Todos los dispositivos deben ser instalados de acuerdo a las instrucciones de instalación de los fabricantes. Los sistemas de aterrizajes deben implementarse adecuadamente para asegurar que el sistema eléctrico y los componentes del sistema de comunicaciones se encuentran al mismo potencial con respecto a tierra. Esto es crítico para asegurar la máxima seguridad al personal y la mayor efectividad de los dispositivos de supresión de voltaje.

Los dispositivos de supresión de voltaje deben instalarse dentro de la caseta del equipo, cuarto o área para obtener la máxima efectividad. No deben realizarse instalaciones en ubicaciones lejos del área del equipo pues reducen la efectividad de los equipos de protección.

5.2.3 Dispositivos supresores de voltaje para circuitos de datos

Todos los circuitos con conductores de cobre que entren a cualquier sitio de comunicaciones, caseta, cuarto o área con equipo deben protegerse con dispositivos de supresión de voltaje adecuados. La NFPA 70 indica que los circuitos de teléfono, comunicaciones o datos se encuentren protegidos con dispositivos de tipo primario tan cerca como sea posible al punto de entrada a la estructura o edificio. Algunas aplicaciones pueden requerir dispositivos de protección con fusible o con fusibles reiniciables. Los dispositivos equipados con cables, enchufes, etc. deben contar con protección. Los conductores que no se extiendan a través de los dispositivos deben estar aterrizados a un punto de tierra.

Los dispositivos que cuentan con un conductor de tierra incorporado por el fabricante deben utilizar un conductor con enchufe verde calibre 8mm o número 12 AWG cuando es de una sola línea (dos pares, cuatro conductores) o calibre 16 mm o Número 6 AWG para dispositivos multilínea. Este conductor debe tener como mínimo una extensión de 1.22 mts, (cuatro pies) y debe ser cortado para acomodarse a la aplicación en que se utilice y conectarse al bus de tierra o conductor de aterrizaje. Debe ser lo más corto posible para asegurar la mejor protección. Todos los conductores de tierra deben unirse mecánicamente a la placa de tierra y no deben depender de una soldadura.

Los voltajes de operación de los dispositivos de supresión de voltaje primario y secundario dependen de la aplicación y deben ser escogidos apropiadamente. La coordinación entre los dispositivos primarios y secundarios debe ser considerada para asegurar el máximo nivel de efectividad para la protección contra voltajes.

5.2.4 Cables de fibra óptica

Un beneficio intrínseco de la fibra de vidrio es que ofrece un excelente aislamiento de líneas inducidas por un rayo, RF o ruido eléctrico. Los conductores de datos o teléfono de fibra óptica son perfectos debido a que pueden derretirse cuando son sujetos a fuego a altas cantidades de energía debido a un rayo, por lo que no requieren de protecciones para supresión de voltajes. Pueden instalarse equipos de protección secundarios en las terminales de cobre o en sus interfaces con otros equipos.

5.3 Protección para componentes de RF

Todas las líneas de transmisión que van de la antena a la caseta o edificio deben ser aterrizadas a tierra incluyendo las que estén sin uso (para pruebas o repuestos). Deben ser pegadas a la ventana de aterrizaje a tierra y llevar dispositivos de supresión de voltaje coaxial para RF. Estos dispositivos deben estar ubicados dentro de la caseta o área del equipo a una distancia menor de 61 cms (dos pies) del punto de entrada del conductor a la caseta o área. Algunos productos para protección de voltaje pueden instalarse en la abertura de entrada de los cables, lo cual es lo más aconsejable (excepto para estructuras en edificaciones muy altas, donde es mejor instalarlos dentro de la estructura).

Los dispositivos de supresión de voltajes de tipo coaxial para RF vienen en muchas variedades. El de tubo de gas es un protector muy efectivo contra rayos para transmisores, receptores, televisión por cable, amplificadores y antenas GPS. Esta vieja tecnología funciona muy bien para protección de circuitos de RF debido a que presenta una alta impedancia, lo que significa libre de pérdida para dispositivos de RF y cuando se energiza presenta una muy baja impedancia de corta duración ideal para descargas electroatmosféricas, para luego regresar a su estado de circuito abierto. Lo peor que puede suceder es que el tubo de gas explote durante un rayo, pero el equipo no sufrirá ningún daño y continuará con su operación. Aunque los dispositivos de diodo de avalancha son muy buenos no son recomendables para uso en circuitos de RF debido a que no son dispositivos lineales. Los dispositivos no lineales producen intermodulación a frecuencias de radio.

Los inductores cortocircuitados pueden utilizarse como protección contra descargas, eléctricamente pueden verse como circuitos abiertos o corto circuitos dependiendo de la frecuencia que se aplique y de las dimensiones físicas del inductor. Dentro de la banda de frecuencia de diseño el inductor cortocircuitado se ve como una impedancia infinita produciendo una pérdida pasiva muy pequeña, mientras que para DC y frecuencias fuera de la banda de diseño realmente se ve como un corto circuito.

5.4 Protección para receptores GPS

Los receptores GPS (*Global Positioning System*) normalmente son parte de sistema moderno de comunicación, se utilizan para regular el tiempo y sincronización del sitio. La falla de un GPS puede dejar el sistema de radio inutilizable. Típicamente el receptor GPS es parte del equipo básico de radio, incluye una antena y una línea de transmisión con bajas pérdidas.

El receptor GPS puede dañarse por la inducción causada en una antena por un rayo o por inducción producida por otras líneas de transmisión en la misma estructura donde se encuentra ubicada. Se recomienda no ubicar la antena del receptor GPS en la parte más alta de la estructura, pues es difícil protegerla de impactos directos de rayos. El sistema de transmisión del receptor GPS debe instalarse y aterrizar a tierra adecuadamente. Debe utilizarse un supresor de voltajes especial para líneas de transmisión de GPS a no más de 61 cms. (dos pies) de la abertura de la cables y debe adherirse al sistema de tierras del sitio. Antes de instalarse el supresor de voltajes debe verificarse que el receptor pueda operar con este, pues debe permitir el paso de CD a través de la línea de transmisión para energizar el amplificador montado en la antena.

5.5 Protección para las luces de la torre

Todos los conductores de los sistemas de iluminación, control y alarmas deben tener supresores de voltaje instalados en el punto de entrada a la estructura, caseta o área de equipo y a no más de 61 cms (dos pies) del punto de entrada.

Todos los conductores de alimentación deben tener instalados dispositivos de supresión de voltajes de modo normal (línea a neutro o línea a línea). No deben utilizarse dispositivos de modo común (línea a tierra) en circuitos de CA, aunque pueden proveer un buen desempeño en circuitos de módems y alarmas, por lo que pueden utilizarse en este tipo de circuitos.

Se recomienda utilizar armarios o bóvedas exteriores para el equipo de control del sistemas de iluminación de la torre y conectar los aterrizajes en el exterior de la estructura, no se recomienda instalar los cables de iluminación de la torre junto a los cables de transmisión o en el interior de la estructura para evitar conducir energía al interior de la estructura para evitar daños a los equipos por inducción. Si es necesario realizar la instalación dentro de la estructura esta debe colocarse tan cerca de la entrada de los cables como sea posible y debe pegarse el equipo al sistema de tierras exterior de la estructura o a la barra de tierras interior.

5.6 Protección para sitios con alimentación de baterías

Algunos sitios de comunicaciones para telefonía celular o radio tienen requerimientos especiales de alimentación y utilizan plantas de baterías con sistemas de carga de CA, o poseen sistemas de telefonía, microondas o aplicaciones especiales que operan a -48 voltios, 24 voltios o 12 voltios de CD.

Los sitios alimentados con baterías ofrecen un mejor nivel de aislamiento de la alimentación de CA proveyendo protección a variaciones de voltajes, regulación supresión de ruido eléctrico al equipo o carga. Se recomienda el uso de dispositivos de supresión de voltajes con combinación de varistores y diodos de silicón donde el equipo esta separado de la planta de baterías por más de tres metros (10 pies), el voltaje y polaridad del dispositivo de protección debe coordinarse con la planta de baterías y el voltaje del circuito.

Se recomienda realizar pruebas de estrés a los dispositivos de protección siguiendo las recomendaciones de UL 1449.

5.7 Minimizando interferencias en el sitio

5.7.1 Recomendaciones para protección de interferencias

La forma para recibir la señal de radio deseada en el receptor depende de proveer el mejor ambiente posible en lo que se refiere a radio frecuencia al sitio. Para lograrlo los niveles indeseables de energía en la frecuencia recibida deben ser minimizados. En muchos casos se debe minimizar el nivel de energía no deseada emitida por los transmisores locales y filtrar señales no deseadas que lleguen al receptor para eliminar las interferencias en el ambiente del sitio. La interferencia se vuelve un problema en sitios con múltiples antenas (ver figura 23). Si estas medidas se han tomado y el receptor continúa recibiendo ruido, se deben identificar y eliminar las fuentes de ruido en el ambiente a su alrededor.

Un buen sitio de comunicaciones debe tener estándares que se apliquen a todos sus usuarios y recomendaciones para sitios de comunicaciones en los alrededores. Un sitio que se encuentre en un radio de 400 metros puede interferir con su sitio o puede recibir interferencia de su sitio a menos que se utilice equipo y técnicas de protección.

Las causas más comunes de interferencia en los receptores son ruido del transmisor, desensibilización del receptor e intermodulación no deseada causada por objetos en el ambiente del sitio. A continuación algunas recomendaciones para prevenir problemas en cada una de estas áreas.

Figura 23. Sitio con múltiples antenas



5.7.2 Requerimientos mínimos para protección de transmisores

Un sitio diseñado apropiadamente debe incorporar varias técnicas para reducir la interferencia que causan los transmisores a una señal de receptor. Cada transmisor debe tener un aislador, y cavidades para filtros pasa bajos y pasa bandas. La cantidad de aisladores y cavidades para pasabajos necesarios en un transmisor para tener un filtrado apropiado depende el equipamiento del transmisor y las frecuencias en el sitio de comunicaciones y otros sitios de transmisión en el área.

Un aislador se utiliza en un transmisor para reducir la cantidad de energía que llega al amplificador proveniente de la antena. Esto reduce los niveles no deseados de señal de otras señales de radio que llegan al amplificador y ayuda a prevenir la mezcla de dos o más diferentes frecuencias dentro del dispositivo no lineal. El proceso de mezcla es llamado intermodulación del transmisor y puede generar frecuencias que interfieren a los receptores., que son dañinas para la recepción de señales. Para prevenirlo se debe utilizar un filtro pasa bajos entre el aislador y el sistema de antenas.

Una cavidad pasa banda es un circuito resonante de filtrado, el cual es diseñado para permitir el paso de una banda específica de frecuencias con muy poca pérdida de energía mientras atenúa todas las otras frecuencias no resonantes. Estas deben instalarse entre el transmisor y el sistema de antenas para reducir señales no deseadas y ruido de banda lateral del transmisor que puede ser radiada y degradar el desempeño de receptores en los alrededores. También minimiza la intermodulación del transmisor debido a que se atenúan las señales de transmisores en los alrededores al pasar a través del filtro.

5.7.3 Requerimientos mínimos para protección de receptores

Un sitio diseñado apropiadamente requerirá que cada entrada de receptor se conecte a un filtro pasa banda para minimizar o eliminar la desensibilización del receptor. Estos dispositivos crearan una ventana de banda delgada que permitirá que solo la señal deseada llegue al receptor. Si la interferencia se encuentra en una frecuencia muy próxima a la frecuencia del receptor, se requerirá de una doble o triple etapa de filtrado. Esto es definitivamente más económico que mover la antena receptora a una ubicación alternativa.

5.7.4 Requerimientos ambientales para el sitio

Un sitio de comunicaciones diseñado apropiadamente utiliza las siguientes medidas preventivas para minimizar y eliminar ubicaciones donde las señales de radio se pueden mezclar y crear frecuencias de intermodulación o ruido:

- Óxido: todos los materiales deben estar libres de óxido.
- No deben utilizarse alambres trenzados porque pueden corroerse y causar señales de intermodulación.
- Conexiones de metal rígidas: las conexiones de metal a metal deben ser rígidas.
- Todo el metal suelto debe ser removido del sitio.

- Cercado: las cercas con materiales tipo enlaces encadenados deben tener un revestimiento de vinil.
- Metales distintos: las conexiones de metales distintos deben de realizarse después de revisar el tipo de galvanizado para cada metal. Las conexiones deben ser rígidas y estar bien apretadas.
- Líneas de transmisión: se prohíbe el uso de líneas de transmisión descubiertas (sin forro).
- Ataduras de cables: no se deben utilizar ataduras de cables metálicas sin cubiertas.
- Aisladores para líneas de energía (de tipo vidrio): aisladores agrietados son una fuente indeseable de ruido. Si el ruido no puede eliminarse al implementar las recomendaciones arriba descritas, contacte a la compañía local de las facilidades (luz, teléfono, etc.) y pídale realizar un barrido del ruido general en el área.

6. INSTALACIÓN DEL EQUIPO

6.1 Preparación de las instalaciones

Después de todo el trabajo de construcción, exterior e interior, el sitio y las facilidades (estructura y caseta) deben estar en condiciones adecuadas para la instalación del equipo de comunicación. En general, se necesita que se tomen en cuenta los siguientes factores:

- El interior de la instalación debe estar libre de polvo.
- En el área exterior del sitio deberá quitarse toda la basura relacionada con las tareas de la instalación antes de que se ocupe el sitio.

6.2 Consideraciones generales para diseño, áreas de trabajo y espaciamiento

Debe tomarse en cuenta ciertas consideraciones al realizar diseños del sitio y así aprovechar bien los espacios.

Se debe tomar atención especial a la extensión futura con respecto al cableado, colocación eléctrica de enchufes y colocación de equipo. La figura 24 demuestra la disposición adecuada del equipo.

Figura 24. Instalación típica de un sitio mostrando la disposición adecuada del Equipo



6.2.1 Requerimientos de espacio

El espacio apropiado del equipo es esencial para el uso eficiente del área del sitio, la facilidad del mantenimiento y la seguridad del personal.

Las siguientes especificaciones han sido establecidas por la NFPA y por los estándares de la ASHRAE. Cualquier regulación local que sea aplicable, también deberá ser tomada en cuenta.

- Para proporcionar un espacio de trabajo adecuado, debe dejarse un área de 0.37m^2 (576 pulg²) para el establecimiento del equipo, medido desde el frente de los equipos.

- Debe mantenerse 91 cms. (36 pulgadas) en los pasillos delanteros y laterales alrededor de los tableros eléctricos (NFPA 70, Artículo 110-26).
- Se requieren de 91 a 122 centímetros (36 a 48 pulgadas.) en los pasillos al frente, al lado, y (cuando sea aplicable) en los pasillos posteriores para mantenimiento de los equipos de aire acondicionado montados en el interior (NFPA 70, el Artículo 110-26 y ASHRAE).
- Deberá mantenerse 91 centímetros (36 pulgadas) de pasillo al frente de toda los equipos de conmutación telefónica.
- Debe mantenerse por lo menos 91 centímetros (36 pulgadas) de pasillo entre el final de la fila de equipos y la pared del edificio u otra obstrucción; pasillos más largos pueden requerir aberturas de acceso adicionales. Pasillos más grandes y aberturas para accesos adicionales en una fila se pueden requerir cuando la fila de equipos se hace más larga, para que fuego en el pasillo no obstaculice la salida. Debe cumplirse con cualquier código con respecto a especificaciones de evacuaciones en caso de incendio.
- El ingreso y la salida de los cuartos de equipo deben cumplir con NFPA 70, Artículo 110, y códigos locales para evacuación en caso de incendio.

NOTA: Los códigos locales pueden requerir espacio adicional según lo indicado arriba. En tales casos, el código local prevalecerá.

6.3 Consideraciones antisísmicas

En ciertas áreas debe requerirse la protección del sitio contra terremotos. Típicamente, para un área que tiene datos históricos donde se indique que

pueden darse movimientos de magnitud de grado tres o mayores. Observe que otras áreas a excepción de áreas históricamente propensas pueden necesitar otras consideraciones. Obviamente, esto da lugar a que el costo de instalación de equipo se incremente.

Debe consultarse y obtener la asesoría necesaria de un ingeniero certificado especializado en este tipo de diseños.

6.3.1 Recomendaciones generales

El diseño antisísmico debe ser contratado a una empresa especializada en ese tipo de trabajo. Sin embargo, las consideraciones generales siguientes deben ser tomadas en cuenta en el diseño de un programa antisísmico:

- El equipo no debe ser asegurado en ambos lados, las paredes de las casetas y el piso, ya que al ocurrir un posible terremoto los movimientos de ambas superficies son dispares y pueden llegar a romper el equipo.
- El montaje debe prever un cierto “sacudimiento” en el montaje del equipo, de tal manera que se pueda absorber la energía de un terremoto. Esto puede lograrse típicamente por el montaje rígido del equipo que se encuentre en la base de bastidores o gabinetes, mientras que un montaje semirígido se utiliza en la parte alta del bastidor usando cables trenzados de 3.2 milímetros (1/8 pulgadas) de diámetro. Las anclas de alambre trenzado van entonces aseguradas a las viguetas del techo. La ventaja de este tipo de instalación es que los estantes pueden tener la libertad de sacudirse dentro de los límites sin que caigan.

- Los diseños de gabinetes con amplias áreas de base se pueden utilizar para ayudar a prevenir que los gabinetes se inclinen.
- Las columnas de gabinetes apilados y montados espalda a espalda presentan una base muy amplia y estable. Los gabinetes inferiores deben quedar inmovilizados, como siempre, deben ser asegurados al piso para una seguridad completa.
- Algunos gabinetes se pueden equipar con soportes en forma de pedestal para evitar que se caigan. Estos soportes tipo pedestal no solamente proporcionan la protección adecuada en caso de un terremoto, sino son también adecuados si el gabinete es asegurado al piso.
- Al realizar anclaje a piso falso asegúrese que el ancla atraviese hasta llegar al piso inferior.
- Las columnas de los gabinetes deben ser apoyados de manera fuerte y no muy rígida. El montaje rígido dará lugar a vibración dando como resultado a una falla mecánica durante un terremoto. Es preferible utilizar un montaje semi-rígido. Esto permite una cantidad adecuada de movimiento.
- Algunos pisos falsos pierden integridad mecánica si varios paneles se quitan simultáneamente. Esto podría conducir al colapso del piso del equipo durante un terremoto. El fabricante del suelo deberá ser consultado para ver los procedimientos de retiro del piso.
- El equipo debe ser estabilizado con un soporte en la parte superior. Esto es importante para prevenir que la columna de equipo se derrumbe y pueda causar daño al personal. Las bases de las columnas de los bastidores y de

los gabinetes deben ser asegurados al piso apropiadamente, con las anclas de concreto. Algunas veces las columnas de los gabinetes se colocan en canaletas tipo C o en pedestales de madera.

- Los cables y las líneas de transmisión no se deben instalar en forma rígida, y sin curvas de relajación. Deje cable suficiente para mantenimiento.
- Para prevenir la oscilación de los dispositivos de iluminación debe utilizarse alambres de soporte. Un accesorio de iluminación fluorescente, puede ser muy peligroso si se balancea contra la pared o los estantes del equipo, rompiéndose y dejando caer pedazos de cristales. Los accesorios fluorescentes de iluminación tendrán que tener cubiertas protectoras o mangas plásticas protectoras que cubran el tubo fluorescente, evitando que el cristal roto caiga a los ocupantes.
- Los gabinetes de almacenaje deben ser asegurados a la pared para prevenir algún trastorno. Los gabinetes de almacenaje deben tener puertas que puedan cerrarse en forma segura para evitar que el contenido se caiga durante un terremoto.
- Las escaleras y otros objetos grandes deben ser asegurados a una pared o debes sacarse del cuarto de equipo cuando no se estén utilizando.

6.4 Instalación del equipo a nivel y en ángulos rectos

- El equipo debe quedar nivelado de forma horizontal y vertical. El nivelado del equipo debe ser probado en una superficie plana en por lo menos dos direcciones para verificar su exactitud.

- El equipo debe quedar paralelo y perpendicular a las paredes circundantes y al equipo instalado adyacente.

6.5 Anclaje del equipo

El anclaje es el sujetador mecánico del equipo de comunicaciones para las localizaciones convenientes utilizando un hardware aceptable para su uso.

Aunque cada instalación es única, ciertos métodos de anclaje deben ser utilizados para todas las instalaciones. Típicamente, por lo menos cuatro puntos de anclaje deberán ser utilizados para cada equipo montado en el piso. (La única excepción es cuando los fabricantes del equipo soliciten algo diferente a cuatro puntos de montaje).

6.5.1 Montaje en pisos de concreto

6.5.1.1 Requerimientos Generales

Los bastidores o gabinetes del equipo se deben colocar y anclar al piso utilizando preferiblemente los métodos de montaje. La figura 25 muestra las técnicas apropiadas y los materiales a utilizar. En general, observe las siguientes consideraciones:

- Debe utilizarse únicamente un anclaje especialmente diseñado para concreto. El mejor método para el anclaje de los bastidores, u otro equipo auxiliar para pisos de concreto es utilizar anclajes de expansión montados a ras del suelo dimensionado apropiadamente para esta aplicación. Los anclajes de expansión montados al ras del suelo no deben extenderse sobre la superficie del suelo y deben proveer una forma fácil para sujeción.

Adicionalmente también debe proporcionar la rigidez necesaria a fuerzas de corte o tensión. Si posteriormente se necesita mover el equipo, los anclajes de expansión no podrán moverse junto con el equipo.

- En aplicaciones donde los anclajes de expansión montados al ras del suelo no son aceptables, deberán utilizarse anclajes sujetos con acuñaientos.
- Todos los anclajes de concreto para las aplicaciones estándar deben ser de carbón de acero con capa de zinc, acero galvanizado para los ambientes húmedos o corrosivos, y zinc amarillo o acero inoxidable para la humedad altamente corrosiva o ambientes ácidos. El diámetro mínimo del sujetador debe ser de 10 mm (0.375 pulgadas) con 12 mm (0.5 pulgadas) preferiblemente. La profundidad del anclaje debe ser de por lo menos de 76 mm (tres pulgadas) para proporcionar buena fuerza de corte o tensión. Se debe seguir las instrucciones del fabricante para la reducción de la profundidad cuando se encuentre una barra de refuerzo. Una roldana resistente debe instalarse en el montaje del anclaje para garantizar que el equipo se encuentre seguro.

Nota: A menos que se utilice un esquema de montaje aislante, asegúrese de que ningún anclaje quede en contacto con barras de refuerzo o con malla de alambre enterrada en el concreto. El bastidor deberá ser aislado eléctricamente de cualquier otro equipo o material en el sitio.

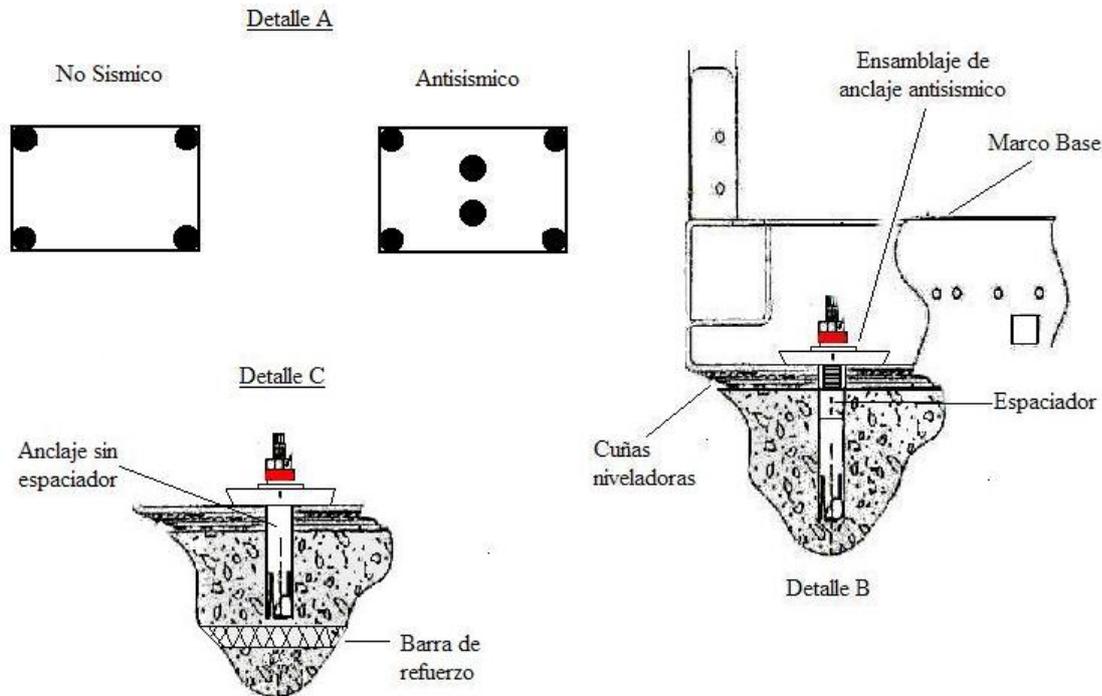
6.5.1.2 Anclaje antisísmico

Los anclajes antisísmicos son diseñados, probados y especificados para las zonas sísmicas de grado tres y cuatro.

El uso de anclajes antisísmicos realza la estabilidad del equipo debido a las características especiales satisfechas específicamente por los efectos dinámicos y cíclicos de carga experimentados durante un terremoto. Como tal, los anclajes deben ser utilizados según las especificaciones brindadas por su fabricante, que los hacen más resistentes a los efectos dinámicos y cíclicos de la carga. Los anclajes seleccionados deben estar regidos bajo los estándares dispuestos en NEBS TR-64 y ASTM 488-90 para los requerimientos en caso de un terremoto. Esta prueba evalúa el ajuste de los anclajes para fallas en esfuerzos corte o tensión. Para cumplir con estos estándares se requiere que el anclaje no permita una carga superior a un bastidor de 2.2 m (siete pies) con una inclinación máxima de 7.6 centímetros (tres pulgadas) en la superficie del bastidor. Ver las especificaciones técnicas AU-434 para anclajes de expansión de concreto antisísmicos.

Los criterios de selección del anclaje deben cumplir con todos los requisitos generales para los anclajes estándares concreto antisísmicos y dar a cumplir los requisitos arriba mencionados. Todos los anclajes antisísmicos deben ser complementados con sujetadores para gabinetes o bastidores.

Figura 25. Montaje en concreto utilizando anclajes para concreto



Nota: Para instalaciones antisísmicas, el concreto debe tener un mínimo de 206.73 MPa (3000 PSI o 2109.23 toneladas/m²), con un mínimo de 15.24 cms (6 pulgadas) de grueso según la especificación TR-6 de Bellcore (Telcordia), con las siguientes recomendaciones:

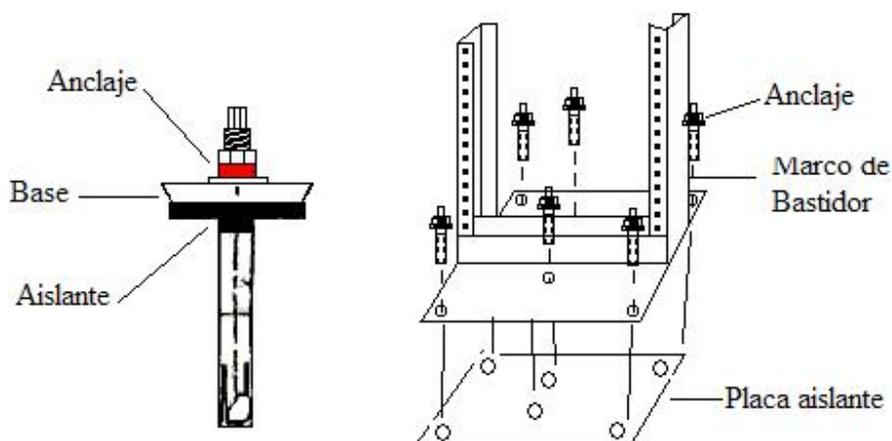
- Usando el patrón apropiado, agujeros con una perforación de 18 milímetros (11/16 pulgadas). La profundidad del agujero debe ser de 10.2 centímetros (cuatro pulgadas) como mínimo debajo del nivel del piso. (Ver detalle A).
- Aspire el exceso de polvo dentro de los agujeros por el barrenado.
- Insertar los anclajes en el agujero hasta que la placa quede plana contra la superficie del piso. (Ver detalle B).

- Apriete las tuercas del anclaje con una torsión de 67.8 NM (50 libras por pie).
- Quiebre las tuercas flojas y remueva las barras utilizando un taladro de ¼ de pulgada.
- Coloque el gabinete en la posición de montaje.
- Reinserte barras roscadas con piezas de relleno en los agujeros. Apriete las tuercas a mano.
- Con una llave, apriete las tuercas hasta que las tapas de las tuercas topen.
- Si la barra de refuerzo se encuentra con el anclaje, remueva el espaciador (Ver detalle C de la figura 25) Con el espaciador removido, reinstale el anclaje. (La longitud de la barra roscada puede cambiar según lo requerido).

6.5.1.3 Montaje con aislamiento

El montaje con aislamiento se recomienda para prevenir una segunda trayectoria a tierra a través del piso de concreto, y es requerido para la instalación de ciertos equipos. En estos casos se insertan en el piso de concreto anclajes de expansión. Sin embargo, el aislamiento del bastidor del equipo se asegura utilizando una placa aislante según lo mostrado en la figura 26. Si la instalación es en una zona sísmica, se utilizan anclajes adicionales según lo mostrado en la figura 26.

Figura 26. Sistema de Montaje con aislamiento



6.5.2 Montaje en pisos de madera o de fibra de vidrio

Deben utilizarse tornillos dimensionados apropiadamente para montajes en pisos de madera o de fibra de vidrio. Si la parte de abajo es accesible y la estabilidad del piso es cuestionable, entonces se aconseja atornillar a través del piso de madera o fibra hasta alcanzar la parte segura.

Es recomendable montar las estaciones base y cualquier equipo auxiliar que no se pueda instalar en un bastidor, en un riel tipo canal cuando sea posible. Esto dará lugar a que su limpieza se facilite y brinde algo de aislamiento en caso de que se acumule agua. Otra ventaja de no instalar en el piso el equipo que no pueda instalarse en un bastidor, es que el peso está distribuido en una mayor área de piso. En estos casos, montaje en rieles proporciona múltiples puntos de anclaje cuando el equipo provee solamente cuatro a seis puntos de anclaje.

Al montar los bastidores sobre piso falso, debe utilizarse barras y montajes rasantes al piso con un diámetro mínimo de 13 mm (0.5 pulgadas) para ser anclado al piso de concreto debajo del piso falso. Al montar consolas en piso falso, deben utilizarse barras y pernos de por lo menos 10 mm (0.375 pulgadas) para el anclaje. El arreglo de montaje deberá cumplir con las instrucciones de montaje del fabricante.

6.5.3 Anclaje del equipo en suelos falsos

6.5.3.1 Montaje aéreos y en pared

El anclaje de elementos aéreos o en pared presenta varias consideraciones que hay que tomar en cuenta. La colocación es muy importante; si el equipo es atornillado a una pared que se encuentre en un pasillo, puede ser que el pasillo sea muy angosto y pueda causar algún daño al personal. También, darle mantenimiento al equipo que es montado adyacente a otro equipo puede quedar inhibido.

Las aplicaciones aéreas generalmente incluyen cableado coaxial, escalerillas y montajes con refuerzos antisísmicos. Debe tenerse especial cuidado al decidir la carga que puede ser colgada del techo sin afectar los soportes de fundición de la estructura. Para el caso de equipo con soportes con refuerzo antisísmico, las escalerillas pueden ser aseguradas al techo y a los bastidores, proveyendo un soporte aceptable.

Cuando se anclen escalerillas para cables a techos o paredes, se debe utilizar los soportes sugeridos por el fabricante.

Los anclajes utilizados en montura en techo varían dependiendo de la estructura del techo como a continuación se detalla:

- Para techos de concreto y de madera, se utilizan los mismos principios discutidos en los anclajes del piso.
- Para un techo expuesto con vigas, muchos fabricantes de escalerillas de cableado hacen las abrazaderas de las vigas tipo riel o soportes para anclajes de tornillos.
- Para los techos de acero corrugados, los rieles de canal tipo C se pueden poner en el techo utilizando tornillos apropiados. El riel atravesará el acero corrugado y proporcionará múltiples puntos de anclaje.

Para techos con cielo falso, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si el cielo falso se encuentra en vigas de madera o acero, localícelas y atornille directamente con tornillos apropiados.
- Puede utilizarse montajes en rieles tipo C.
- Un montaje alternativo a rieles tipo C es utilizar un tornillo de anclaje con cabeza hexagonal.

Nota: Asegúrese de localizar apropiadamente las vigas antes de perforar el cielo falso.

6.6 Instalación de equipo dentro de Bastidores o gabinetes

La mayoría del equipo de comunicación es montados dentro de un bastidor de 19 pulgadas EIA o gabinetes. Hay que seguir las instrucciones del fabricante del equipo, bastidor o gabinete cuando se instale el equipo.

- Todos los soportes suministrados debe ser utilizados adecuadamente.
- Deben utilizarse todos los dispositivos apropiados para asegurar el equipo.
- Debe considerarse la transmisión de calor por difusión de un bastidor a otro. Pueden requerirse disipadores de calor.

Advertencia: No monte equipo pesado en la parte alta del estante o gabinete. Esto puede causar que el pierda estabilidad.

6.7 Cableado del equipo

Esta sección describe los requisitos para cablear dentro de gabinetes o bastidores, y los requisitos para el cableado entre gabinetes y/o bastidores. El cableado dentro de estantes y gabinetes debe cumplir con los requisitos de NFPA 70, Artículos 300, 800, 810 y 820. (Ver las normas ANSI/TIA/E1A-568(a) y 569(a) para información adicional)

6.7.1 Requisitos de cableado para el equipo en bastidores y gabinetes

Todos los cables deberán ser instalados y guiados para no poner en peligro la seguridad del personal y garantizar el buen funcionamiento del equipo, y que pueda ser accesible para su mantenimiento. Los siguientes requisitos aplican para la instalación de cableado en bastidores o gabinetes:

6.7.1.1 Aseguramiento de los cables dentro de gabinetes o bastidores

- Para prevenir algún daño o la desconexión accidental, los cables y conductores deberán asegurarse en intervalos no mayores a 91 cms. (tres pies). Esto debe realizarse de forma que no se restrinja el acceso al equipo en el bastidor o gabinete.
- Se recomienda utilizar contenedores aislantes en los bastidores o gabinetes. Los contenedores deberán tener la suficiente longitud para mantener la separación apropiada de los cables.
- Se deben utilizar cintas para cables que no sean metálicas para asegurar los cables y conductores. Las cintas deberán apretar lo suficiente para asegurar los cables sin apretarlos.
- Los cables que atraviesen un espacio mayor a 61 cms (dos pies) deberán contar con un soporte.

6.7.1.2 Guiando los cables dentro de gabinetes y bastidores

- Los conductores de tierra dentro de los bastidores o de los gabinetes deben ser guiados hacia el Colector de Tierras del Bastidor (RGB), Colector de Tierras Principal (MGB) o el conductor principal de tierra. Las conexiones al colector de tierras del bastidor o al conductor colector de tierra deberán siempre hacerse con la conexión a tierra del equipo o la derivación de conductores que son guiados hacia el colector de tierra principal o hacia el Colector de tierras del bastidor.
- En los puntos en donde los conductores de tierra pasen a través de un agujero en una superficie metálica, el conductor debe pegarse a la superficie metálica. Si el agujero o abertura es mucho más grande que el conductor y se espera que varios conductores pasaran a través de él, no se requiere que se pegue el conductor a la superficie.
- Los cables en los estantes o gabinetes deberán ser dimensionados a las longitudes requeridos e instalados y guiados en una manera profesional.
- Los excesos de cable no deben ser enrollados en la parte alta de los gabinetes y bastidores.
- Los cables de corriente alterna más largos de lo necesario pueden ser enrollados y guardados abajo en el bastidor o gabinete. El exceso en longitud de los cables de corriente alterna no deberán ser enrollados encima de los gabinetes o bastidores.

6.7.1.3 Protección de los cables dentro de gabinetes y bastidores

- Las uniones de los conductores de tierra deberán ser instalados de forma que se evite que el conductor o la unión entre en contacto con las superficies metálicas.
- Donde los cables o conductores son guiados a través de agujeros en superficies metálicas o bordes afilados, estas superficies afiladas deberán ser protegidas convenientemente con un ojal o material similar para ayudar a proteger el cable o conductor de algún daño causado por estos bordes afilados.

6.7.1.4 Radio de Curvatura de cables dentro de gabinetes y bastidores

- Los conductores de tierra de todos los tamaños deben mantener un radio de curvatura mínimo de 20 cms (ocho pulgadas). El ángulo de cualquier curvatura no debe ser menor de 90°.
- El radio de curvatura de cables CAT-5 no debe ser menor a 10 veces el diámetro externo del cable. Debe seguirse las recomendaciones del fabricante y ver la norma ANSI/TIA/EIA-568 para información adicional.
- Todos los cables no deben tener curvas agudas las cuales podrían llegar a dañar o degradar el desempeño del cable. Se debe seguir las especificaciones del fabricante.

6.7.1.5 Separación y agrupamiento de cables en gabinetes y bastidores

- El cableado en bastidores y gabinetes deberán ser agrupados de acuerdo a su función.
- Los grupos de cables dentro de gabinetes y estantes deberán estar separados por un mínimo de 5.1 cms (dos pulgadas) de otro grupo de cables. Para más información ver los Artículos 568 a y -569 de la norma ANSI/TIA/EIA y los Artículos 800-52, 810-18 y 820-52 de la norma NFPA 70.

Figura 27. Cableado Típico en un bastidor



6.7.2 Requerimientos de cableado para escalerillas

6.7.2.1 Instalación de cableado en las escalerillas

- Al instalar los cables en un sistema de escalerillas, los cables no deberán ser jalados con tal fuerza que el aislamiento del conductor o el conector del cable sea dañado o que llegue a deformar el cable.
- deberá ser considerado el radio de curvatura mínimo de las líneas de transmisión de la antena al colocar estos cables en la escalerilla. Se debe seguir las especificaciones de los fabricantes.
- Los cables instalados dentro de un sistema de escalerillas deberán ser sujetos con seguridad a los peldaños transversales en lugar de a los paralelos horizontales.
- Los cables instalados dentro de un sistema de escalerillas deberán ser separados utilizando las siguientes categorías:
 - Alimentación de corriente directa (cuando es requerido).
 - Señal / Control.
 - Cables de teléfono.
 - Antena / Líneas de transmisión.
 - Conductores de tierra.
- El método más deseable de salida de la escalerilla de cables es realizar una curvatura hasta el fondo y conectar con el gabinete o bastidor tal que la separación física entre cables se mantenga.

- Los cables de corriente alterna no deberán instalarse en un sistema de escalerillas a menos que se encuentren dentro de un conducto metálico. (verifique que los conductos instalados debajo a lo largo de las escalerillas no deberán ser sostenidos por la escalerilla a menos que el sistema de escalerillas estén diseñados para proveer dicho soporte.

6.7.2.2 Separación y agrupamiento de cables en las escalerillas

- El cableado deberá ser separado uno de otro de acuerdo a su función (alimentación de corriente directa, radiofrecuencia, tierra y cables de datos) el cableado deberá ser agrupado por funciones similares (por ejemplo, Cables de radiofrecuencia en un grupo, cables de alimentación en otro grupo)
- Los grupos de cable deberán estar separados a un mínimo de 5.1 cms (dos pulgadas) de otro grupo de cables. (para más información referirse a los Artículos 568-A y 569-A de la norma ANSI/TIA/EIA; y Artículos 800-52, 810-18 y 820-52 del NFPA 70)
- Los cables de alimentación de corriente alterna no deberán instalarse en la misma escalerilla con cables como CAT-5 o cables de comunicación a menos que sean separadas por una barrera según lo establecido por la NFPA 70.

6.7.2.3 Aseguramiento de los cables en las escalerillas

- Los cables y conductores deberán ser asegurados en intervalos de no más de 91 cms (tres pies)
- Ataduras de cables no metálicos deberán ser utilizados para asegurar los cables y los conductores. El accesorio deberá ajustarse fuertemente para asegurar el cable, sin aplastar el cable.
- Los cables que se instalan verticalmente en una escalerilla deberán ser asegurados en cada peldaño.
- Cuando los cables cuelgan en un espacio (como entre una bandeja de cables y una escalera) de más de 61 cms (24 pulgadas) los cables deberán ser apoyados.
- El cable deberá dimensionarse en longitud y no deberá ser enrollado en la parte de arriba de los gabinetes o escalerillas de cable.
- Los cables de datos no deberán ser pegados por ningún medio al exterior de un tubo u otro conducto eléctrico para que le sirva como soporte (Artículos 725-56 y 800-52 del NFPA 70).
- Los cables de comunicación no deberán ser instalados directamente en las vigas o en cielos falsos (ANSI/TIA/EIA- 569(a)).

6.7.3 Cableado de alimentación de corriente alterna

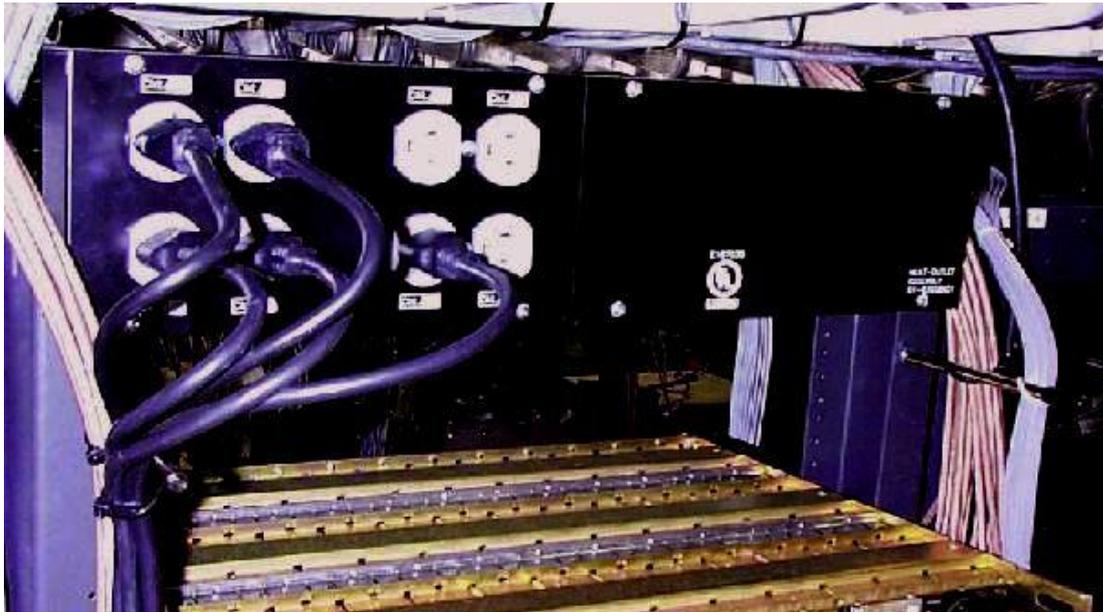
Advertencia: la instalación de facilidades eléctricas de corriente alterna dentro de cajas de empalme, tomacorrientes e interruptores deberán ser efectuados por personal de instalación de un contratista eléctrico. La seguridad del personal puede estar en riesgo por instalaciones realizadas por personal no calificado.

Cuando se utiliza un bastidor abierto, no es siempre posible realizar instalaciones manuales de alimentación. Montar un tomacorriente dedicado simple o un ensamblaje de tomacorrientes en el bastidor puede ser el método más conveniente de suministrar alimentación, especialmente si múltiples piezas de equipo son montadas en un bastidor.

Estos ensamblajes de tomacorrientes pueden ser prefabricados y montados en la parte frontal del bastidor. El montaje también puede utilizar una fuente de alimentación montada entre los bastidores.

El equipo que contenga por si mismo una fuente de alimentación de corriente alterna, son típicamente ajustados con de una línea de cable de tierra estándar. Cuando este equipo es utilizado, el bastidor deberá ser equipado con un tomacorriente dedicado simple o un ensamblaje de tomacorrientes. La figura 28 muestra el ensamblaje de tomacorrientes montado en un bastidor así como el adecuado ordenamiento de los cables de alimentación dentro de un bastidor.

Figura 28. Ensamblaje de tomacorrientes montado en un bastidor con sus respectivos cables de alimentación ordenados



Advertencia: bajo ninguna circunstancia se deben utilizar tomacorrientes comerciales. No deben utilizarse extensiones de cable de ningún tipo para conectar la alimentación al equipo de comunicación.

6.7.4 Cableado de alimentación de corriente directa

En los ambientes de telecomunicaciones, comúnmente los sistemas de corriente directa son los siguientes:

- Sistemas de +12 voltios.
- Sistemas de +24 voltios.
- Sistemas de -24 voltios.
- Sistemas de -48 voltios.

Las líneas de teléfonos tradicionalmente utilizan -48 voltios, muchos equipos de telefonía celular, y sistemas de radio utilizan de $+24$ a $+27$ voltios. También hay casos en donde se utilizan sistemas de -24 voltios. En Estados Unidos las instalaciones, comúnmente utilizan el cable de color rojo para las terminales de fuentes de alimentación, con fusibles, no aterrizado o terminal vivo. El cable de color negro es utilizado para el terminal de retorno, sin fusibles o de tierra. En Europa utilizan la instalación con aislante de color azul para el terminal vivo. El manual del equipo que ha sido instalado también tiene especificaciones que establecen el dimensionamiento de cables requeridos.

6.7.5 Cableado de control y datos

Debido a los bajos niveles y a los extensos rangos de frecuencia asociados con estos cables, este cableado debe ser separado con un mínimo de cinco centímetros (dos pulgadas) del cableado de corriente alterna y corriente directa. Estos cables no deberán ser instalados con cables de tierra debido a que puede inducirse energía, especialmente durante el impacto de un rayo.

La figura 29 muestra la forma apropiada de ordenar los cables dentro de un bastidor. Obsérvese las adecuadas curvas que se proveen para liberar el estrés en los conectores y facilitar su retiro, mientras se minimiza los excesos de cable innecesarios. Cualquier exceso de cable deberá ser enrollado lejos de los puntos de conexión del equipo.

Figura 29. Cableado de equipo de control correctamente ordenado



6.7.6 Cableado de la red de computación

El cableado de una red de computación típicamente consiste en cableado categoría 5 terminado en conectores modulares de ocho pines.

La instalación apropiada del cableado de la red de computación es crítica para la operación segura y confiable de la red. Se recomienda seguir los estándares desarrollados por la TIA/EIA o su equivalente. Debe cumplirse con los códigos aplicables de NFPA, los códigos de electricidad locales, los códigos de edificaciones locales y otros estándares incluidos en este manual cuando se instale el cableado de la red de computación.

Nota: se recomienda que las instalaciones de cable de la red de computación sean realizadas por un especialista en la instalación de las redes de computación. El especialista debe tener la experiencia, conocimiento de los códigos locales aplicables y el equipo para pruebas necesario para proporcionar una instalación de calidad.

6.7.6.1 Tipo de Cable

Se recomienda el uso de cables Categoría 5 UTP (Par Trenzado sin blindaje) de 100 ohmios para cableados de redes de computación, el cual es el cable asumido en esta sección. Se prefiere el uso de cables categoría 5 sobre los categoría 3 y categoría 4 debido a su capacidad de soportar velocidades de transmisión de 100 Mbps (Mega bits por segundo) y por su inmunidad a la interferencia electromagnética y frecuencias de radio. (Ver el Artículo 568-A de la norma ANSI/TIA/EIA y el artículo T529 de la CSA).

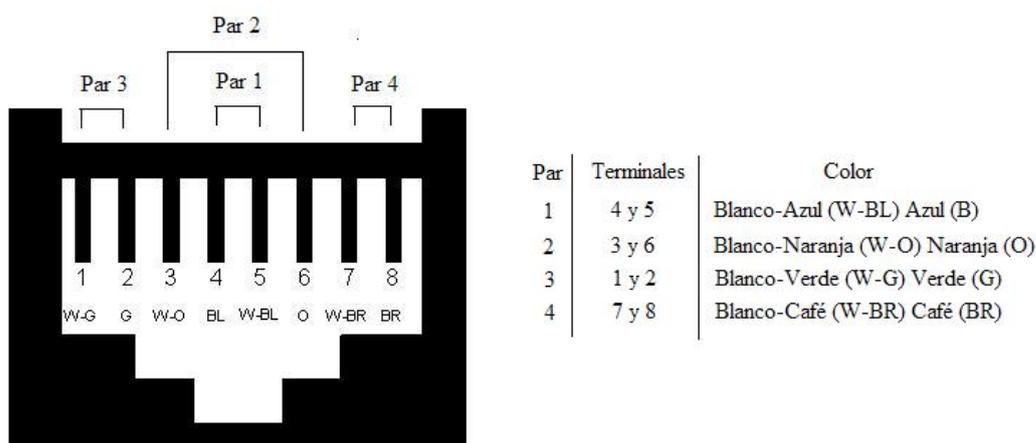
6.7.6.2 Conexión del Hardware

Los cables de UTP deben utilizar en los terminales hardware de la misma categoría. Esto incluye todos los conectores, bloques de conectores, cross-conectores y los cables de red. Se recomienda que los dispositivos utilizados para terminar los cables tengan el mismo tipo de aislamiento. Los conectores modulares deberán también ser del mismo tipo que los cables utilizados, los conductores de cable sólido utilizan diferentes conectores que el cable trenzado. Ver el Artículo 568A de la norma ANSI/TIA/EIA y el Artículo T529 de la norma CSA para más información.

6.7.6.3 Alambrado de Cables y Conectores

Se debe utilizar una codificación de colores y enchufes apropiados cuando se alambren enchufes modulares, conectores y cables. El mismo estándar de alambrado se deberá utilizar a través del sistema de cableado. La figura 30 muestra una vista de los terminales modulares hembra de ocho pines con los pares y colores identificados. Ver los Artículo 568-A de las normas ANSI/TIA/EIA y T529 de las normas CSA para mayor información.

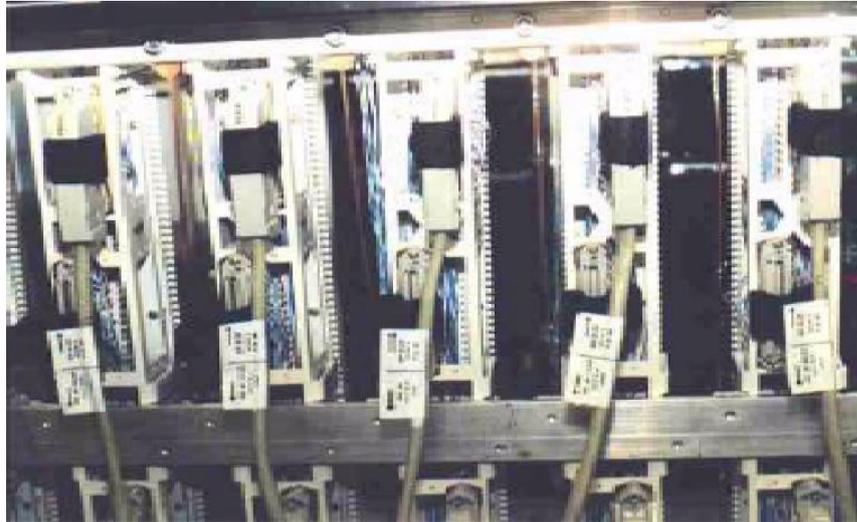
Figura 30. Terminal modular hembra de 8 pines para estándar T568A



6.7.6.4 Etiquetado

Los cables deben ser etiquetados en ambos extremos y en cualquier caja o unión (ver figura 31). Ver también el Artículo 606 de la norma ANSI/TIA/EIA y el Artículo T528 de la norma CSA para más información.

Figura 31. Ejemplo de etiquetado de cables



6.7.6.5 Probando el cableado de la red de conmutación

Todo esfuerzo debe realizarse para asegurar la calidad de la instalación en el cableado del sistema de red de computación. Ni siquiera el mejor esfuerzo en una instalación puede garantizar que un sistema trabaje apropiadamente, por eso se requiere que el sistema de cableado de la red sea probado para verificar su apropiado desempeño. Deben utilizarse los procedimientos y especificaciones para pruebas detallados en el “Boletín de sistemas de Telecomunicaciones” (TSB) 67 de la TIA/EIA. Este boletín contiene cuatro parámetros para pruebas, a continuación se encuentra una breve explicación de cada uno de ellos:

6.7.6.5.1 Mapeo del alambrado

Se utiliza para verificar los pares de alambres en cada terminación de los cables y chequear errores de conectividad en la instalación. Cada uno de los 8 conductores en el cable son probados para:

- Continuidad de los conductores hacia la punta remota del cable.
- Cortos entre cualquier par o cantidad de conductores en el cableado.
- Pares cruzados en el cableado.
- Pares reversados en el cableado.
- Pares divididos en el cableado.
- Cualquier otro tipo de error en el alambrado del cableado.

6.7.6.5.2 Longitud

La prueba de longitud es utilizada para determinar el largo físico máximo de los segmentos del cable.

6.7.6.5.3 Atenuación

Es la medida de pérdida de señal en un segmento del cableado.

6.7.6.5.4 Pérdida por acoplamiento

Es la medición de pérdidas de señal debido al acoplamiento de un par de alambres a otro dentro de un mismo segmento de cableado UTP.

6.7.7 Cableado de fibra óptica

Los cableados de fibra óptica se agrupan dentro de tres grandes categorías, las cuales se describen a continuación (para más información vea el Artículo 770-5 del NFPA 70).

- No conductores: este cableado no contiene materiales conductores.
- Conductores: este cableado contiene partes conductoras que no conducen corriente, como son partes metálicas para rigidez, barreras metálicas de vapor, armaduras metálicas o cubiertas.
- Compuestas: este cableado contiene fibras ópticas y conductores eléctricos que conducen corriente. Estos cableados pueden también contener partes conductoras que no conducen corriente, como partes metálicas para rigidez o barreras metálicas para vapor.

Se deben seguir las siguientes consideraciones para la instalación de cableado de fibra óptica:

- La instalación de cableados de fibra óptica debe cumplir la norma ANSI/TIA/EIA-568-A.
- El radio de curvatura no debe ser menor a 10 veces el diámetro del cable de fibra óptica o según la recomendación del fabricante del cable.

- Los cables de fibra óptica no deben instalarse de forma que bloquee el acceso al equipo eléctrico o el retiro de paneles, incluyendo paneles suspendidos en el techo. (ver el Artículo 770-7 de NFPA 70 para mayor información).
- Los cables de fibra óptica deben ser instalados de forma que no sean dañados por el uso normal de la estructura.
- Los cables conductores de fibra óptica que entren o salgan de la estructura deben tener aterrizada la parte metálica que no conduce corriente tan cerca de la entrada como sea posible. (para más información el Artículo 770-33 de la NFPA 70).
- Para cables de fibra óptica instalados áreas encerradas o con diferente presión deben utilizarse cables especiales para este tipo de condiciones como son OFNP (Optical Fiber Nonconductive Plenum) y OFCP (Optical Fiber Conductive Plenum) de acuerdo con los Artículos 300-22 y 770 del NFPA 70.
- Para fibras ópticas instaladas en corridas verticales que penetran más de un nivel, se deben utilizar cables de tipo OFNR (Optical Fiber Non-conductive Riser) u OFCR (Optical Fiber Conductive Riser) (ver el Artículo 770 del NFPA para mayor información).
- La fibra óptica de tipo no conductiva puede ser instalada en la misma escalerilla con conductores eléctricos de luz, alimentación, sistemas de alarmas o circuitos de comunicaciones de mediana tensión operando a 600 voltios o menos (ver el Artículo 770-52 del NFPA 70 para más información).

- Fibra óptica de tipo conductiva no puede ser instalada en la misma escalerilla con conductores de luz, alimentación, sistemas de alarmas y circuitos de comunicaciones de media tensión (ver el Artículo 770-52 del NFPA 70 para más información).
- Se permite la instalación de cables de fibra óptica compuesta conteniendo solamente conductores de corriente para luz eléctrica, alimentación, o circuitos de 600 voltios o menos en el mismo gabinete, escalerilla o tomas con conductores operando con cargas de estas mismas condiciones. (Para mayor información ver el Artículo 770-52 del NFPA 70).
- No debe instalarse cables de fibra óptica no conductora en el mismo gabinete o caja con terminaciones de cables de luz eléctrica, alarmas, o circuitos de mediana tensión a menos que la fibra óptica este funcionalmente asociada con estos cables. (Para mayor información ver el Artículo 770-52 del NFPA 70).
- Cables de fibra óptica conductora y no conductora pueden ser instalados en la misma escalerilla o ambiente con conductores de controles remotos clase 2 y clase 3, de señalización, y circuitos de alimentación limitada (como esta definido por el Artículo 725 del NFPA 70), Circuitos de comunicación (según el Artículo 800 del NFPA 70), antenas de televisión y sistemas de distribución de radio (según el Artículo 820 del NFPA 70) y circuitos de comunicaciones de banda ancha de baja potencia (según el Artículo 830 del NFPA 70).
- Donde el cableado de fibra óptica es utilizado este debe identificarse para distinguirlo del cableado de señal eléctrica. (Ver la figura 32)

Figura 32. Ejemplo de etiquetado de cables de Fibra Óptica



6.7.8 Cableado de Radiofrecuencia

El cableado de radiofrecuencia típicamente consta de cables coaxiales rellenos de espuma o de construcción superflexible de 0.635 cms (0.25 pulgadas) o 1.25 cms (0.5 pulgadas).

El cableado de radiofrecuencia no debe hacerse funcionar a menos de cinco cms. (dos pulgadas) de los conductores de otro sistema de cables (ver Artículos 810-18 y 820-52 de la norma NFPA 70).

Se debe tomar en consideración el radio de curvatura como se especificada a continuación o según lo especificado por el fabricante del cable.

El radio mínimo de curvatura para los cables superflexibles es:

- 0.635 cms de (0.25 pulgadas) de diámetro de cable: 2.5 cms (una pulgada) radio de curvatura.
- 1.25 cms de (0,5 pulgadas) de diámetro de cable: 3.2 cms (1.25 pulgadas) radio de curvatura.

Tamaños mínimos de Radio de curvatura mínimo para cables rellenos de espuma:

- 1.25 cms de (0.5 pulgadas) de diámetro de cable: 12.7 cms (5 pulgadas) radio de curvatura.
- 2.22 cms de (0.875 pulgadas) de diámetro de cable: 25.4 cms (10 pulgadas) radio de curvatura.
- 3.175 cms (1.25 pulgadas) de diámetro de cable: 38.1 cms de (15 pulgadas) radio de curvatura.
- 4.128 cms (1.625 pulgadas) de diámetro de cable: 50.8 cms de (20 pulgadas) radio de curvatura.

7 VERIFICACIÓN DEL SITIO DE COMUNICACIONES

7.1 Puntos vulnerables que se deben tomar en cuenta para el desarrollo de un sitio

A continuación se describen los pasos importantes del proceso de adquisición de un sitio, los cuales no deben descuidarse y se identifican los responsables de completarlos. Debe tomarse en cuenta que cada proyecto es diferente, por lo que esta cronología debe adaptarse para cumplir los requerimientos específicos de cada nuevo sistema. La numeración de los pasos es una referencia, por lo que no necesariamente deben cumplirse en ese orden.

7.1.1 Investigar los requerimientos de la Agencia de Regulación del Espacio Aéreo

Responsable: encargado de adquirir el sitio

La entidad reguladora del espacio aéreo (en Guatemala Aeronáutica Civil) puede tener un impacto significativo en la colocación de antenas, para el sistema. Dedique el tiempo necesario con el equipo de ingeniería de cobertura para determinar el impacto de estas regulaciones en cada torre que debe instalarse. El conocimiento de la ubicación de aeropuertos y áreas restringidas cerca del sitio propuesto es muy importante.

7.1.2 Investigar los planos de RF de la región y la coordinación de frecuencias

Responsable: encargado de adquirir el sitio

Algunas bandas de RF están sujetas a restricciones de radiación de señal en ciertos sectores. Esto puede tener un gran efecto en la cantidad y ubicación del sitio. Los patrones de cobertura pueden variar de un sitio a otro debido al tipo de terreno. Un entendimiento minucioso de la cobertura para un área ayuda a determinar que tan lejos puede estar un sitio potencial del punto a ser cubierto.

7.1.3 Investigar los requerimientos de cobertura del sistema

Responsable: encargado de adquirir el sitio

Los patrones de cobertura pueden variar de un sitio a otro debido al tipo de terreno. Un entendimiento minucioso de la cobertura para un área ayuda a determinar que tan lejos puede estar un sitio potencial del punto a ser cubierto.

7.1.4 Preparar los perfiles de microondas en papel

Responsable: ingeniería del vendedor

Los perfiles de microondas en papel deben ser preparados para todas las trayectorias de microondas del sistema para verificar que no existan obstrucciones. Resulta muy difícil evaluar una trayectoria de microondas desde

el asiento del vehículo, aunque los mapas que se tengan le ayudaran a identificar si hay crestas entre los sitios y localizar niveles de suelo alto para torres, la documentación de la ingeniería de la trayectoria de campo será requerida para evaluar el potencial de cada sitio.

7.1.5 Preparar el listado de verificación para presentación

Responsable: encargado de adquirir el sitio

El listado de verificación debe ser desarrollado para asegurarse que todas las presentaciones requeridas sean efectuadas en tiempo. El listado de verificación debe contener como mínimo lo siguiente:

- Mapa del proceso / flujo del proceso.
- Mapas topográficos.
- Lista de contactos.
- Formato de descripción del sitio.
- Planos.
- Actualización de estatus.

7.1.6 Preparar paquetes individuales del sitio

Responsable: encargado de adquirir el sitio

Un estudio preliminar por cada sitio debe ser preparado, el cual debe incluir todas las aplicaciones y reportes del sitio. Los formatos de los reportes deben ser hechos a la medida para cada proyecto lo cual demostrara la

información que sea necesaria para poder tomar las decisiones de cada localidad. Consulte con el cliente para asegurarse que todos los reportes capturen la información que consideren importante en conjunto con el vendedor. Esta información incluida en estos paquetes tiene que ver únicamente con la investigación inicial y la adquisición del sitio.

7.1.7 Conducir la visita inicial de campo

Responsable: encargado de adquirir el sitio

Después de que los estudios de sitios individuales sean presentados al cliente para su aprobación preliminar, programe una visita de campo de los sitios para obtener información adicional y evaluar posteriormente el sitio.

7.1.8 Revisión de estudios de sitios

Responsable: cliente

El cliente debe revisar los estudios de cada sitio y aprobar los sitios que determinen deben permanecer bajo consideración. El cliente debe identificar los sitios que no deben incluirse en futuras consideraciones.

7.1.9 Obtener acuerdos de compra para sitios privados

Responsable: cliente

Después que el cliente aprueba un sitio, si el sitio es privado, el cliente debe enviar a su comprador a adquirir la propiedad en la que se localizará el sitio.

El comprador debe conducir un análisis de mercado independiente para determinar el rango de valores para el área objetivo y usar esta información para ayudar a acordar el precio de la propiedad. Normalmente el comprador debe tener varias alternativas y considerar múltiples sitios.

Las diferentes opciones deben ser revisadas con el encargado de adquirir el sitio para verificar su posible utilización en el sistema. Una vez aprobada por el encargado de la adquisición se realiza una propuesta de compra de la propiedad. Los aspectos como el precio, derechos de superficie, minerales y embargos de títulos deben ser considerados. El acuerdo debe garantizar los permisos de acceso para el cliente y sus subcontratistas al sitio para evaluaciones adicionales.

7.1.10 Obtener derechos de acceso

Responsable: cliente

Debe redactarse y firmarse un acuerdo apropiado que proporcione el derecho de realizar trabajos de investigación sin afectar materialmente el sitio. Verificaciones de suelos, pantanos y ambientales son actividades permitidas

durante este periodo de tiempo. Después de realizarse estas investigaciones y determinar la idoneidad del sitio se sugiere al cliente la adquisición del sitio. Después de la adquisición se concede a los subcontratistas el derecho de acceso para comenzar la construcción del sitio.

7.1.11 Gestionar el traspaso de propiedades entre dependencias

Responsable: cliente

Si el sitio ya es propio del cliente (como en una agencia gubernamental) pero pertenece a un departamento diferente, el cliente debe realizar algunos pasos para transferir la propiedad. Nótese que este proceso puede tomar más tiempo que el solo comprar la propiedad.

7.1.12 Selección de sitios preliminares

Responsable: encargado de adquirir el sitio

Después que las visitas de campo han sido realizadas para todos los sitios propuestos, seleccione un sitio de cada zona objetivo e identifíquelo como el sitio preliminar.

7.1.13 Gestionar la revisión del título

Responsable: cliente

El cliente solicita la revisión del título de la propiedad preliminar designada para determinar si éste puede ser comprado o transferido a un título nuevo. Después de que la revisión del título haya sido completada satisfactoriamente, el sitio es trasladado al tipógrafo para el trabajo de campo.

7.1.14 Transferir la autorización de la preconstrucción

Responsable: cliente

Después que la transferencia de la propiedad haya sido aprobada, el cliente autoriza el acceso del vendedor a los sitios para el trabajo de sitio adicional por medio de la emisión de una autorización de preconstrucción. A los subcontratistas generalmente no les es permitido entrar a la propiedad sin la autorización de preconstrucción.

7.1.15 Liberación del Sitio para el trabajo de campo

Responsable: cliente

La adquisición del sitio o la aprobación de la transferencia de la propiedad implican la liberación del sitio para el trabajo de campo como verificaciones ambientales y de humedales, verificaciones de trayectorias de enlaces y estudios de suelos.

7.1.16 Gestionar el estudio de humedales

Responsable: cliente

El cliente puede solicitar un estudio de áreas pantanosas para determinar si hay alguna zona baja o zona húmeda. En caso sean encontradas, debe determinarse si el sitio debe ser modificado o si pueden mitigarse las zonas húmedas haciendo del sitio un lugar utilizable. Una determinación final probablemente no pueda realizarse hasta que se hayan realizado los planos.

7.1.17 Gestionar un estudio ambiental

Responsable: cliente

El estudio ambiental debe solicitarse para determinar la presencia de cualquier sustancia prejudicial o cualquier otro asunto ambiental. Si no se encuentra nada no se requerirá trabajos adicionales. Si el estudio identifica áreas afectadas, deben solicitarse estudios adicionales, incluyendo las estimaciones de costo para solucionar el problema. A diferencia de la presencia de humedales significativos que pueden volver el sitio inutilizable, los problemas ambientales pueden ser resueltos.

7.1.18 Gestionar un estudio topográfico

Responsable: cliente

Los investigadores del cliente deben preparar un estudio topográfico mostrando curvas de nivel, caminos, canales, elevaciones del sitio y la exacta latitud y longitud del centro propuesto de la torre. Esta información será utilizada para las solicitudes a realizarse en aeronáutica civil o sus agencias equivalentes.

7.1.19 Gestionar un estudio limítrofe

Responsable: cliente

El estudio limítrofe de la propiedad debe ser solicitado. El estudio debe incluir toda la información necesaria para que sea grabada de acuerdo a los estatutos aplicables de la localidad. Una descripción legal debe ser preparada e incluida en el mapa de estudio que describe la propiedad.

7.1.20 Liberar el título de gravámenes

Responsable: cliente

El encargado de adquirir el sitio debe monitorear el progreso del trabajo de liberar el título de gravámenes en cada sitio para asegurarse que no existan asuntos que eventualmente harán al sitio inutilizable por tener problemas legales. Si se dan problemas con los títulos se debe estar preparado para reemplazar el sitio por un lugar nuevo.

7.1.21 Sitios históricos

Responsable: encargado de adquirir el sitio

Verifique que el sitio no se encuentre en una localidad históricamente importante. Esto puede causar retardos e inconvenientes para la aprobación de permisos para construcción.

7.1.22 Solicitud de permisos con la entidad de regulación del espacio aéreo u otras entidades

Responsable: encargado de adquirir el sitio

La agencia de regulación del espacio aéreo (Aeronáutica Civil en Guatemala) requiere las coordenadas exactas de los puntos centrales de las torres y sus antenas, según lo especificado por el estudio topográfico. Esta información debe contemplar la altura de dichas torres.

Aeronáutica Civil analizará su solicitud y la localización de la torre propuesta en relación con otras torres y aeropuertos en los alrededores, respondiendo con una determinación por escrito sobre la altura máxima de la torre. Se debe evaluar si esta altura es suficiente para cumplir con los requerimientos del sistema. Si la altura es inadecuada puede solicitar un estudio adicional para que se reconsidere la aprobación de una torre más alta. Aeronáutica Civil realizará una consulta con los aeropuertos y sitios vecinos solicitando sus comentarios acerca de los posibles riesgos causados por su solicitud.

Si no existen comentarios negativos la solicitud será aprobada, de lo contrario deberá recomenzar la búsqueda de un nuevo sitio que tenga un menor impacto en el espacio aéreo alrededor del sitio y que pueda cumplir con los requerimientos del sistema. Al obtener esta aprobación se debe iniciar el diseño final de la torre y del sitio.

7.1.23 Verifique el cumplimiento de las regulaciones locales

Responsable: cliente

Uno de los aspectos más importantes es cumplir con las regulaciones locales. El cliente debe buscar consultoría legal apropiada para evitar futuras oposiciones.

7.1.24 Realizar una verificación de campo de trayectorias de microondas

Responsable: encargado de adquirir el sitio

Debido al costo significativo asociado a una revisión de campo de trayectorias de microondas, no ordene realizarlas hasta estar seguro que el sitio no será rechazado por otras razones. No debe desestimarse la importancia de estas verificaciones, ya que minimizarán la altura de los platos de las antenas, eliminarán la reflexión y los problemas de fase de las señales.

7.1.25 Realizar estudio de suelos

Responsable: encargado de adquirir el sitio

Ordene realizar los estudios de suelos tan pronto como se tenga la aprobación de al Agencia de Regulación del Espacio Aéreo, para proveer la información para el diseño de la fundición de la torre y del sistema de tierras.

7.1.26 Liberación del sitio para diseño final

Responsable: encargado de adquirir el sitio

El diseño final depende del reporte del estudio de suelos del sitio. Este reporte confirma las condiciones del suelo, lo que determina el tipo y tamaño de los anclajes, base de la torre, fundición de la estructura y diseño del sistema de tierras.

7.1.27 Obtener las aprobaciones para el diseño final del sitio

Responsable: encargado de adquirir el sitio

El vendedor y el cliente deben revisar los planos finales de ingeniería y aprobar el diseño del sitio.

7.1.28 Traspaso del título

Responsable: cliente

Cuando el título de propiedad este libre de gravámenes se debe realizar la venta o traspaso de la propiedad del sitio, al realizar el traspaso al cliente se cierra el proceso de adquisición del sitio.

7.1.29 Subcontrataciones

Se deben realizar compromisos con subcontratistas, ya sea por parte del cliente o por parte del vendedor del equipo, esto incluye licitaciones, las cuales se utilizan para recibir ofertas de los diferentes subcontratistas. Se debe realizar un listado de obligaciones y responsabilidades que estos deben cumplir para llevar a cabo el proyecto.

Algunos de los aspectos que requerirán de subcontrataciones para llevarlos a cabo se listan a continuación, se debe prestar especial atención a las compañías que pueden prestar más de un servicio al realizar la evaluación:

- **Topógrafos:** los topógrafos proveerán la información necesaria acerca de la ubicación adecuada del sitio y prepararán los planos para realizar los trámites necesarios en las entidades públicas que apliquen. Proveerá estudios topográficos de la ubicación de la torre y de todas las facilidades necesarias, como accesos, ubicación del terreno, etc.

- **Ingenieros civiles:** las compañías de ingeniería civil proveen especiales en estudios ambientales, en estudios de humedales y topógrafos. Estas evaluaciones son críticas para el éxito del proceso de adquisición del sitio. La determinación temprana de problemas ambientales o con zonas de humedales es crucial para mantener un buen itinerario de instalación.
- **Valuadores:** normalmente se utilizan formas independientes para establecer el valor de las propiedades en el área objetivo y proveer segundas opiniones para asegurar que los estudios son consistentes con las prácticas normales. Estas evaluaciones son críticas para el éxito del proceso de adquisición del sitio.
- **Asesoría legal:** algunos clientes cuentan con un equipo legal para corregir las deficiencias en los títulos de las propiedades. Cuando se subcontrata este servicio debe ser monitoreado muy de cerca para asegurarse que se cumple con las leyes y requerimientos legales locales y del país.
- **Especialistas en adquisiciones:** puede contratarse una firma especializada para agilizar varias de las tareas arriba listadas en beneficio de la adquisición de la propiedad.
- **Ingeniería y análisis geotécnico:** se debe realizar un estudio geotécnico para asegurar que tan adecuado puede ser un sitio para el desarrollo de un sitio de comunicaciones y determinar la viabilidad de las fundiciones para el asentamiento de la torre y la estructura.

7.2 Puntos de verificación antes de la puesta en funcionamiento de un sitio de Comunicaciones

A continuación se detallan los aspectos que deben ser verificados en el momento de la recepción de un sitio (cuando fue realizado por contratistas) o antes de la integración al sistema del sitio, esta información debe guardarse para futuras revisiones como parte de la información del sitio:

7.2.1 Aspectos Generales

- Nombre o identificación del sitio.
- Fecha de revisión.
- Dirección catastral del sitio.
- Tipo de acceso al sitio (Llave maestra, llave especial, *multilock*, permiso u otro).
- Tipo de estructura (caseta, edificio, etc.).

Después de verificar y especificar los aspectos generales se debe verificar cada aspecto específico según lo visto en este manual, para cumplir con lo especificado en el diseño del sitio, así tenemos:

7.2.2 Aspectos de obra civil

- Muro perimetral o cerca perimetral.
- Protección perimetral (*Razor Ribbon*).
- Plataforma para el equipo de radio.
- Plataforma para el motogenerador.

- Estructura para colocación de tableros de interruptores eléctricos.
- Colocación de piedrín.
- Columna para acometida comercial de CA.
- Instalación para cables de transporte.
- Instalación para el CVAA.
- Acceso al sitio.
- Desagües generales.
- Drenajes para filtración de agua.
- Portón de acceso al sitio.
- Cerrojo del portón de acceso en buenas condiciones.
- Cerrojo de puerta en caseta o área de equipo en buenas condiciones.
- Limpieza del sitio.
- Barra colectora de tierras en interior de caseta libre de oxido.
- Barra colectora de tierras en torre libre de oxido.
- Fijación de terminales contra intemperie en barras colectoras.
- Instalaciones con Tornillos inoxidables.

7.2.3 Aspectos de la torre

- Tipo de torre (Monopolo, autosoportada, atirantada, etc.).
- Altura de la torre en metros (punto más alto).
- Pintura de la torre (con los colores indicados por Aeronáutica Civil).
- Instalación del pararrayos (en el punto más alto de la torre).
- Instalación de las luces de navegación.
- Conexión de las luces de navegación.
- Funcionamiento de controles automáticos de encendido y apagado de las luces de la torre.
- Tuercas y tornillos de la torre completos.
- Escalerilla para ascenso a la torre con seguridad.

7.2.4 Sistema de tierras

- Verificación de estado, fijación, orden y curvatura de todos los conectores.
- Verificación de estado, fijación, terminación, orden y curvatura de los kits de aterrizaje a tierra.
- Verificación de calibres de los conductores de tierra utilizados.
- Verificación del etiquetado de los cables.
- Verificación de encintado y aislamiento de los conectores en general.
- Aislamiento de barra de tierras y barra de neutros en tablero de distribución.
- Anillo de tierras en el equipo de radio.
- Anillo de tierras en el motogenerador.
- Anillo de tierras de la torre.
- Puntos de unión del sistema de tierra con soldadura tipo Caldwell.
- Puesta a tierra de acometida de CA (interruptor principal).
- Puesta a tierra del tablero de interruptores de servicio.
- Calibre de cables de puesta a tierra.
- Interconexión de los anillos de tierra.
- Conexión a tierra de la estructura.
- Conexión a tierra de los equipos de radio.
- Conexión a tierra del motogenerador.
- Conexión a tierra de los cables de transporte.
- Conexión a tierra de las antenas.
- Conexión a tierra del GPS.
- Conexión a tierra de los cables de transmisión de las antenas.
- Conexión a tierra de las patas de la torre.
- Conexión a tierra de las escalerillas y pistas para cables.

7.2.5 Aspectos de energía del sitio

- Número de serie del contador.
- Tipo de contador (temporal o permanente).
- Marca y modelo del moto-generador.
- Voltaje suministrado de Corriente Alterna (en voltios).
- Cantidad de fases.
- Tipo de respaldo para energía eléctrica Utilizado (Baterías, UPS, etc.)
- Además debe verificarse el funcionamiento de:
 - Interruptor Principal.
 - Tablero de interruptores y su identificación.
 - Iluminación interior de la caseta o área del equipo.
 - Iluminación exterior o perimetral.
 - Tomacorrientes interiores.
 - Tomacorrientes exteriores.
 - Fococelda para iluminación exterior.
- Instalación de bancos de baterías
 - Conexión del puente de baterías.
 - Instalación del sensor de temperatura.
 - Instalación del compresor.
 - Instalación de alarma para fallas del compresor.
 - Estado de fusibles.
 - Conexión de filtro de CD.
 - Instalación del convertidor CA/CD.
 - Prueba del voltaje del convertidor.
 - Instalación de alarma para falla del convertidor.
 - Instalación de manguera para salida de gases de baterías.

7.2.6 Aspectos del equipo del sitio

- Tecnología del equipo (CDMA, GSM, TDMA, AMPS, etc.).
- Frecuencia de operación (850 MHz, 900 MHz, 1,800 Mhz, 1,900 MHz, etc.).
- Tipo de quipo instalado (celda, minicelda, repetidor, etc.).
- Alineación del equipo de acuerdo a la base de montaje.
- Cantidad de portadoras instaladas (para radios).
- Cantidad de gabinetes instalados.
- Verificación de alineación y correcta apertura de puertas.
- Instalación de pulseras antiestática.
- Fijación de tornillos para soportes de equipos y bastidores.
- Verificación de instalación y etiquetado de cableado interno.
- Verificación de cableados de fibra óptica.
- Tipo de transporte utilizado (fibra óptica, microonda, cobre, satelital).
- Ancho de banda del transporte utilizado.
- Verificación de funcionamiento de alarmas internas y su etiquetado.
- Verificación de funcionamiento de alarmas externas y su etiquetado.
- Instalación y conexiones del equipo de CVAA.
- Instalación de Roxtec (verificación de entradas de tuberías de CVAA, de tuberías y cables de transmisión de antenas, de cables de tierra, de mangueras para evacuación de gases de baterías).

7.2.7 Aspectos del equipo del sitio

- Cantidad de sectores instalados.
- Modelo de radios instalados (especificando el modelo usado en cada sector).
- Verificación de orientación de antenas.
- Verificación de inclinación mecánica (*tilt*) y eléctrica (azimut) de cada antena.
- Adecuada fijación de antenas y su etiquetado correspondiente.
- Verificación de vulcanización de las antenas y conectores.
- Verificación de los niveles de señal a ruido de antenas.
- Verificación de las pérdidas en los cables de transmisión de las antenas.
- Curvas de conectores superiores e inferiores de antenas menores a 90°.
- Kit de cables de tierras bien instalados.

Se recomienda el uso de un formato conteniendo todos los puntos anteriormente expuestos con opción para aceptar o rechazar cada punto y un espacio para comentarios en cada punto, lo que permitirá dejar evidencia de los puntos que deben ser corregidos y la aceptación del sitio cuando todos los puntos sean aprobados.

Esta información debe guardarse en el archivo del sitio para futuras consultas, pues ayudará al personal de mantenimiento del sistema así como para referencia en diseños de futuras expansiones.

CONCLUSIONES

1. Este manual brinda la información necesaria para el diseño de un sitio de comunicaciones, pero cada implementación tiene sus particularidades, por lo que la información contenida en esta investigación es un apoyo para toma de decisiones.
2. La información contenida en este manual brinda un soporte para la toma de decisiones concernientes con el desarrollo e implementación de un sitio de comunicaciones.
3. Se contemplan puntos para la verificación de un sitio antes de ser integrado a una red o sistemas de comunicaciones, así como aspectos de vulnerabilidad del mismo, lo cual minimiza los errores y problemas que pueden tenerse con un sitio ya implementado.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda investigar con las autoridades municipales y estatales sobre los requisitos que deben cumplirse para obtener los permisos necesarios que permitan desarrollar un sitio de comunicaciones, pues estos pueden variar, según la importancia del lugar y las autoridades involucradas en las autorizaciones.
2. Se deben observar las recomendaciones de los fabricantes de los equipos sobre las recomendaciones de este manual, pues cada equipo puede contar con particularidades especiales para su óptimo funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Motorola Inc. **Standards and guidelines for communications sites.** Illinois, USA. 2000. 643 pp.
2. Telmex. **Manual para etiquetado de equipo.** México D.F. México. 1,998. 123pp.
3. Telmex. **Especificación de bastidores para equipo de Telecomunicaciones.** México D.F. México. 1,995. 165pp.
4. Uninet. **Especificación para la construcción de un nodo dorsal.** México D.F. México. 1987. 141pp.
5. Uninet. **Especificación para la construcción de nodos sectoriales.** México D.F. México. 179pp.