

2013

**NORMA TÉCNICA PARA LOS
ENLACES MICROONDAS DE LOS
SISTEMAS DE COMUNICACIONES DE
LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA
NACIONAL EXFILIAL CADAFE**

Dayana Goa Hinojosa

01/05/2013

GLOSARIO

AB	Ancho de Banda
BARRA MGB	Barra Maestra de Aterramiento
CEN	Código Eléctrico Nacional
CONATEL	Comisión Nacional de Telecomunicaciones
CONDUCTO EMT	Tubería Metálica Eléctrica
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales
GPS	Global Position System
LDV	Línea de Vista
TUBERÍA PVC	Tubería de Poli-cloruro de vinilo
ANSI	American Standards Institute
CADAFE	Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico
CEN	Código Eléctrico Nacional
CIR	Committed Information Rate
CONATEL	Comisión Nacional de Telecomunicaciones
CORPOELEC	Corporación Eléctrica Nacional
CUNABAF	Cuadro Nacional de Asignación de Bandas de Frecuencias

dB	Decibelio
DC	Corriente Directa
dBd	Decibelios referentes a un dipolo
dB_i	Decibelio Isótropo
dBm	Decibelio con referencia a 1mw
FODU	Unidad Full Outdoor
GBPS	Giga Bits por Segundo
GHz	Giga Hertz
IEEE	Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos
LDV	Línea de Vista
MSNM	Metros Sobre el Nivel del Mar
TIA	Telecommunication Industries Association
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones

DEFINICIONES

AWG

American Wire Gauge. Calibre americano para conductores, utilizado a nivel internacional.

ANALIZADOR DE ESPECTRO

Equipo es un equipo de medición electrónica que permite visualizar en una pantalla las componentes espectrales en un espectro de frecuencias de las señales presentes en la entrada, pudiendo ser ésta cualquier tipo de ondas eléctricas, acústicas u ópticas.

ASTM 2160

Estándar para conductos sólidos de Polietileno de alta densidad.

ASTM d3350

Estándar de especificaciones para tuberías de plástico Polietileno y materiales accesorios.

AZIMUT

El azimut es el ángulo horizontal al que hay que girar el eje de la antena, desde el polo norte geográfico terrestre hasta encontrar el satélite

BARRA COPPERWELD

Esta barra es una de las más usadas, ya que es de bajo costo de material. Este tipo de electrodo esta hecho de acero y recubierto de una capa de cobre, su longitud es de 3.05 metros y un diámetro de 16 milímetros. Esta varilla se debe enterrar en forma vertical y a una profundidad de por lo

menos 2.4 metros, esto por norma. La barra Copperweld no tiene mucha área de contacto, pero sí una longitud considerable, con la cual es posible un contacto con capas de tierra húmedas, lo cual se obtiene un valor de resistencia bajo.

CEN 2550-83

Artículo del CEN el cual establece que en caso de no disponer como electrodo para el sistema de aterramiento a: una estructura metálica del edificio, electrodos de concreto armado, anillo a tierra, etc., se pueden emplear electrodos especialmente contruidos, entre ellos: varillas o barras, electrodos de placa y estructuras metálicas subterráneas.

CONDUCTOR DESNUDO

Conductor que no tiene cubierta ni aislamiento eléctrico de ninguna especie.

CONECTOR BNC

Tipo de conector para uso de cable coaxial conectado a la unidad outdoor y de impedancia constante a lo largo del espectro.

ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

Provee la conexión física para disipar la corriente a tierra.

EQUIPOTENCIACIÓN

Efecto de igualar los potenciales referenciales de puesta a tierra de los equipos o de las partes de un circuito, mediante un punto único de conexión a tierra.

GABINETE

Caja diseñada para montaje superficial o empotrado, provista de un marco o pestaña en las cuales pueden colocarse puertas con bisagras.

KCMIL

Miles de mili pulgadas circulares. Reemplaza a MCM.

MTBF

Main Time Between Failure. Tiempo medio en el cual el sistema cumple la función para la cual fue diseñado y se obtiene dividiendo el total de horas de funcionamiento entre el número total de fallos.

MTTR_t

Tiempo promedio de restauración de un sistema luego de una falla funcional y se obtiene dividiendo el tiempo total de reparación de las fallas funcionales entre el número total de fallas. Incluye los tiempos de análisis, diagnóstico, búsqueda de repuestos, planeamiento.

PERSONA CALIFICADA

Tiene la habilidad y conocimiento relacionado con la construcción y operación del equipo electrónico e instalaciones y ha recibido entrenamiento de seguridad sobre los riesgos envueltos.

PUESTA A TIERRA

Conexión metálica directa entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

PVC

Cloruro de polivinilo. Compuesto ampliamente usado como aislamiento y cubierta

STP

Shielded Twisted Pair. Cables multi-pares para datos, blindados con una cinta plástica aluminizada y una malla de hilos de cobre estañado.

THW

Thermoplastic Heat and Moisture Water Resistant Alambre o cable con aislamiento de PVC para 75 °C en ambientes secos o húmedos, 600 volts.

THHW

Thermoplastic High Heat Moisture-Water Resistant. Cable aislado con PVC para 90 °C en ambientes secos y 75 °C en húmedos, 600 volts.

VENTANA A TIERRA

Único punto de conexión para todo el equipo interno que comprende el sistema de comunicaciones.

VOLTAJE RSL

Nivel de señal recibida en el receptor

VOLTAJE RSSI

Voltaje que sirve para medir la intensidad que tiene el receptor.

OBJETIVO

Establecer la Norma y guía técnica para la instalación, puesta en marcha y mantenimientos de los sistemas que componen los enlaces microondas de LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL, a instalarse en estaciones repetidoras, subestaciones, plantas generadoras y oficinas comerciales.

CAMPO DE APLICACIÓN

El desarrollo de la presente norma abarca en general la ingeniería, instalación, puesta en marcha y mantenimiento de los siguientes puntos:

- Arquitectura Full Out-door, antenas y equipos de radio
- Cableado
- Sistema de escalerilla Portacables
- Sistema de Puesta a Tierra
- Torres de comunicaciones
- Casetas y salas de comunicaciones
- Sistemas de ventilación, refrigeración, alarmas e iluminación.
- Alineamiento de las antenas, protocolos de prueba y puesta en marcha
- Mantenimiento e inspección

Esta norma describe las especificaciones técnicas exigidas por LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL, debiendo LA

CONTRATISTA a realizar la ingeniería garantizar que sus equipos o trabajos a ejecutar cumplan con las exigencias de calidad y confiabilidad establecidas y necesarias para la total y correcta puesta en marcha de un sistema microondas.

Aquellos aspectos no mencionados explícitamente deberán cumplir con los códigos, recomendaciones y normas, todas vigentes, emitidos por: ITU, CONVENIN, CODELECTRA, CEN ANSI, TIA, ETSI, entre otros

DOCUMENTOS CONSULTADOS

- Código Eléctrico Nacional
- CUNABAF
- IEEE 802.3
- Norma de Calidad para la Instalación de Equipo de Red Fija MOTOROLA R56.
- Norma de diseño e instalación de los sistemas de puesta a tierra en centrales telefónicas y estaciones de transmisión de CANTV.
- Norma de instalación y mantenimiento de torres de comunicaciones CANTV 2007.
- Recomendación RFC 2544
- Norma COVENIN 2249-93 para Iluminancias en Tareas y Áreas de Trabajo
- UIT-R P.310-9: Definición de términos relativos a la propagación en medios no ionizados.

- UIT-R P.525-2: Recomendación de La UIT para el cálculo de la atenuación por espacio libre.
- UIT-R P.530-12: Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa.
- UIT-R P.676: Atenuación debida a los gases atmosféricos

INDICE

GLOSARIO	ii
DEFINICIONES	iv
OBJETIVO	vii
CAMPO DE APLICACIÓN	viii
DOCUMENTOS CONSULTADOS	ix
2. CONDICIONES DE DISEÑO	19
2.1 CÁLCULOS DE PROPAGACIÓN Y COMPORTAMIENTO	19
2.1.1 Línea de vista y alcance del enlace	19
2.1.1.1 Horizonte óptico y de radio.....	19
2.1.1.2 Alcance Máximo	20
2.1.2 Potencia de Recepción:	20
2.1.3 Sensibilidad del receptor	21
2.1.4 Margen de desvanecimiento.....	21
2.1.5 Pérdidas.....	21
2.1.5.1 Pérdidas por espacio libre	21
2.1.5.2 Atenuación debida a los gases atmosféricos	22
2.1.5.3 Pérdidas por desvanecimientos	22
2.1.5.4 Pérdidas por difracción	23
2.1.6 Calculo de la altura mínima de antenas.....	23
2.1.8 Calidad de los enlaces microondas	25
2.1.8.1 Disponibilidad.....	25
2.1.8.2 Indisponibilidad	25
2.2 CONFIABILIDAD Y PROTECCIÓN	27
2.3 GAMA DE FRECUENCIAS OPERACIÓN DE LOS ENLACES DE MICROONDAS	28
2.4 ARQUITECTURA A UTILIZAR PARA LOS ENLACES MICROONDAS	29
2.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS	29

2.5.1 EQUIPO DE RADIO OUT-DOOR	29
2.5.1.1 Diseño	29
2.5.1.2 Modulación y ancho de banda	30
2.5.1.3 Frecuencia de operación.....	30
2.5.1.4 Alimentación.....	30
2.5.2 CONMUTADOR (SWITCH) GIGABIT ETHERNET CAPA 3 DE ACCESO PRINCIPAL	30
2.5.2.1 Creación de VLAN en los switch	31
2.5.2.2 Configuración de las VLAN dentro del switch.....	32
2.5.2.3 Características específicas.....	33
2.5.2.5 Alimentación Conmutador.....	33
2.5.3 ANTENAS	34
2.5.2.1 Eficiencia direccional.....	34
2.5.2.2 El patrón de radiación	34
2.5.2.3 Polarización.....	34
2.5.2.4 Relación de Onda Estacionaria (VSWR)	35
2.5.2.5 Ganancia	35
3. REQUERIMIENTOS ADICIONALES	35
4. INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN	36
4.1 Permisos	36
4.1.1 Objetivo.....	36
4.1.2 Aplicación	37
4.2 Site Survey de sitio y Documentación	38
4.2.1 Objetivo.....	38
4.2.2 Aplicación	38
4.3 Site Survey Enlace y Documentación	39
4.3.1 Objetivo.....	39
4.3.2 Aplicación	39
4.4 Estudio de Espectrometría y Documentación	40
4.4.1 Objetivo.....	40
4.4.2 Aplicación	40

4.5 Selección del Sitio.....	42
4.5.1 Objetivo.....	42
4.5.2 Aplicación.....	42
5. INSTALACIONES GENERALES.....	44
5.1 Cableado	44
5.1.1 Objetivo.....	44
5.1.2 Aplicación.....	44
5.1.2.1 Tipo de cableado	44
5.1.2.1.1 Cableado de alimentación -48V dc.....	44
5.1.2.1.2 Cableado de líneas de antena/transmisión.....	45
5.1.2.1.2.1 UTP.....	45
5.1.2.1.2.2 STP.....	45
5.1.2.1.2.3 Fibra óptica	46
5.1.2.1.2 Guía de onda.....	47
5.1.2.1.3. Cable de Tierra.....	47
5.1.2.2 Consideraciones para la instalación del cableado	48
5.1.2.3 Consideraciones para la protección e identificación del cableado	49
5.1.2.3.1 Cableado de alimentación -48V DC.....	49
5.1.2.3.2 Cable de puesta a tierra.....	49
5.1.2.3.3 Fibra Óptica.....	49
5.2 Sistema de Escalerillas Portacables	50
5.2.1 Objetivo.....	50
5.2.2 Aplicación.....	50
5.2.2.1 Sistema de Escalerillas Portacables en interiores.....	50
5.2.2.1.1 Consideraciones Físicas.....	50
5.2.2.1.2 Tipos de sistema de escalerilla portacables a usar en interiores.....	51
5.2.2.1.3 Diseño e instalación en interiores.....	51
5.2.2.2. Sistema de escalerillas portacables en exteriores.....	53
5.2.2.2.1 Consideraciones físicas.....	53
5.2.2.2.2 Tipos de sistema de escalerilla portacables a usar en exteriores.....	53

5.2.2.3 Consideraciones generales de los cables en los sistemas de escalerillas portacables	54
5.3 Sistema de Puesta a Tierra	55
5.3.1 Objetivo.....	55
5.3.2 Aplicación.....	55
5.3.2.1 Diseño e instalación del sistema de aterramiento	55
5.3.2.1.1 Subestaciones o plantas generadoras.....	56
5.3.2.1.2 Estaciones Repetidoras.....	56
5.3.2.2 Generalidades del conductor de aterramiento	57
5.3.2.2 Aterramiento de cables de líneas de antena/transmisión.....	59
5.3.2.3 Electrodo exterior- Anillo de aterramiento externo	59
5.3.2.4 Electrodo interior-Anillo de aterramiento interno.....	60
5.3.2.5 Protección contra sobretensiones	61
5.3.2.6 Protección contra descargas atmosféricas	62
5.2.3.6.1 Punta Franklin.....	62
5.2.3.6.2 Lightning Protector.....	62
5.3.2.7 Aterramiento de las torres de comunicaciones.....	62
5.3.2.8 Ventana de Aterramiento- Barra MGB	64
5.4 Torres de comunicaciones.....	66
5.4.1 Objetivo.....	66
5.4.2 Aplicaciones.....	66
5.4.2.1 Clasificación según el riesgo que representen a la vida y las propiedades	66
5.4.2.1.1 Grupo A.....	66
5.4.2.1.2 Grupo B.....	67
5.4.2.1.3 Grupo C.....	67
5.4.2.2 Condiciones generales para torres de las torres de comunicaciones	67
5.4.2.3 Condiciones para la selección del sitio de las torres de comunicaciones.....	68
5.4.2.4 Categorías de las torres de comunicaciones.....	69
5.4.2.4.1 Categoría 1.....	69
5.4.2.4.2 Categoría 2.....	69
5.4.2.5 Elementos funcionales de las torres de comunicaciones.....	70

5.5 Casetas y salas de comunicaciones	71
5.5.1 Objetivo.....	71
5.5.2 Aplicación.....	71
5.5.2.1 Consideraciones generales	71
5.5.2.2 Ventanas de acceso para la entrada de cableado a las casetas o salas de comunicaciones.....	73
5.5.2.3 Gabinetes para equipos	74
5.5.2.4 Sistema de ventilación y aire acondicionado	75
2.5.2.2.2 Alarmas de Temperatura.....	76
5.5.2.5 Iluminación	76
6. ALINEAMIENTO DE LAS ANTENAS, PROTOCOLOS DE PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA.....	77
6.1.1 Objetivo.....	77
6.1.2 Aplicación	77
6.1.2.1 Alineamiento de las antenas por medio de Voltaje RSSI del equipo Out-door	77
6.1.2.2 Protocolos de prueba y puesta en marcha	80
6.1.2.2.1 Prueba de nivel de señal.....	80
6.1.2.2.2 Pruebas de conectividad.....	81
6.1.2.2.3 Recomendación RFC 2544.....	81
6.1.2.2.3.1 Rendimiento (Throughput).....	82
6.1.2.2.3.2 Pérdida de Tramas.....	82
6.1.2.2.3.3 Estado Latente (tiempo de ida y retorno del paquete).....	82
6.1.2.2.3.4 Espaciado entre paquetes (Jitter).....	83
6.1.2.3 Metodología a llevar a cabo para las pruebas	84
6.1.2.4 Pruebas de medición durante la activación del servicio.....	88
6.1.2.4.1 Pruebas de campo portátil.....	88
6.1.2.4.2 Pruebas Centralizadas.....	88
6.1.2.4.3 Verificación de alimentación DC de los equipos.....	89
6.1.2.4.4 Verificación de las alarmas de temperatura.....	89
6.1.2.4.5 Verificación de los Switches.....	89
7. MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN.....	90

7.1 Objetivo.....	90
7.2 Aplicación.....	90
7.2.1 Cableado	90
7.2.2 Sistema de escalerillas portacables	90
7.2.3 Sistema de Aterramiento.....	91
7.2.4 Torres de comunicaciones.....	92
7.2.5 Casetas y salas de comunicaciones	95
7.2.6 Recomendaciones Generales.....	96
8. ANEXOS.....	99
8.1 Manual programa de simulación PATHLOSS 4.0.....	99
8.1.1 Módulo Resumen	100
8.1.2 Configuración de Antenas.....	101
8.1.3 Altura de las antenas	103
8.1.4 Módulo datos del terreno	103
8.1.5 Modulo Tabla de Cálculo.....	104
8.1.6 Operación Co-Canal.....	106
8.2 Permiso de consignación.....	110
8.3 Permiso de gestión y acceso.....	113
8.4 Formato SITE SURVEY SITIO	115
8.5 Formato SITE SURVEY ENLACE.....	117
8.6 Estudio de espectrometría	118
8.7 Mapas de banda.....	120
8.8 Métodos de medición.....	121
8.8.1 Método de las cuatro puntas para el estudio de la resistividad del suelo	121
8.8.2 Prueba de los tres terminales (método de caída de potencial) para el estudio de la resistencia del suelo	124
8.8.3 Seguridad para la realización de los métodos de medición.....	127
8.9 Mejoramiento de la lectura de resistencia del suelo..	129
8.10 Ampacidades admisibles para los conductores aislados	131
8.11 Mapa de velocidades básicas del viento en Venezuela.....	132

1. CONDICIONES ESPECÍFICAS

La presente norma comprende los requisitos mínimos para el suministro, instalación y puesta en marcha de los Enlaces Microondas con capacidad de transmisión Gigabit Ethernet, soportados por una plataforma de transmisión fundamentada en el estándar ETHERNET/IEEE 802.3, con velocidades de hasta 1 Gbps, incluyendo las características de los equipos necesarios para la implantación de enlaces de voz y datos, con protocolos y características especialmente diseñadas para cumplir con las exigencias impuestas por el Sistema Eléctrico Nacional de CORPOELEC.

Los trabajos involucrados en la presente norma incluyen la ejecución de la ingeniería de detalles, instalación, puesta en servicio, mantenimiento y cualquier otra actividad necesaria para el correcto funcionamiento e integración del sistema.

Cabe destacar que esta norma incluye todo el equipamiento, actividades y trabajos necesarios para la total y correcta puesta en marcha del sistema de comunicaciones, debiendo consultarse los documentos antes mencionados en caso de requerir información no mencionada en la presente norma.

Se deberán ofertar todos los equipos, accesorios, programación y servicios necesarios para que se cumpla con las exigencias del sistema propuesto aún cuando éstos no se especifiquen directamente. Cualquier omisión en la oferta, en algún aspecto considerado fundamental para el buen funcionamiento del sistema propuesto y que sea detectado posterior a la firma del contrato, deberá ser suministrada por LA CONTRATISTA.

El sistema de transmisión por enlaces de microondas que será suministrado e instalado por LA CONTRATISTA, estará basado en la tecnología de Gigabit Ethernet e implementación de una arquitectura Full Out-Door.

El sistema de Gigabit Ethernet propuesto será capaz de interconectarse a través de puertos de fibra óptica multimodo, puertos 1000 Base SL o puerto 1000Base T, a través de cableado STP, UTP o Fibra Óptica, con equipos conmutadores Gigabit Ethernet capa 3 a adquirirse o ya existentes en CORPOELEC.

El sistema instalado deberá ser capaz de disponer de control directo por software de las funciones de la red y la previsión de in-service, con un sistema de gestión amplio de la red y ancho de banda distribuido. Además, también serán suministrados el control de prueba remoto y recolección de alarmas centralizados, con características específicas de reporte.

Todos los equipos eléctricos y electrónicos suministrados deberán estar apropiadamente interconectados al sistema de puesta a tierra y protegidos, para evitar que los efectos de las corrientes y los voltajes inducidos afecten los equipos y al personal de operación.

Deberán ser suministradas facilidades de prueba y de monitoreo propio para permitir que el personal de mantenimiento realice las mediciones sin la degradación o la interrupción del servicio.

Para maximizar el beneficio de la red de telecomunicaciones y facilitar la operación y el mantenimiento del sistema se incluirá la capacidad de gestión de la red con el fin de facilitar la supervisión del rendimiento del sistema, la supervisión de alarmas y fallas, la configuración, la administración del ancho de banda, la asignación dinámica, el re-

direccionamiento automático, prioridad de canales, las facilidades de prueba y de mantenimiento, etc.

El sistema instalado deberá ser capaz de proveer un rendimiento correcto durante toda la vida útil del sistema de 15 años.

2. CONDICIONES DE DISEÑO

2.1 CÁLCULOS DE PROPAGACIÓN Y COMPORTAMIENTO

LA CONTRATISTA presentará los cálculos de comportamiento para cada enlace de transmisión (aplicando los factores climáticos de la región) con el fin de asegurar que el sistema cubra con los requisitos exigidos. Los cálculos incluirán tanto el peor caso y el caso típico, usando las pérdidas máximas y media respectiva pronosticada para cada componente del sistema. Los cálculos detallados serán enviados durante la etapa de ingeniería y supervisión pudiéndose ayudar del programa de simulación PATHLOSS 4.0, para la aprobación de CORPOELEC, mediante el manual denominado como **ANEXO 1**.

El cálculo del presupuesto tendrá en cuenta los siguientes parámetros:

2.1.1 Línea de vista y alcance del enlace

2.1.1.1 Horizonte óptico y de radio

$$r_0(km) = 3,57\sqrt{h_1(m)}$$

$$r_1=3,57.\sqrt{k.h_1(m)}$$

2.1.1.2 Alcance Máximo

$$r(km) = r_1(km) + r_2(km)$$

$$r(km) = \sqrt{17 \cdot h_1(m)} + \sqrt{17 \cdot h_2(m)}$$

Donde:

r = distancia total entre los dos extremos

r_0 = horizonte óptico

r_1 = distancia del transmisor al horizonte

r_2 = distancia del horizonte al receptor

h_1 = altura de la antena transmisora

h_2 = altura de la antena receptora

2.1.2 Potencia de Recepción:

$$P_{RX}(dbm) = P_{TX}(dbm) - L_{cableTx}(db) + G_{TX}(dbi) - L_{espaciolibre}(db) + G_{RX}(dbi) - L_{cableRx}(db)$$

Donde:

P_{RX} = Potencia de recepción en dbm

P_{TX} = Potencia de transmisión en dbm

$L_{cableTx}$ = Longitud del cable del transmisor en metros

G_{TX} = Ganancia de la antena transmisora en dbi

$L_{espaciolibre}$ = Pérdidas por espacio libre

G_{RX} = Ganancia de la antena receptora en dbi

$L_{cableRx}$ = Longitud del cable del receptor en metros

2.1.3 Sensibilidad del receptor.

Se especifica en los datos del fabricante (data sheet)

2.1.4 Margen de desvanecimiento

$$Md = P_{RX} - S_{RX}$$

Donde:

P_{RX} = Potencia recibida en db

S_{RX} = Sensibilidad del receptor en db

2.1.5 Pérdidas

2.1.5.1 Pérdidas por espacio libre

$$l_{espaciolibre} = 20 \cdot \text{Log}(d) + 20 \cdot \text{Log}(f) + 32.5$$

Donde:

d = distancia del enlace en Km

f = frecuencia de trabajo en Mhz

2.1.5.2 Atenuación debida a los gases atmosféricos

$$A_a = \gamma_a \cdot D$$

Donde:

A_a = Atenuación debida a los gases y vapores expresada en db

γ_a = Atenuación específica expresada en db/km, la cual puede obtenerse a partir de la recomendación UIT-R P.676

D = distancia del trayecto en Km

2.1.5.3 Pérdidas por desvanecimientos

$$L_D(db) = 30 \cdot \log D(Km) + 10 \cdot \log(6 \cdot A \cdot B \cdot F) - 10 \cdot \log(1 - R) - 70$$

Donde:

$30 \cdot \log D$ = pondera la diversidad modal

A = factor de rigurosidad del terreno

B= factor climático

F= frecuencia en GHz

$10 \cdot \log(1-R)$ = pondera el objetivo de confiabilidad

R= confiabilidad expresada en número decimal

2.1.5.4 Pérdidas por difracción

$$A_d = -\frac{20h}{F_1} + 10$$

Donde:

A_d = Pérdidas por difracción en un terreno medio expresado en db

h = altura del obstáculo más alto expresada en m.

R_1 = Radio de la primera zona de Fresnel

2.1.6 Calculo de la altura mínima de antenas

Para enlaces de más de 10Km la curvatura de la tierra se representa como un obstáculo de altura h , donde:

$$h = \frac{d_1 \cdot d_2}{17}$$

Donde:

d_1 =Distancia del emisor al obstáculo.

d_2 =Distancia del obstáculo al receptor.

El radio de la primera zona de Fresnel vendrá representado por la ecuación:

$$r_n = 548. n \times \sqrt{\frac{d_1. d_2}{f. d}}$$

Donde:

r_n = radio en metros

d_1 = distancia del emisor al obstáculo en Km

d_2 =distancia del obstáculo al receptor en Km

d =distancia total del enlace en Km

f =frecuencia de trabajo expresada en MHz

La condición que permitirá el cálculo de la altura mínima a la cual se deben de colocar las antenas para garantizar la ecuación de despeje (que pase el 60% de la señal), viene dado por:

$$H = F. C$$

Donde:

H =altura mínima de las antenas en metros

F = 60% del primer radio de fresnel en metros

C=Altura para compensar la curvatura de la tierra en metros

2.1.8 Calidad de los enlaces microondas

- Los equipos de radio a implementar deberán ser capaces de soportar una modulación de tipo adaptativa dinámica con el fin de garantizar la no interrupción del sistema en condiciones meteorológicas adversas.

- Las antenas a instalar deberán soportar polarización cruzada con el fin de duplicar la capacidad de transmisión del canal y ofrecer enlaces microondas de mayor calidad.

- Se deberán presentar los cálculos en cuanto a disponibilidad e indisponibilidad del enlace, basados en los siguientes cálculos:

2.1.8.1 Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR_t}$$

Donde:

MTBF= tiempo medio entre fallas

MTTR_t=tiempo medio para restaurar

2.1.8.2 Indisponibilidad

$$I = (100 - D). \%$$

Donde:

D=disponibilidad de un enlace

I=indisponibilidad de un enlace

La disponibilidad e indisponibilidad son referenciadas a un año. En otras palabras, si la indisponibilidad es 0.001%, también puede ser establecido como: $365 \text{ (días/año)} * 24 \text{ (horas/día)} * 60 \text{ (minutos/hora)} = 5.26$ minutos de indisponibilidad por año.

Una manera de calcular los segundos que permanece el sistema indisponible por año viene dada por la ecuación:

$$I = \sum \frac{\Delta t}{T_{muestra}}$$

Donde:

Δt =segundo de indisponibilidad al año

$T_{muestra} = 365 \text{ (días/año)} * 24 \text{ (horas/día)} * 60 \text{ (minutos/hora)} * 60 \text{ (segundos/minutos)}$

- Los cálculos de rendimiento del sistema incluirán un margen de seguridad mínimo de tres (3) db. Además deberá tener las siguientes características:
 - Alta seguridad en funcionamiento y confiabilidad.
 - Transmisión de alta calidad.
 - Flexibilidad para la adaptación a la capacidad de transmisión deseada.
 - Facilidades de supervisión integral.

- Operación exhaustiva y el diagnóstico de falla.
- Capacidad de redundancia donde se requiera.

- El sistema deberá mantener los datos de configuración durante el corte de electricidad o una falla de conexión. Durante la falla de alimentación eléctrica o de conexión los registros de alarma y estadística de monitoreo de rendimiento serán mantenidos.

2.2 CONFIABILIDAD Y PROTECCIÓN

- Se deberá implementar Diversidad de Espacio para todos los enlaces con distancias mayores a 40km, garantizando una confiabilidad de los equipos 99,9999 %, basado en un (1) año de operación.

- Se deberá realizar la instalación de dos antenas tanto del lado emisor como el receptor. La antena de diversidad será instalada en la misma torre separada a una distancia vertical de la primera antena. Una separación vertical conveniente entre antenas viene dada por:

$$\Delta h = \frac{\lambda \cdot d}{4 \cdot h_1} \geq 150\lambda$$

Donde:

Δh = separación vertical entre las dos antenas de diversidad en metros

λ = longitud de la onda que se transmite en metros

d = distancia del enlace extremo a extremo en metros

h_1 = altura de la antena principal en metros

- Es de suma importancia realizar el estudio de las torres de comunicaciones para garantizar que sean lo suficientemente altas para poder ubicar las dos antenas.

- Deberá realizarse el estudio de las torres existentes, con el fin de comprobar si necesitan ser reforzadas para que puedan soportar las cargas de viento adicionales creadas por la antena de diversidad.

2.3 GAMA DE FRECUENCIAS OPERACIÓN DE LOS ENLACES DE MICROONDAS

- La gama frecuencias de operación deberán estar dentro de los planes de frecuencia del espectro radioeléctrico y ser aprobado por el ente gubernamental CONATEL.

- Las frecuencias de operación estarán contempladas en las sub-bandas de 6,425 a 7,125 Ghz, de 7.125 Ghz a 7.425 Ghz y 7.425 Ghz a 7725 Ghz.

- El enlace de la página web de CONATEL es el siguiente:

[http://www.conatel.gob.ve/#http://www.conatel.gob.ve/index.php/principal/
planesdefrecuenciaespectroradioelectrico](http://www.conatel.gob.ve/#http://www.conatel.gob.ve/index.php/principal/planesdefrecuenciaespectroradioelectrico)

- Las frecuencias definitivas de operación de transmisión y recepción serán suministradas a la empresa que resulte favorecida durante el proceso licitatorio, luego de que CORPOELEC haya obtenido las mismas por parte de CONATEL.

- LA CONTRATISTA deberá entregar a CORPOELEC los recaudos técnicos del proyecto solicitados por CONATEL. El formato se puede descargar de la página web:

[http://www.conatel.gob.ve/#http://www.conatel.gob.ve/index.php/principal/
titulosadministrativos](http://www.conatel.gob.ve/#http://www.conatel.gob.ve/index.php/principal/titulosadministrativos)

2.4 ARQUITECTURA A UTILIZAR PARA LOS ENLACES MICROONDAS

Se solicita la instalación de una arquitectura Full-Outdoor, la cual constará de un equipo Full Out-Door, donde dependiendo del modelo a usar, éste podrá estar conectado directamente a la antena o mediante cable coaxial e interconectarlo mediante fibra óptica, STP o UTP a los switch's instalados en las casetas o salas de comunicaciones.

2.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

2.5.1 EQUIPO DE RADIO OUT-DOOR

- Todas las características y funciones del equipo serán configurables a nivel de programación para cumplir con los requisitos de operación del sistema.

- Dependiendo de la ubicación del equipo deberá tener los siguientes módulos:

- Repetidoras: Módulos SFP 1000 Base T para cableado STP.
- Subestaciones y Plantas Generadoras: Módulos SFP 1000 Base SX para Fibra multimodo o módulos SFP 1000 Base T para cableado STP.
- Oficinas Comerciales Módulos SFP 1000 Base T para cableado UTP con PoE.

2.5.1.1 Diseño

El radio debe venir preparado para su instalación con arquitectura Full Out-Door y ser de pequeñas dimensiones para facilitar su instalación en espacios de la torre de comunicación.

2.5.1.2 Modulación y ancho de banda

El equipo a instalar deberá ser capaz de soportar tecnología de vanguardia empleando Modulación Adaptativa (ACM), siendo capaz de ofrecer distintas modulaciones y anchos de banda de acuerdo a las características del fabricante del equipo a utilizar.

2.5.1.3 Frecuencia de operación

Las frecuencias de operación estarán contempladas en las sub-bandas: 6,450 a 7,125 Ghz, de 7.125 Ghz a 7.425 Ghz y 7.425 Ghz a 7725 Ghz.

2.5.1.4 Alimentación

El equipo deberá alimentarse a partir de un suministro de corriente continua de -48 VDC indicado por CORPOELEC. En caso de oficinas comerciales se podrá alimentar con Power Over Ethernet a través de módulos 1000 Base T.

2.5.2 CONMUTADOR (SWITCH) GIGABIT ETHERNET CAPA 3 DE ACCESO PRINCIPAL

El equipo Gigabit Ethernet actuará como un sistema de transporte que podrá ser configurado como terminal de línea de 1 Gbps, con varias formas de protección, en enlaces lineales y conexiones en anillo, asimismo, deberá poder ser equipado con salidas eléctricas y ópticas.

Las Especificaciones Técnicas pueden ser cumplidas mediante equipos individuales o mediante pilas de conmutadores. En este último caso, debe

incluirse los cables, tarjetas u otros dispositivos necesarios para el apilamiento de los conmutadores.

2.5.2.1 Creación de VLAN en los switch

Las VLAN (Red de área local virtual LAN virtual) configuradas en cada uno de los sitios son las siguientes:

VLAN ID	DESCRIPCIÓN
VLAN 1	Reserva
VLAN 2	VoIP
VLAN 3	Router/TDM
VLAN 4	Supervisión y Datos
VLAN 5	Control Numérico

VLAN 1: Es la de reserva (Nativa). Esta VLAN contiene los puertos para la creación futura de otra red virtual y además es utilizada para la administración de los Switches. Los puertos que se decidan utilizar para una VLAN N para Internet u otro fin por ejemplo, se deben extraer de la VLAN nativa.

VLAN 2: Es la de voz sobre IP (VoIP). Esta VLAN contiene los puertos para la conexión de equipos que soportan VoIP, como teléfonos IP y central telefónica.

VLAN 3: Es la de los Router/TDM. Esta VLAN contiene los puertos para la conexión entre equipos routers.

VLAN 4: Es la de supervisión y datos. Es la VLAN que contiene los puertos que proporcionan servicios de supervisión y transmisión de datos.

VLAN5: Se encarga del Control numérico. Esta VLAN servirá como puerta de salida para la red de control (Gateway).

2.5.2.2 Configuración de las VLAN dentro del switch

Una VLAN es un método para crear redes lógicamente independientes dentro de una misma red física, cada VLAN es una red IP única (deben pertenecer a la misma red no importa donde estén ubicadas geográficamente). Varias VLAN's pueden coexistir en un único conmutador físico o en una única red física. Son útiles para reducir el tamaño del dominio de difusión y ayudan en la administración de la red separando segmentos lógicos de una red de área local que no deberían intercambiar datos usando la red local (aunque podrían hacerlo a través de un enrutador o un conmutador de capa 3 y 4).

Las VLAN's se caracterizan por pertenecer al nivel 2 (enlace de datos) del modelo OSI. Sin embargo, se puede usar enrutamiento IP si se quiere manejar diferentes direcciones de red. Cuando se configuran muchas VLAN en un solo switch, estarán en principio aisladas entre ellas (función de una VLAN), para que se puedan comunicar unas con otras (enrutamiento IP), es necesario recurrir a un router o un dispositivo de enrutamiento interno del propio switch. Este último se puede conseguir gracias a los llamados switches capa 3.

La configuración de las VLAN's se realizara de la siguiente manera:

- **La VLAN 1 y 3 (Reserva y Router/TDM) en el nivel de enlace de datos**

Esto permite que ambas VLANs sean independientes a todas las que coexistan en el switch, manejando una red IP única.

- **La VLAN 2, 4 y 5 (VoIP, datos, control numérico) con enrutamiento IP**

Estas VLAN's pueden manejar diferentes direcciones de red IP admitiendo la comunicación entre todas las VLAN's que pertenezcan al proceso de enrutamiento

2.5.2.3 Características específicas

El Conmutador debe poder ser configurado como mínimo con las características siguientes:

- Conmutador Gigabit Ethernet capaz de operar en capa 3.
- Capacidad para configurar interfaces IP y VLAN
- Puertos 10/100 Base T, auto-negociación y auto-sensing, conector RJ45.
- Puertos Gigabit Ethernet para fibra óptica multimodo para las distancias a ser indicadas, con conector y con el respectivo patchcord incluido dependiendo del radio de microondas o puertos 1000 Base T dependiendo del radio de microondas.
- Se debe incluir los cables, tarjetas u otros dispositivos necesarios, en caso de requerirse apilamiento de Conmutadores.
- Los puertos 1000 Base T deberán tener la propiedad de Power over ethernet.

2.5.2.5 Alimentación Conmutador

El Conmutador vendrá equipado para las siguientes modalidades de alimentación eléctrica:

- Fuente de poder principal -48 Vdc (+/- 1 Vdc).
- Fuente de poder redundante de 120 Vac, 60 Hz

2.5.3 ANTENAS

Las antenas a emplear con los equipos de radio deberán ser del tipo parabólico, con las dimensiones adecuadas para lograr la ganancia necesaria que permita el logro de los objetivos de cada uno de los enlaces, el cual como se indicó deberá ser igual al 99,9999% de confiabilidad.

2.5.2.1 Eficiencia direccional

El valor de la eficiencia direccional (Front to Back Ratio) de las antenas deberá ser aquel que contribuya significativamente con los valores de eficiencia de los enlaces.

2.5.2.2 El patrón de radiación

Debe ser lo más concentrado posible para poder cumplir con los objetivos del enlace.

2.5.2.3 Polarización

El diseño de las antenas deberá ser modular, debiendo soportar doble polarización en todo el rango de frecuencias, para un uso óptimo del espectro de frecuencia y prefiriéndose aquellas que tengan la mejor discriminación de la polarización cruzada.

Existen diversidad de fabricantes de antenas, sin embargo se recomiendan las antenas de nomenclatura Shielded Dual Polarized (VHPX), marca ANDREW, las cuales cumplen con el requerimiento de polarización Dual y operan dentro del rango de frecuencia establecido.

2.5.2.4 Relación de Onda Estacionaria (VSWR)

El valor de las antenas deberá ser tal que permita el cumplimiento de los valores arrojados de los cálculos de los enlaces. Sin embargo se preferirán aquellas antenas que posean el valor VSWR más bajo posible.

2.5.2.5 Ganancia

- La ganancia de las antenas dependerá del diámetro de las mismas, sin embargo, se preferirán aquellas que den el máximo valor posible para el diámetro establecido en los cálculos realizados.

- Los diámetros y ganancias de las antenas para enlaces de microondas serán definidos por LA CONTRATISTA en consideración a los cálculos de propagación y comportamiento de los enlaces.

- Para aquellas antenas, cuyo diámetro exceda los 2,4 metros, se deberán usar radomes para reducir la carga del viento transmitido a la torre.

- Las antenas deben venir con sus soportes para las torres que permitan su ajuste.

- También se deberá considerar al seleccionar el tipo de antena a utilizar, la capacidad de carga y espacio disponible en la torre, si ésta existe.

3. REQUERIMIENTOS ADICIONALES

La oferta por parte de La Contratista debe incluir una descripción técnica, clara y totalmente comprensible, en la cual se detallará por escrito la filosofía de operación del sistema propuesto, la marca y modelo de cada uno de los equipos individuales, su capacidad y el modo de interconexión con los demás equipos existentes o por instalar. La oferta deberá incluir esquemas y dibujos explicativos del sistema.

Lo indicado en las presentes especificaciones técnicas corresponden a un equipamiento típico y general, los licitantes deberán complementarlo y adaptarlo a sus equipos particulares de acuerdo a la capacidad, flexibilidad y tecnología exigida.

Por lo anteriormente expuesto, estas especificaciones hacen énfasis en operación, servicios y capacidades, dejando a criterio de los licitantes la tarea de adaptar sus equipos particulares a la alta calidad de servicio exigida, así, como la responsabilidad de la total compatibilidad con el sistema existente de CORPOELEC.

Luego de la aprobación del proyecto por parte de LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL, se mantendrá un plazo de un año de operación del sistema, si durante este periodo, se manifiestan daños o alguna operación defectuosa por parte de los equipos que requieran del reemplazo total del mismo o de algún componente, LA CONTRATISTA deberá de sustituirlos ya sea en su totalidad o alguna de las parte del equipo en la mayor brevedad y se extenderá un plazo adicional de un año de garantía.

4. INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN

4.1 Permisos

4.1.1 Objetivo

Determinar y obtener para todos los sitios los permisos de todas las obras.

4.1.2 Aplicación

- Todos los permisos y solicitudes deberán ser solicitados ante los entes destinados a la aprobación de los mismos antes de comenzar cualquier obra.

- Estos permisos abarcan desde el acceso a las instalaciones, permisos de consignación y ante entes gubernamentales que comprendan: in-parques, ambientales, etc. De acuerdo al tipo de solicitudes requeridas, se tiene:

- Permisos de Consignación: Los permisos de consignación se solicitarán cuando el sitio de instalación sea una planta generadora o subestación y deberán ser aprobado por el despacho de carga de su jurisdicción. (véase ANEXO 2)

- Permiso de Gestión y Acceso: Estos permisos serán solicitados cuando el sitio de instalación del proyecto se refiera a una oficina comercial. (véase ANEXO 3)

- Para una estación repetidora de propiedad de CORPOELEC no se requieren permisos de acceso.

- Para casos donde el sitio de instalación se encuentre en un Parque Nacional se requerirá de el permiso aprobado por In-parques o DICOFAB y para casos donde el sitio instalación pertenezca a una propiedad privada, se requerirá del permiso exigido por el propietario.

4.2 Site Survey de sitio y Documentación

4.2.1 Objetivo

A fin de llevar a cabo un proyecto de comunicaciones para La Corporación Eléctrica Nacional, se deberá realizar la inspección del sitio bajo la coordinación, supervisión y aprobación de Ingenieros y personal calificado. Posteriormente se deberá presentar un informe que contendrá toda la información detallada.

4.2.2 Aplicación

- Antes de la realización del Site Survey de sitio deberá efectuarse una breve reunión aclaratoria donde se discutirán los detalles acerca del proyecto en general.

- El personal destinado a llevar a cabo la inspección del sitio deberá completar en su totalidad el formulario denominado como **ANEXO 4**, además se deberá presentar un informe explicativo de los diseños o recomendaciones que se consideren necesarias, las cuales deben cumplir con los criterios de calidad que exige CORPOELEC.

- Se estudiará la factibilidad del proyecto y sitio de instalación, mencionando la ubicación de los equipos existentes o por instalar en las salas y casetas de comunicaciones, así como su ubicación y dónde se llevará a cabo la instalación de las antenas y equipos out-door en las torres de comunicaciones.

- Se deberán indicar las previsiones y los ajustes necesarios tomados por LA CONTRATISTA, los cuales asumirá por sus propios medios siendo su responsabilidad garantizar y cumplir con la filosofía de operación de CORPOELEC.

4.3 Site Survey Enlace y Documentación

4.3.1 Objetivo

Obtener y recopilar información de cada uno de los sitios que conforman el enlace microondas bajo la coordinación, supervisión y aprobación de Ingenieros y de personal calificado. Posteriormente se deberá presentar un informe que contendrá toda la información detallada.

4.3.2 Aplicación

- Se deberá describir a detalle para cada enlace microondas las estaciones que lo conforman y además determinar las coordenadas exactas de los extremos de los radioenlaces (latitud, longitud y altura del terreno sobre el nivel del mar), ayudándose con el uso de un GPS.

- Determinar la orientación del enlace con el fin de establecer si existe algún obstáculo o elemento significativo a lo largo del trayecto, debiendo anexarse fotos de cada uno de los puntos, completando en su totalidad el formato del **ANEXO 5**.

- En caso de la existencia de obstáculos en el trayecto será necesario el cálculo de la altura de las torres o mástiles a instalar para evitar la obstrucción. Una vez asegurada la existencia de LDV se deberá comprobar que la primera zona de Fresnel se encuentra libre de obstáculos. Conviene prever que el entorno donde se realice la instalación del sistema puede variar con el tiempo, por ejemplo: construcción de edificios, árboles que crecen, tráfico aéreo, entre otros.

- Se deberá comprobar la existencia de LDV realizando visitas a los emplazamientos donde se tenga previsto la instalación de las antenas, anexando un informe donde se detalle toda la información recopilada por el

estudio y que contenga además los reportes trazados de los perfiles realizados a través del programa de simulación PATHLOSS 4.0 (**véase ANEXO 1**). Deberá hacerse entrega en conjunto del informe y del formato definido como **ANEXO 5**, el cual deberá llenarse de manera clara y precisa en su totalidad.

4.4 Estudio de Espectrometría y Documentación

4.4.1 Objetivo

A fin de conocer la disponibilidad de frecuencias en el espectro existente de las bandas de trabajo entre los sitios que conformen el enlace, deberá realizarse el estudio de espectrometría bajo la coordinación, supervisión y aprobación de Ingenieros y personal calificado. Posteriormente se deberá presentar un informe que contendrá toda la información detallada.

4.4.2 Aplicación

- La aplicación del estudio de espectrometría podrá realizarse por La Contratista en caso de contar con los equipos que permiten dar garantía y precisión en los resultados, tales como: analizadores de espectro, antenas y adaptadores, entre otros; de lo contrario se solicitará apoyo al ente gubernamental CONATEL para la realización del mismo.

- El estudio permitirá observar el espectro de manera de poder conocer la disponibilidad de las bandas de frecuencia y de los canales que sean solicitados a CONATEL para el enlace en particular, permitiendo así la coexistencia de las comunicaciones en el espectro radioeléctrico y proteger al enlace de interferencias producidas por usuarios en infracción, garantizando así la calidad del servicio. Existen diferentes métodos para determinar la disponibilidad del espectro radioeléctrico de la banda con la

que se va a trabajar. En el **ANEXO 6** se definen los pasos recomendados para la realización del estudio.

- El informe presentado sobre el estudio realizado deberá ser claro y preciso dividiéndose la información solicitada de la siguiente manera:

- Se deberá suministrar una explicación clara y resumida de cómo se realizaron las mediciones en campo, indicando los criterios de medición, así como la interconexión de los equipos, configuración utilizada para realizar el barrido, ganancia del sistema y los métodos usados para el cálculo de la señal recibida.
- Se brindará información acerca de la estación, tales como: coordenadas geográficas, altura sobre el nivel del mar (en metros) y azimut de la estación respecto al norte magnético de manera de conocer el punto exacto en el que se debe fijar la antena con respecto al plano horizontal (medido en sentido de las agujas del reloj).
- En los resultados se deberá presentar: El estudio del espectro, diagrama de incidencia y registro del espectro (para cada polarización de la antena, sea horizontal o vertical). Se identificará la naturaleza de cada portadora, señalando los parámetros siguientes: nivel de la señal, canal al que corresponde, azimut, registros del espectro obtenidos en el campo de manera de poder verificar la disposición de las sub-bandas en estudio.
- Deberán ser anexados las especificaciones técnicas de todos los equipos y elementos usados durante el estudio.

- Se aceptarán recomendaciones derivadas de la visita al sitio, estudio y resultados obtenidos, siempre que cumplan con las exigencias por parte de CORPOELEC.
- Se concluirá definiendo si existe o no la disponibilidad del canal previsto para la operación del enlace.

- Se deberá además realizar el cuadro de pre-asignación de frecuencia detallando la banda de frecuencia, sub-banda de frecuencia y canales en los que se espera trabajar, el cual será aprobado por CONATEL.

4.5 Selección del Sitio

4.5.1 Objetivo

Identificar y seleccionar un sitio que cumpla con los requisitos para llevar a cabo el proyecto basándose la realización de pruebas de resistividad del suelo.

4.5.2 Aplicación

- El personal destinado a llevar a cabo el proyecto deberá disponer de mapas de banda precisos del sitio y de la instalación del servicio, siguiendo el formato del **ANEXO 7**.

- Se deberá conocer la localización exacta del sitio, especificando sus coordenadas geográficas, estado, municipio, calle y cualquier información adicional en cuanto a la dirección.

-Se deberá identificar el tipo de vehículos o transporte requerido en base a las condiciones del clima, topología, vialidad, etc.

- Se deberá localizar la persona contacto y su número telefónico

- En el caso que la elaboración del proyecto sea en un nuevo sitio, se debe ensayar la ubicación propuesta empleando los métodos definidos en el **ANEXO 8**, para determinar la resistividad y resistencia del suelo, de manera de poder realizar la instalación de un adecuado sistema de aterramiento y posteriormente la instalación del sistema de escalerilla portacables y cableado.

- Se deberá utilizar el método de las cuatro puntas para obtener la lectura más baja posible de la resistividad del suelo

- Posteriormente se deberá llevar a cabo la prueba de los tres terminales (método de caída de potencial) para indicar la resistencia del suelo en el punto más bajo. Se deberá obtener una medida de cinco (5) ohm o menos. En caso de no ser posible se deberán realizar los pasos establecidos en el **ANEXO 9** para mejorar la lectura de resistencia del suelo.

- Si ya en el sitio de instalación existe un sistema de aterramiento, se deberán realizar las mismas mediciones para comprobar la medida de la resistividad del suelo, con el fin de verificar que cumpla con la medición correcto, de lo contrario se deberán llevar a cabo los pasos descritos en el **ANEXO 7**, para mejorar la resistividad del suelo.

5. INSTALACIONES GENERALES

5.1 Cableado

5.1.1 Objetivo

Disponer de los estándares y condiciones para el radio de curvatura del cableado de cobre, características y fuerza de tensión para la fibra óptica y características del cableado STP y UTP, necesarios a tomar en cuenta durante la instalación.

5.1.2 Aplicación

5.1.2.1 Tipo de cableado

La CONTRATISTA deberá suministrar todo el cableado necesario para la interconexión.

5.1.2.1.1 Cableado de alimentación -48V dc

-Los conductores a usarse para alimentación de -48 Vdc. en los equipos a instalar deben ser de cobre, resistentes a llamas y altas temperaturas con aislamiento de tipo THW o THHW, canalizados dentro de una tubería PVC o CONDUIT rígido.

- La elección del tamaño de los conductores de alimentación para los equipos a instalar dependerá del consumo de corriente permitido por cada uno, eligiendo así un calibre tal que permita soportar la capacidad de corriente a la que el equipo estará sometido, basándose en las condiciones exigidas en el CEN. (Véase **ANEXO 10**)

5.1.2.1.2 Cableado de líneas de antena/transmisión

Para enlaces microondas con arquitectura Full Out-door es posible realizar la conexión del equipo out-door a los equipos instalados en las casetas y salas de comunicaciones usando cable STP, UTP o Fibra Óptica.

5.1.2.1.2.1 UTP

- Se recomienda su uso en instalaciones de oficinas comerciales ya que no requieren protección contra la intemperie, roedores y no son ambientes eléctricamente hostiles. Es importante guardar la numeración de los pares ya que de lo contrario el efecto del trenzado no será eficaz, disminuyendo sensiblemente, o incluso impidiendo, la capacidad de transmisión.

- Se especifica el uso de cable UTP categoría 6 de capacidad de transmisión de 1Gbps y ancho de banda de 250 MHz, utilizando conectores RJ45, no debiendo exceder los 100 metros de longitud.

5.1.2.1.2.2 STP

- Se recomienda su instalación en subestaciones, plantas generadoras y repetidoras ya que presenta mayores ventajas eléctricas y es de gran utilidad su instalación en ambientes eléctricamente hostiles, además el recubrimiento metálico le genera protección contra la intemperie, animales o roedores los cuales pueden presenciarse en estaciones repetidoras y también en subestaciones.

- Se especifica el uso de cable STP categoría 6, capaz de soportar transmisiones de 1 Gbps y ancho de banda de 250MHz., utilizando conectores RJ45 no debiendo exceder los 100 metros de longitud

5.1.2.1.2.3 Fibra óptica

- Se especifica el uso de fibra multimodo que permite recorrer la distancia suficiente para conectar la unidad Out-door con los equipos instalados dentro de las casetas y salas de comunicaciones, de núcleo 62.5 micras (actualmente empleada por CORPOELEC) y con conectores SC.

- La fibra multimodo estará constituido por seis (6) fibras ópticas multimodo de 62,5/125 micras de índice gradual. Estas fibras estarán diseñadas para ser utilizadas a 850 nm y 1300 nm., adecuadas para su uso en aplicaciones interior/externo.

- No se debe tirar o halar los cables de fibra, pues el filamento de cristal en el centro podría dañarse o romperse.

- Una curva aguda causará pérdida excesiva de señal.-

- No utilizar grapas para fijar la fibra como con los cables eléctricos, ya que pueden tensar la fibra.

- Los conectores ópticos se deben mantener limpios para asegurar su duración y reducir al mínimo la pérdida de transmisión en el punto de la conexión.

- Cuando no estén en uso, se deben mantener protegidos para prevenir depósitos de partículas aerotransportadas. Una sola partícula de polvo entre dos conectores causará pérdida significativa de la señal. Las partículas de polvo pueden rasguñar el extremo pulido de la fibra, dando por resultado daño permanente.

- Es muy importante no tocar el extremo del conector, pues esto dejará un depósito aceitoso de los dedos y evitar que los conectores destapados caigan al suelo.

- Para limpiar un conector de fibra se utilizan paños especiales sin pelusa con alcohol isopropílico. En casos extremos, una unidad para pruebas puede requerir una limpieza más cuidadosa en fábrica

- El algodón, el papel, o los solventes nunca se deben utilizar para la limpieza de conectores ópticos ya que pueden dejar partículas o residuos

- Lo correcto es utilizar un kit de limpieza para fibra hecho especialmente para los conectores ópticos

5.1.2.1.2 Guía de onda

Los equipos de radio Full Out-door podrán conectarse directamente a las antenas dependiendo del modelo del equipo de radio Out-Door que se vaya a instalar, por lo que dependerá de las características del fabricante de la unidad out-door. Si la unidad out-door no está conectada directamente a la antena, la conexión deberá realizarse por medio de guía de onda de tipo, curvatura y de longitud máxima permitida que dependerá igualmente de las características del fabricante del equipo de radio a usar y de la frecuencia de operación. Deberá disponerse de toda la información técnica y características de los equipos de radio destinados a implementar en el proyecto.

5.1.2.1.3. Cable de Tierra

- Debe ser capaz de soportar grandes corrientes y estar aterrado por medio de un conductor de tierra adecuado.

5.1.2.2 Consideraciones para la instalación del cableado

- Los conductores de comunicaciones no se deben instalar en canalizaciones, compartimentos, cajas de toma de corriente o de bornes, o elementos similares con conductores de circuitos eléctricos de energía alterna., a menos que dichos conductores tengan como único fin suministrar corriente a los equipos de comunicaciones o la conexión con equipos de control remoto (corriente DC).

-Todos los cables deberán ser instalados en los sistemas de escalerilla Portacables, como se muestra en la sección: **Sistema de Escalerillas Portacables.**

- Para la instalación de los cables de alimentación se deben de cumplir los radios mínimos de curvatura permitidos por cada uno. A continuación se muestra un cuadro resumen de los radios mínimos de curvatura permitido por cada cable de acuerdo a su calibre:

Radios mínimos de curvatura según El calibre del cable y el tipo de aislamiento (mm)			
Calibre (AWG/Kcmil)	Tipo de aislamiento		
	TW	THW/THHW	THHN/THWN
14	13,52	16,56	11,28
12	15,44	18,48	13,20
10	17,88	20,92	16,64
8	23,96	27,04	21,92
6		30,88	25,80
4		35,76	32,92
3		38,60	35,76
2		41,84	39,00
1		50,00	45,32
1/0		54,04	49,36
2/0		58,72	54,04
3/0		64,00	59,32
4/0		69,88	65,20
250		77,72	72,24
300		83,32	77,80
350		88,48	83,00
400		93,24	87,76
500		101,88	96,40
600		141,35	133,45

5.1.2.3 Consideraciones para la protección e identificación del cableado

5.1.2.3.1 Cableado de alimentación -48V DC

- Este tipo de conductores debe cumplir con un cable de chaqueta roja para el voltaje positivo y uno de chaqueta negra para el voltaje negativo.

5.1.2.3.2 Cable de puesta a tierra

- Los conductores de los equipos deben ser aislados con chaqueta de color verde.

5.1.2.3.3 Fibra Óptica

- En el caso de instalación de fibra óptica de diámetro de 62.5 micras se requerirá de una tubería de 1 ½” pulgadas de diámetro de polietileno de plástico corrugado color naranja de alta densidad (HDPE), cuya célula de los materiales resistirá a condiciones como la densidad, índice de fusión, retardo de propagación de llama, antiroedores, resistencia a la tracción de rendimiento, resistencia a la lentitud del crecimiento de grieta y la clasificación de resistencia hidrostática, compuesta de polímero termoplástico conforme a el estándar mínimo de pe334470e/c según lo definido en el ASTM d3350 y ASTM 2160.

- El conducto innerduct de polietileno para fibra óptica o cable UTP, es una tubería para el uso a la intemperie sola o múltiple. El conducto puede ser enterrado directamente, encajonado en concreto, utilizado en alcantarillas múltiples y/o escalerillas de torres de comunicaciones.

5.2 Sistema de Escalerillas Portacables

5.2.1 Objetivo

Conocer las características y requisitos de instalación de los soportes para cables instalados dentro de las casetas y salas de comunicaciones y en áreas exteriores.

5.2.2 Aplicación

5.2.2.1 Sistema de Escalerillas Portacables en interiores

5.2.2.1.1 Consideraciones Físicas

Resistencia y rigidez: Las bandejas tendrán resistencia y rigidez suficientes para que ofrezcan un soporte adecuado a todos los cables instalados en ellas.

Bordes redondeados: Las bandejas no tendrán bordes afilados, rugosos o salientes que puedan dañar las cubiertas o aislamientos de los cables.

Protección contra la corrosión: Las bandejas serán de un material resistente a la corrosión, preferiblemente deben ser de aluminio; si no son de aluminio deben ser de hierro galvanizado en caliente.

Rieles laterales: Las bandejas tendrán barras laterales u otros elementos estructurales equivalentes. Con una medida comprendida entre 5 y 15 cm, sólo cuando sean diseñadas para soportar cables de energía. Las bandejas de cables de telecomunicaciones no tienen estos rieles, ya que en algunas ocasiones es necesario pasar cables por los lados y estos rieles pueden maltratarlos.

Accesorios: Las bandejas para cables tendrán accesorios u otros medios adecuados para poder cambiar su recorrido, dirección y elevación. Dichos accesorios o secciones (rectas, curvas, caídas, etc.) deben ser los adecuados para la escalerilla que se está implementando.

Continuidad: Las bandejas se instalarán formando un sistema completo. Si se hacen curvas o modificaciones durante la instalación estas deberán mantener la continuidad eléctrica del sistema de bandejas, así como la continuidad del soporte de los cables. La colocación de la escalerilla a través de paredes o pisos debe ser tal que no se aumente la posibilidad de expansión de incendios. Los huecos u orificios en las paredes o pisos deben ser lo más pequeños posibles: sus dimensiones deben ser tales que permitan el paso de la escalerilla conjuntamente con sus cables y accesorios.

Soportes: Cuando los cables entren desde la bandeja a otras canalizaciones u otras cubiertas, se instalarán soportes que eviten esfuerzos sobre los mismos.

5.2.2.1.2 Tipos de sistema de escalerilla portacables a usar en interiores

- Para instalaciones internas dentro de las casetas o salas de comunicaciones se recomienda la instalación de una bandeja tipo escalera con base a los tipos y uso de cables a ser instalados y el método de soporte disponible.

5.2.2.1.3 Diseño e instalación en interiores

-Los sistemas de escalerillas portacables se deben diseñar de manera que queden instalados a alturas que ofrezcan espacios adecuados para la instalación de los equipos necesarios en el proyecto.

- Durante el diseño se deben de considerar ciertos factores como la altura del techo de la caseta o sala de comunicaciones, sitios de los accesorios para la luz, puerto de entrada para los cables, sitio de equipo y radio de curvatura mínimo de los cables.

- El sistema de escalerilla portacables no deberá ser instalado debajo de detectores de humo, accesorios eléctricos, luces dispersores o cajas.

- El sistema de escalerillas debe tener una distancia mínima de 15,24cm entre el tope del gabinete más alto de la caseta o sala de comunicaciones y la base inferior de la escalerilla portacable, así como también se debe respetar una distancia mínima de 30,4cm entre el tope superior de la escalerilla portacable y el techo de la caseta o sala de comunicaciones. También se debe respetar un espacio mínimo de 61cm entre las paredes y el sistema de escalerilla portacable, de tal manera que se permita el acceso adecuado para la instalación y mantenimiento de los cables.

- El sistema de escalerillas portacables se debe asegurar al techo o paredes de la caseta o sala de comunicaciones ya que estos son inmovibles, brindando así una fortaleza y capacidad de carga.

- Los sistemas de escalerillas portacables horizontales y verticales podrán tener abrazaderas o sujetadores de apoyo.

- Los sistemas de escalerillas portacables no deben de tener bordes cortantes o protuberancias salientes que dañen los cables.

-La instalación del sistema de escalerillas portacables deberá seguir las especificaciones técnicas de los fabricantes así como también la del código eléctrico nacional y cualquier código aplicable nacional, estatal o local.

5.2.2.2. Sistema de escalerillas portacables en exteriores

5.2.2.2.1 Consideraciones físicas

Resistencia y rigidez: Las bandejas tendrán resistencia y rigidez suficientes para que ofrezcan un soporte adecuado a todos los cables instalados en ellas.

Bordes redondeados: Las bandejas no tendrán bordes afilados, rugosos o salientes que puedan dañar las cubiertas o aislamientos de los cables.

Resistencia y protección contra la corrosión: Las bandejas para exteriores serán de un material rígido (deben soportar el peso de las estructuras) y resistente a la corrosión o estar adecuadamente protegido contra la misma; por esto el sistema de escalerilla debe ser de hierro galvanizado en caliente.

Rieles laterales: Las bandejas tendrán barras laterales u otros elementos estructurales equivalentes (ángulos), que permitan soportar todo el peso que las líneas de transmisión puedan tener.

Accesorios: Las bandejas para cables tendrán accesorios u otros medios adecuados para poder cambiar su recorrido, dirección y elevación. Dichos accesorios o secciones (rectas, curvas, caídas, etc.) deben ser los adecuados para la escalerilla que se está

5.2.2.2.2 Tipos de sistema de escalerilla portacables a usar en exteriores

- En estaciones repetidoras se recomienda para la conexión desde la torre de comunicaciones hasta la caseta una bandeja de cable sólida con una

tapa provista de bisagras, de manera de ofrecer un encerramiento total a los cables y minimizar el daño potencial y vandalismo.

- En subestaciones y oficinas comerciales deberá emplearse una bandeja de tipo escalera con base en los tipos y usos de cables a ser instalados y el método de soporte disponible, con una distancia máxima permisible entre travesaños será de 22,86cm, sin importar el ancho de la misma. Este tipo de bandeja puede disponer de rieles laterales sólo en caso de soportar cables de alimentación, en caso de cables de telecomunicaciones no deben de llevar estos rieles laterales, ya que la manipulación de los cables puede verse afectada por dichos rieles.

5.2.2.3 Consideraciones generales de los cables en los sistemas de escalerillas portacables

- No se permite que conductores de energía AC vayan sobre el sistema de escalerilla portacables. Todo cable de energía AC dentro de casetas o salas de comunicaciones deberá estar instalado dentro de una canalización tipo EMT, asegurado a la superficie en la que se coloque.

- El cableado instalado en el sistema de escalerillas portacables deberá estar ordenado según su categoría, es decir: cables de energía DC, cables de tierra, cables de señal y control, líneas de transmisión y cables de antenas, separadas 5cm una de la otra. Esta separación debe respetarse en todo punto del recorrido, en los puntos donde sea inevitable cruzar cables de categorías distintas el cruce debe hacerse manteniendo 90° entre los conductores.

- El orden de las diferentes categorías de conductores en el sistema de escalerilla portacables dependerá de la ubicación de los equipos dentro de la caseta o sala de comunicaciones y de garantizar el menor número posible de cruces de cables de las diferentes categorías. Se recomienda, en caso de ser

posible, que el cableado de alimentación se ubique en uno de los extremos de la escalerilla.

- Toda instalación de tornillos en el sistema de escalerilla portacables deberá hacerse de manera que se garantice que el borde no dé hacia el lado donde el personal de mantenimiento realice la manipulación de los cables, con la finalidad de evitar cortaduras y maltrato en los cables.

5.3 Sistema de Puesta a Tierra

5.3.1 Objetivo

Determinar los requisitos para la correcta instalación de un sistema de puesta a tierra de manera de garantizar la seguridad del personal y la protección de los equipos electrónicos de los fenómenos naturales como descargas atmosféricas, sobrecargas eléctricas, basándose en: las mediciones de resistividad del terreno donde se localiza la estación, la configuración de la acometida AC, sistemas DC asociados, los equipos de telecomunicaciones y todas las instalaciones asociadas a repetidoras, sub-estaciones, plantas generadoras y oficinas comerciales dentro del perímetro del área donde se encuentre ubicada.

5.3.2 Aplicación

5.3.2.1 Diseño e instalación del sistema de aterramiento

La implementación del correcto sistema de aterramiento irá de acuerdo al tipo de instalación especificada por el proyecto:

5.3.2.1.1 Subestaciones o plantas generadoras

El sistema de aterramiento instalado en subestaciones y plantas generadoras tendrá como finalidad brindar una buena protección galvánica entre todos los equipos, a fin de garantizar:

- Protección a todos los equipos eléctricos y electrónicos que son sensibles a cualquier variación de la tensión de la red.
- Proveer un camino a tierra de todas las corrientes transitorias que puedan originarse por sobretensiones de origen atmosférico o por la apertura o cierre de equipos de maniobra.
- Mantener los equipos a un mismo potencial de referencia a tierra.
- La seguridad del personal encargado de la operación de la subestación o planta generadora.
- El sistema de aterramiento que se constituya deberá estar conectado a la malla de tierra diseñada para proteger a toda la subestación o planta generadora.

5.3.2.1.2 Estaciones Repetidoras

La correcta instalación de un sistema de aterramiento en estaciones repetidoras deberá garantizar en todo momento:

- La seguridad del personal que operen los equipos o sistemas instalados en la estación. Se deberá proteger en todo momento a las personas que eventualmente puedan estar en contacto con estructuras metálicas de la instalación que en condiciones normales de funcionamiento no están

sometidas a tensión eléctrica, pero que eventualmente puedan estarlo debido a algún tipo de avería o evento transitorio.

- Proteger a los equipos sensibles a perturbaciones de voltaje inducido transmitidas directamente a través de las acometidas de potencia o las de comunicaciones.

- Proveer lazos de interconexión para conducir efectivamente hacia tierra las corrientes derivadas de las sobretensiones tanto de origen atmosférico como en las generadas en las líneas de distribución de energía y en las líneas de comunicaciones asociadas a las instalaciones de la estación.

- Mantener continuamente referido a un potencial único de tierra, los componentes de los circuitos eléctricos, telefónicos, electrónicos, etc., asociados a la estación.

- . Proporcionar una trayectoria alterna a las corrientes originadas por descargas atmosféricas con el fin de proteger de daños a las instalaciones, tales como: casetas de comunicación, torres de comunicación y equipos.

5.3.2.2 Generalidades del conductor de aterramiento

- El conductor de puesta a tierra deberá estar aislado con chaqueta de color verde aprobado como adecuado para ese propósito (debe ser retardante de las llamas, resistentes a la humedad y altas temperaturas). Deberá hacerse uso de cables de tipo THW o THHW.

- El calibre del conductor de puesta a tierra deberá escogerse según la capacidad máxima de corriente que maneja el equipo a conectarse.

- Se debe disponer de un electrodo de baja resistencia de manera de limitar las elevaciones transitorias de potencial de tierra por efectos de las corrientes de descarga hacia dicho electrodo.

- El camino a tierra desde circuitos, equipos y canalizaciones de conductores debe ser permanente y efectivamente continuo de manera de garantizar que el conductor no disponga de ningún empalme.

- Todos los conductores a tierra deben separarse un mínimo de 5,08cm de las líneas de señal/control, antena/transmisión y cables de corrientes DC.

- Se debe asegurar el área y perímetro por donde estén ubicadas las instalaciones, mediante interconexiones de tierra, de manera de poder equipotenciar al sistema reduciendo así las diferencias de potencial.

- El conductor de puesta a tierra se deberá instalarse en lo posible en línea recta hasta el electrodo de tierra. Las curvaturas fuertes deben ser evitadas.

- Todos los conductores de tierra deben ser lo más cortos posible. Para el momento de la instalación debe tomarse en cuenta la ruta más corta y con el menor número de curvaturas, siempre que esto no interfiera con otro equipo o la seguridad personal.

- En caso de estaciones repetidoras, subestaciones y plantas generadoras, se recomienda que el conductor de puesta a tierra se proteja contra daños físicos, intemperie y roedores, esto se logra colocándolo dentro de tuberías metálicas o de PVC. Si el conductor de tierra está colocado en una tubería metálica, ambos extremos de la misma deberán estar conectados al conductor de tierra o al mismo terminal o punto al que se conecte dicho conductor.

- Todas las uniones entre los conductores de tierra a anillos deberán ser de cobre.

5.3.2.2 Aterramiento de cables de líneas de antena/transmisión

- El cableado STP requiere de la conexión de su malla externa metálica a tierra.

- Para el cableado UTP, fibra Óptica no es necesario unirlos al sistema de puesta tierra, bastará con que los equipos a los cuales se conecten se encuentren correctamente aterrados.

5.3.2.3 Electrodo exterior- Anillo de aterramiento externo

- El anillo externo deberá bordear a toda la edificación y deberá estar conectado a la barra MGB a través de un conductor de cobre de diámetro mínimo AWG#2, conectados por soldaduras exotérmicas.

- El anillo deberá estar formado por barras COPPERWELD con medidas mínimas de 5/8 pulgadas de espesor y 2,4m de longitud. La máxima separación entre las barras debe ser la que resulte de los cálculos y el área del terreno. El tamaño real, longitud, forma del anillo y número de barras utilizado será determinado por las pruebas de resistividad y composición del piso.

- Las barras estarán unidas por medio de conductores de cobre desnudo de calibre no menor a AWG#2 y se deben enterrar a una profundidad no menor de 0,75m en terreno firme, si no se puede colocar una barra recta con la profundidad establecida, se deberá enterrar en un ángulo no mayor de 45° cumpliendo con la CEN 250-83 y CEN 250-84.

- Se deberán disponer de conductores para conectar las barras de tierra y formar el anillo, permitiendo así la conexión de los objetos que se van a unir al sistema de aterramiento.

- No se debe cubrir totalmente con concreto el área donde se construya el anillo, ya que es necesario dejar tanquillas de drenaje en puntos estratégicos. En lo posible, se deberá construir el electrodo de puesta a tierra de manera que cubra la mayor área de terreno.

- Todas las piezas metálicas instaladas en el sitio, como: sistema de escalerillas portacables, soportes, cables STP, guías, aires acondicionados, rejas, barras de aterramientos internas, etc., deberán estar conectadas por lo menos en un punto al anillo exterior de aterramiento.

- Después de la instalación del anillo externo de tierra, se deben realizar mediciones para verificar los valores de la resistencia de puesta a tierra normalizados

5.3.2.4 Electrodo interior-Anillo de aterramiento interno

- El anillo interior servirá de plano equipotencial de tierra dentro de las casetas o salas de comunicación al cual se conectan las metálicas pasivas de la misma como los: gabinetes, sistema de escalerilla portable interno, etc.

- Deberá estar conectado en al menos un punto al anillo exterior de tierra por medio de un conductor de cobre de calibre AWG#2 con chaqueta de color verde.

- Toda penetración en paredes deberá hacerse con un ángulo de 45° con el fin de evitar curvas bruscas en el cable.

- El anillo de aterramiento interno deberá rodear en su totalidad a las caseta o sala de comunicaciones por medio de un conductor de cobre calibre AWG#2 con chaqueta de color verde y ambas puntas del anillo deberán estar conectadas a la barra de aterramiento interna.

- El anillo de aterramiento deberá ser instalado a una separación mínima de 2,43m del suelo o 15,24cm por debajo del techo, sujetándose a las paredes de la instalación cada 61 cm. Cada esquina de la edificación deberá estar conectada al anillo exterior de tierra a través de un conductor de cobre calibre AWG#2. Y el anillo externo de tierra deberá estar conectado a la barra MGB a través de un conductor de cobre de diámetro AWG#2 para así cerrar el sistema de puesta a tierra.

- Todos los equipos, piezas metálicas, puertas, aires acondicionados, marcos metálicos, tableros de breakers, etc., instalados dentro de las casetas o salas de comunicaciones deberán estar conectados al anillo de aterramiento interno a través de un conductor de cobre AWG#6 con chaqueta de color verde.

- Los conductores de cobre desnudo no deben instalarse de modo que tengan contacto con algún material de aluminio como el techo, sistemas de escalerillas, etc., debido a la posibilidad de corrosión. Si estos llegasen a estar en contacto deberán estar forrados en una tubería PVC.

5.3.2.5 Protección contra sobretensiones

- Se recomienda la instalación de un protector contra sobretensiones en el tablero principal para la protección de los equipos instalados en las casetas y salas de comunicaciones contra picos de voltaje (supresor de picos).

5.3.2.6 Protección contra descargas atmosféricas

En instalaciones eléctricas es indispensable disponer de una buena protección contra las fluctuaciones de tensión eléctrica para proteger a todo el sistema conectado.

5.2.3.6.1 Punta Franklin

Su función es la de captar las descargas atmosféricas para ser llevados a tierra de forma segura y confiable sin afectar las instalaciones.

- Deberá ser instalada en el punto superior más alto de la torre y conectada correctamente y sin empalmes mediante un conductor de cobre al electrodo de puesta a tierra. El pararrayos deberá quedar al menos dos (2) metros por encima de la torre o cualquier elemento instalado en ella.

- Si se dispone de más de un pararrayo instalado en el sitio, éstos deberán estar interconectados entre sí.

5.2.3.6.2 Lightning Protector

- En caso de emplearse cable UTP O STP para la conexión de la unidad out-door a la caseta o sala de comunicaciones es importante proveer una desviación a tierra en caso de descarga recomendándose el uso de Lightning Protector, el cual deberá estar conectado correctamente al sistema de tierra.

5.3.2.7 Aterramiento de las torres de comunicaciones

- Toda torre de comunicaciones autosoportada de sección triangular o cuadrada deberá estar conectada a tierra con barras COPPERWELD

colocadas en cada una de las patas de la torre y conectarse entre sí a través de un conductor de cobre estañado de diámetro AWG#2, formando así el anillo de aterramiento de la torre. Además toda torre de comunicaciones deberá estar conectada en al menos un punto al anillo de aterramiento exterior. Si esto no puede ser posible el anillo de aterramiento de la torre deberá ser conectado en un punto en donde está aterrado el sistema eléctrico de la edificación.

- Toda torre de comunicaciones deberá disponer de barras de aterramiento ubicadas de la siguiente manera:

- Una barra colocada en la parte superior de la torre a tres metros del tope.
- Una barra de aterramiento colocada al final del recorrido vertical ubicada a un metro de la transición del recorrido horizontal.
- Para torres de altura comprendida entre los cuarenta y noventa metros debe existir una barra de aterramiento adicional colocada a la mitad del recorrido vertical.
- Para torres de altura mayor a los noventa metros deberán existir dos barras adicionales, de manera que las cuatro barras que queden separadas a una distancia igual una de la otra.

- Cuando existan recorridos horizontales con distancias mayores a cuarenta y cinco metros deberán existir barras adicionales colocadas aproximadamente a veinticinco metros cada una.

- Todo equipo instalado en la torre de comunicaciones deberá estar correctamente conectado al sistema de aterramiento a través de la barra de aterramiento que se encuentre más cercana por debajo del equipo a través de una conexión de tipo doble ojo. Dicha conexión deberá hacerse por medio de un conductor de cobre de calibre AWG#6 resistente a la intemperie (THW o THHW) con chaqueta de color verde.

- Las líneas de transmisión deberán estar igualmente aterradas y conectadas a las barras que se encuentren a lo largo de su camino. Todas las conexiones a tierras de las líneas de transmisión deberán estar protegidas contra el agua y la intemperie, su recorrido deberá ser en línea recta, lo más corto posible y hacia abajo.

5.3.2.8 Ventana de Aterramiento- Barra MGB

- La ventana de aterramiento será el punto donde terminan todas las conexiones a tierra provenientes de los equipos, cables, torres, etc., constituyendo un plano equipotencial de tierra único y estará directamente conectado al anillo o electrodo exterior de aterramiento.

- Debe ser una barra de cobre con huecos que permita soportar conexiones del tipo doble ojo.

- En toda la instalación deberá existir una sola barra MGB, en caso de que no exista espacio suficiente en ella, se podrá instalar una barra

secundaria conectada eléctricamente a la principal por medio de un conductor de calibre AWG#2 o mayor. Es importante que no se realice la conexión de más de un conector a un mismo hueco de la barra y toda conexión a la barra deberá estar protegida con grasa antioxidante.

- El largo de la barra variará de acuerdo al número de conexiones a realizar y posibles expansiones, con una dimensión mínima de 0,5 metros (lo que permite un total de 14 conexiones de tipo cobre doble ojo). La longitud de la barra MGB puede variar dependiendo del tamaño de la caseta o sala de comunicaciones y de la cantidad de equipos que se van a instalar. La conexión puede ser hecha a ambos lado, por arriba y por debajo de la barra

- Esta barra debe ubicarse lo más cerca posible a la ventana de acceso de manera que permita la conexión de las líneas de transmisión que se encuentren en la parte superior de la misma. Deberá ser instalada en el piso más bajo de la edificación, manteniendo una distancia mínima de 0,6 metros con respecto al piso y no deberá estar a más de 0,6 m de separación por debajo del sistema de escalerillas portacables.

- La barra deberá conectarse en un punto al anillo de aterramiento exterior con un conductor AWG#2 o mayor, de cobre, que posea una chaqueta de color verde e ir por una tubería PVC con pintura de revestimiento de color verde.

- La instalación de la barra MGB no debe interferir con la ubicación de otros equipos, ni debe obstruir el paso hacia ningún equipo y deberá estar aislada de la pared por medio de aisladores.

- Las barras expuestas a la intemperie, al igual que las conexiones a las mismas, deben ser protegidas contra la corrosión cubriéndolas con grasa, evitando así que los agentes corrosivos la afecten.

5.4 Torres de comunicaciones

5.4.1 Objetivo

Determinar las especificaciones con las cuales debe cumplir la ingeniería requerida para trabajos de diseño de torres y trabajos de mantenimiento para la contratación de los servicios indicados de las torres ubicadas en estaciones repetidoras, subestaciones, plantas generadoras y oficinas comerciales.

5.4.2 Aplicaciones

Las torres y estructuras de soporte para antenas serán clasificadas de acuerdo a diferentes factores, entre ellos el riesgo que pueden representar para la vida y las propiedades, el sistema estructural y la regularidad estructural.

5.4.2.1 Clasificación según el riesgo que representen a la vida y las propiedades

Las torres y estructuras de soportes para antenas deberán clasificarse de acuerdo a los siguientes grupos:

5.4.2.1.1 Grupo A

Este tipo de torres estará representado por todas aquellas instaladas en estaciones repetidoras que funcionan como nodos principales entre

subestaciones y plantas, en caso de algún inconveniente referido a la estructura o colapso, ocasionaría pérdida total en las comunicaciones entre los puntos que interconecta .

5.4.2.1.2 Grupo B

Este tipo de torres están representadas por todas aquéllas instaladas en subestaciones y plantas. Se exige que la distancia mínima que exista entre el patio y la torre de comunicaciones sea mayor a la altura de la torre a instalarse.

5.4.2.1.3 Grupo C

Estos estarán representados por los mástiles a instalar en oficinas comerciales.

5.4.2.2 Condiciones generales para torres de las torres de comunicaciones

- La selección de la altura de la torre dependerá de factores como: espacio disponible, tipos y cantidad de equipos a instalar, necesidad del servicio, entre otros.

- Sólo se podrá hacer uso de torres autoportadas de secciones triangulares hasta una altura máxima de 60 metros.

- Para alturas mayores a 60 metros sólo se permitirá la instalación de torres autoportadas de sección cuadrada.

- No se podrá usar torres con secciones distintas a las descritas, tales como poligonales o incluso circulares.

- Toda torre, sea nueva ó después de realizarse alguna modificación, deberá disponer de una placa de identificación la cual estará colocada en un lugar visible, elaborada en material metálico resistente a la intemperie, con caracteres en relieve bien legibles desde el suelo y con los siguientes datos:

a) Nombre del fabricante.

b) Aviso indicando que es una torre para uso de microondas

c) Altura en metros.

d) Cargas máximas: Tipos de antenas, dimensiones, posición y peso de las mismas.

e) Fecha de instalación o de la última intervención.

5.4.2.3 Condiciones para la selección del sitio de las torres de comunicaciones

- Los proyectos nuevos no serán realizados a distancias menores de 2 km de las trazas conocidas como fallas activas.

- Desechar los sitios donde puedan presentarse fenómenos de licuefacción. En caso de no tener opciones, se aplicarán métodos para reducir el riesgo de daño por efecto de la licuefacción.

- Para el proyecto y construcción de la infraestructura necesaria para la instalación de torres y estructuras de soporte de antenas para

telecomunicaciones, se requiere información topográfica obtenida de levantamientos del sitio. En general, el alcance del levantamiento topográfico debe ser el necesario para poder realizar el proyecto de implantación y diseñar el sistema de drenaje y las instalaciones y/o acometidas requeridas. Adicionalmente se debe identificar dentro de 300 m, alrededor de la torre o estructura de soporte, las tuberías subterráneas, cables de energía enterrados, subestaciones eléctricas y cualquier otro elemento que pueda inducir fenómenos de corrosión electrolítica.

5.4.2.4 Categorías de las torres de comunicaciones

- Toda antena y estructura de soporte puede presentar diferentes respuestas antes las acciones y la fuerza ocasionada por el viento, por ello toda torre deberá estar asignada a una zona del país basada en el mapa de las velocidades básicas del viento del país (véase **ANEXO 11**).

- Dependiendo de la ubicación de la estructura con respecto a la topografía del terreno y la factibilidad que por efectos topográficos se incrementa la velocidad del viento, se pueden separar las torres en las siguientes categorías:

5.4.2.4.1 Categoría 1

Se aplica para torres de comunicaciones instaladas estaciones repetidoras, subestaciones y plantas generadoras donde no existen cambios considerables en la dirección del viento y en la topografía.

5.4.2.4.2 Categoría 2

Se aplica para torres instaladas en estaciones repetidoras, subestación y plantas generadoras instaladas en la región costera y andina del país debido a que se las velocidades del viento se incrementan en todas las direcciones y

generalmente se encuentran instaladas en costas, pendientes, colinas o montañas.

- Para cualquier tipo de torre y soporte para antenas a instalar en el emplazamiento se exige la realización de inspecciones y mantenimiento técnico en la estructura, de manera de garantizar siempre la mayor seguridad.

5.4.2.5 Elementos funcionales de las torres de comunicaciones

- Todo elemento funcional incluye escaleras fijas, dispositivos de seguridad, anclajes de guayas de vida, plataformas y jaulas guarda-hombres, usadas para ascender o trabajar en las torres de comunicaciones. Toda torre de comunicaciones deberá estar equipada con una escalera.

- Las torres de comunicaciones pertenecientes a CORPOELEC, deberán cumplir con las especificaciones del requisito aeronáutico, conforme a las exigencias del Anexo 14 Aeródromos del Convenio sobre Aviación Civil Internacional de la Organización de la Aviación Civil Internacional, la cual considera a toda torre como obstáculo para la navegación aérea. Cada torre de comunicaciones deberá estar pintada en bandas perpendiculares a la altura de la torre, con una altura de tres metros y tener un ancho igual a $1/7$ de la misma, intercalando una de color rojo y otra de color blanco.

- Si alguna torre de comunicación se encuentra en un punto de influencia a algún aeropuerto, la misma deberá estar iluminada según las Normas de Señalamiento de Obstáculos de la Dirección de Aeronáutica Civil con faros de luz fija de 300W o faros de destello.

- Para torres de hasta 45 metros de altura es necesario la colocación de una lámpara de obstrucción doble en la parte más alta de la torre.

- Para torres mayores de 45 metros de altura, se especifica el uso de una luz de obstrucción en la parte más alta de la torre y lámparas de obstrucción dobles a distancias no mayores de 45m. con el fin de indicar la configuración de la torre y su tamaño.

- Las luces de iluminación o balizas deberán estar colocadas de manera que definan la forma general de la torre y que sean identificables desde una distancia de 1000 o 3000m para que las torres que sean visibles desde el aire o desde la tierra, en cualquier dirección de aproximación de las aeronaves. Las balizas deben ser de un solo color, el cual debe contrastar con el fondo contra el cual haya de verse.

5.5 Casetas y salas de comunicaciones

5.5.1 Objetivo

Definir los requerimientos y condiciones a tomar en cuenta para la instalación y verificación de estado de las casetas de comunicaciones (estaciones repetidoras) y salas de comunicaciones (subestaciones, plantas y oficinas comerciales), nuevas y existentes.

5.5.2 Aplicación

5.5.2.1 Consideraciones generales

- Se debe de determinar el tamaño de la construcción.
- Se debe de tener cuidado en la selección del sitio de instalación, el cual deberá estar preparado para la construcción, libre de árboles y maleza, sobre un nivel firme de tierra y sin problemas de drenaje ni erosión del suelo.
- Como pasos preliminares a la instalación de la caseta o sala de comunicaciones se deberá realizar por parte de La CONTRATISTA la

demolición, remoción limpieza y bote de escombros de todos los elementos de concreto, tabiquerías, instalaciones viejas, ventanas, tejas, rejas, etc. que obstaculicen la construcción.

- Cualquier excavación necesaria en el terreno donde se vayan a instalar la caseta o sala de comunicaciones no deberá dañar las instalaciones existentes que vayan a permanecer en el sitio.

- Se deberá hacer un estudio previo para determinar los requisitos de energía AC de la edificación, realizado y aprobado por un Ingeniero Electricista o Electricista certificado. Las cargas continuas no deberán exceder el 80% de la capacidad nominal del cable eléctrico. Las necesidades de energía típicas son: sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado, iluminación de la edificación y torre, cargadores de batería, equipos electrónicos. Todo trabajo de instalación eléctrica deberá regirse y cumplir con la edición vigente del Código Eléctrico Nacional.

- Se deben establecer con cuidado los cimientos de la instalación ya que representa un papel fundamental al definir los límites de carga de la edificación. Un buen diseño aumenta la vida útil de la construcción. Los cimientos de la instalación deberán hacerse sobre piso considerado normal, es decir no se permitirá la instalación de casetas o salas de comunicaciones en rocas, suelos no cohesivos, saturados o sumergidos.

- Las bases deberán estar a una profundidad especificada bajo el estudio, supervisión y aprobación de Ingenieros Civiles calificados. La excavación deberá hacerse sobre piso normal. Toda base deberá hacerse en concreto y no deberán estar colocadas sobre material orgánico.

- Para cualquier construcción de casetas o salas de comunicaciones se aceptará una altura comprendida entre 2,75 y 3 metros.

- Se deberá efectuar un refuerzo sísmico a toda construcción, nueva o existente.

- El diseño del piso deberá hacerse en concreto armado a nivel de tierra en caso de estaciones repetidoras, plantas y subestaciones. En algunos casos como oficinas comerciales la sala de comunicaciones podrá estar en el techo o sótano de la edificación.

- La caseta o sala de comunicaciones deberá disponer de puertos a prueba de intemperie para el ingreso de las líneas de transmisión provenientes del equipo Out-door.

5.5.2.2 Ventanas de acceso para la entrada de cableado a las casetas o salas de comunicaciones

- La entrada del cableado a las casetas o sala de comunicaciones debe hacerse a través de un pasacable aislante, no combustible y no absorbente. Dicho pasacable debe ser el adecuado para el tipo de cableado empleado y siempre debe respetarse la cantidad máxima de cables que pueden pasar por él.

- Los cables deben entrar al edificio con una inclinación hacia arriba, si no es posible, deben tener un seno inmediatamente antes de la entrada al edificio. Esto evita la entrada de agua a través de la bota.

5.5.2.3 Gabinetes para equipos

- Todos los equipos mencionados en las presentes especificaciones, serán instalados y cableados en el interior de gabinetes auto-soportantes con las siguientes características:

- Las dimensiones deberán basarse en la cantidad de equipos a instalar en el proyecto.
- Con puerta frontal de vidrio templado y cerradura con llave.
- Puerta trasera metálica.
- Con luz interna
- Con repartidor AC y DC
- Con plancha inferior anti-reptiles
- Con barra de tierra
- Ventilador silencioso para montaje sobre racks.
- Entrada de cables inferior.

- Durante el Site Survey de sitio se deberá revisar si en la sala o casetas de comunicaciones existe portón o puerta de acceso de dimensiones suficientes para introducir el gabinete. En caso de que no sea posible el acceso del gabinete se deberá establecer la instalación de un gabinete de menores dimensiones, de manera de evitar demoliciones de marcos o ampliación de puertas. En importante señalar que no se deberá dañar o maltratar la

infraestructura intentando acceder los gabinetes a la sala o caseta de comunicaciones.

- Todo cableado vertical a instalarse en los gabinetes de las salas o casetas de comunicaciones deberá garantizar la menor cantidad de cruces entre los diferentes tipos de cables a utilizar. Se recomienda mantener pegado a los gabinetes los cables de alimentación seguidos por los de tierra y posteriormente cualquier otro cable a utilizar.

5.5.2.4 Sistema de ventilación y aire acondicionado

- Las condiciones de temperatura y ventilación de un sitio no pueden especificarse bajo una sola característica ya que depende de diversos factores y no siempre un mismo análisis se puede aplicar en todas las situaciones.

- Para realizar el diseño de un adecuado sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado, se deben de obtener las especificaciones del sitio respecto a la construcción, tipo de aislamiento, tamaño y condiciones existentes. Sin embargo se deberá cumplir con una condición de temperatura comprendida entre 18°C y 22°C para las casetas y salas de comunicaciones, de manera de evitar el MTBF a corto plazo.

5.5.2.4.1 Termostatos

- Se deberán instalar termostatos cerca del retorno del aire de manera tal que se eviten las manipulaciones no autorizadas a los controles de fijación de temperatura.

2.5.2.2.2 Alarmas de Temperatura

- Todos los sitios deberán estar provistos de alarmas de baja y alta temperatura, las cuales deberán estar monitoreadas en todo momento.

5.5.2.5 Iluminación

- Se requerirá de un sistema que conste de iluminación fluorescente, garantizando que en el área de trabajo siempre exista 350 o más lúmenes.

- Se deben de instalar unidades de iluminación para reserva de emergencia, las cuales se deben activar inmediatamente con la pérdida de corriente AC convencional.

6. ALINEAMIENTO DE LAS ANTENAS, PROTOCOLOS DE PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA

6.1.1 Objetivo

Obtener la dirección de cada antena con el fin de obtener la máxima intensidad de señal recibida en cada extremo del enlace y establecer los protocolos y verificaciones necesarias para determinar la calidad y puesta en marcha del enlace.

6.1.2 Aplicación

6.1.2.1 Alineamiento de las antenas por medio de Voltaje RSSI del equipo Out-door

- Se requiere de un cable de interconexión el cual tendrá en un extremo un conector BNC para ser conectado al puerto RSSI de la unidad exterior y el otro extremo del cable dispondrá de dos terminales los cuales irán conectados a un multímetro. El multímetro será utilizado para medir el voltaje RSSI disponible en el conector BNC. Para alinear las antenas por medio del voltaje RSSI de la unidad Out-door se debe:

- Ambos extremos del enlace deben ser correctamente configurados y la ATPC [control automático de la potencia de transmisión] debe estar desactivado.
- Se debe de mantener el ángulo de elevación de las dos antenas en un estado horizontal y el haz de radiación de la antena apuntando hacia el sitio remoto del enlace.
- Se debe de conectar el extremo BNC del cable de alineamiento de la antena al puerto RSSI del equipo Out-Door y en su otro extremo al

multímetro. La antena de uno de los extremos se debe de mantener en su posición original, mientras se alinea la antena del extremo opuesto.

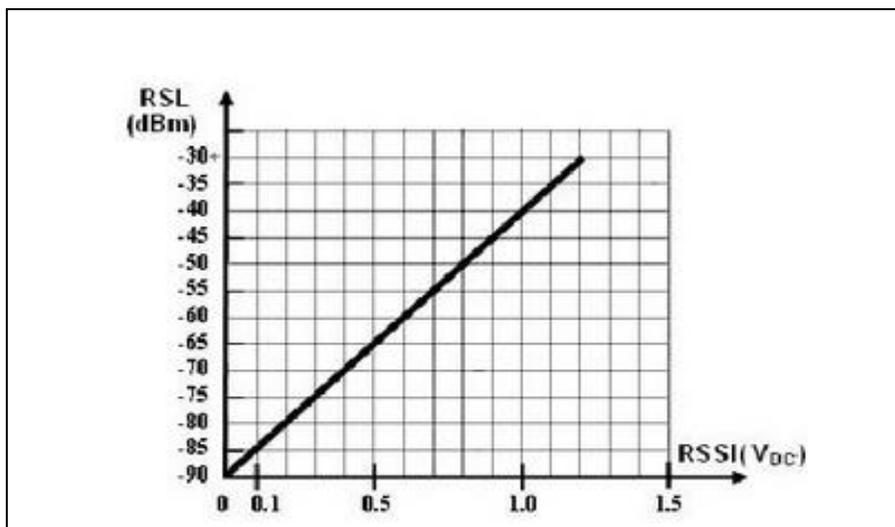
- A continuación se ajusta el azimut (ángulo horizontal) obtenido a través de los cálculos hecho por el programa de simulación PATHLOSS4.0 de la antena que se está alineando, hasta que el voltaje medido en el multímetro alcance un máximo absoluto (es probable que se encuentre otros máximos menores). Una vez obtenido este valor se debe asegurar la posición apretando la tuerca que fija el azimut. Luego se procede a alinear la elevación de la antena (ángulo vertical), hasta que el voltaje obtenido en el multímetro muestre un valor máximo absoluto. Se debe de asegurar esta posición apretando la tuerca de elevación y la antena deberá permanecer en esta posición.
- Se debe de repetir el mismo proceso descrito anteriormente en el extremo opuesto del enlace hasta que el valor medido por el multímetro alcance un valor máximo.

- El método anterior puede ser repetido volviendo a reajustar el alineamiento de la primera antena y luego de la segunda antena, hasta alcanzar el valor calculado teóricamente del nivel de señal recibida y a través del programa de simulación PATHLOSS 4.0.

- Al concluir, se debe se asegurar las tuercas que fijan el azimut y ángulo de elevación de las antenas de cada extremo del enlace.

- Verificar y registrar la lectura de voltaje en cada extremo. La tensión RSSI medida por el multímetro proporciona una relación directa con el valor de señal recibida RSL (dbm). Este valor obtenido de señal recibida RSL

deberá ser cercano al valor obtenido teóricamente a través del programa de simulación PATHLOSS 4.0 y al obtenido en la ecuación de potencia de recepción. (Véase **Condiciones de Diseño**)



- Ambas antenas deben operar en el mismo lóbulo principal, ya que si operaran en el lóbulo secundario originaría menor ganancia de operación ocasión

- Es importante recordar que estos equipos de radio utilizados trabajan a frecuencias muy altas, por lo que el personal destinado a la manipulación de los mismos no deberán acercarse en la dirección que irradie la antena cuando el transmisor esté operando.

- Toda antena deberá ser instalada sólo por personal calificado, utilizando estructuras de soporte robustas y fijas en la intemperie y lejos de áreas ocupadas por personas.

- Se debe de garantizar que las antenas estén alineadas en el lóbulo principal y no uno lateral. Una vez que se obtiene una medida cercana a la esperada de deben hacer pequeños ajustes de alineación para obtener el lóbulo principal de radiación. Un movimiento de la antena a través del lóbulo principal se traduce en un aumento o caída rápido del nivel de la señal.

6.1.2.2 Protocolos de prueba y puesta en marcha

Las pruebas en sitio de puesta en servicio serán como mínimo aquellas que permitan comprobar la calidad del enlace microondas instalado y que el mismo opere de acuerdo a los niveles de calidad y confiabilidad exigidos.

- Se deberá hacer entrega de un informe el cual contendrá toda la información referente al protocolo de prueba usado previo la instalación de los equipos para su debida aprobación.

- Cualquier información adicional u omitida en la presente norma podrá ser obtenida en el estándar RFC 2544.

- Como mínimo se deberán realizar tres procedimientos fundamentales:

6.1.2.2.1 Prueba de nivel de señal

En todo sistema de comunicaciones Ethernet/IP es indispensable la verificación de los parámetros tradicionales, tales como el nivel de señal y frecuencia de operación.

6.1.2.2.2 Pruebas de conectividad

Se deber de verificar la conectividad de extremo a extremo, con el fin de confirmar el correcto aprovisionamiento de línea de base de la red realizando el envío de tramas.

6.1.2.2.3 Recomendación RFC 2544

- Las pruebas a realizar deberán basarse en la medición de los niveles de los parámetros exigidos de la RFC 2544, pudiendo ser de tipo: simétrico (cuando las velocidades de subida y bajada son las mismas) o asimétrico (cuando las velocidades de subida y bajada son diferentes).

- Quedará a criterio de La CONTRATISTA seleccionar el tipo de marca y modelo del probador a usar, siempre que sea capaz de realizar las mediciones de los parámetros establecidos por la RFC 2544.

- El probador de redes ETHERNET usado, especificará si las pruebas fueron aprobadas, con el fin de determinar la puesta en marcha del sistema. LA CONTRATISTA con ayuda del manual de operación del probador de redes ETHERNET a usar realizará la configuración del mismo con el fin de realizar la medición de los siguientes parámetros:

- Antes de probar el rendimiento en una red deberá verificarse la conectividad del camino de servicio que se aprovisionó entre el transmisor y receptor. Esto se logra a través de un VLAN específico del circuito de configuración, o mediante la realización de una prueba de ping en un enrutador de la red. Si los problemas de conectividad con el extremo existen, puede ser necesario verificar la ruta entre el origen y destino mediante la ejecución de un Traceroute.

6.1.2.2.3.1 Rendimiento (Throughput)

Es el primer parámetro a ser determinado con el fin de determinar que el circuito puede manejar el servicio para el que fue diseñado, entregando el rendimiento adecuado. Durante la instalación del servicio es necesario medir el rendimiento y verificar que la red puede ofrecer el ancho de banda esperado.

6.1.2.2.3.2 Pérdida de Tramas

Una vez determinado el rendimiento del enlace, el siguiente paso es la medición de la tasa de pérdidas de trama. Una prueba de pérdida de tramas determina la tasa de utilización de pérdidas de tramas en el sistema. La pérdida de tramas se origina cuando los paquetes que son enviados desde un extremo no se reciben en el otro extremo. La prueba se realiza mediante la generación de tráfico con el ancho de banda seleccionado a fin de verificar que el mismo no causa problemas en la ruta de red. La prueba toma en cuenta los taponamientos de la red y verifica que el tráfico no se pierda debido a problemas de congestión potencial en el servicio. Para calcular el porcentaje de pérdidas de trama se tiene:

$$\left[1 - \frac{\text{nro. tramas recibidas}(\text{destino})}{\text{nro. tramas enviadas}} \right] \times 100$$

6.1.2.2.3.3 Estado Latente (tiempo de ida y retorno del paquete)

Para determinar el promedio del retardo de ida y vuelta de la red, se llevan a cabo las pruebas de latencia utilizando un circuito de terminación en

un bucle de retorno. Durante esta prueba, el tráfico se genera y las mediciones se realizan continuamente en el tráfico recibido. Determinar la latencia del circuito al momento de instalación es un paso importante porque los datos capturados pueden ser necesarios como un punto de referencia para un posterior rendimiento de la red.

6.1.2.2.3.4 Espaciado entre paquetes (Jitter)

Permite la verificación de la variación de los retardos de las tramas.

- Es imperativo que el sistema que se diseñe cumpla con los requisitos de calidad de servicio para cumplir con las demandas exigidas. Esta opción significa la diferencia entre la satisfacción de los objetivos y lograr un servicio de calidad de servicio.

- El rendimiento del enlace medido deberá coincidir con el establecido al momento del diseño, algún valor menor supondrá un problema. En cuanto al resultado de la pérdida de paquetes, latencia y Jitter dependerá de la red bajo prueba o el acuerdo del nivel de servicio que se está midiendo. Algunos resultados estándar pueden ser:

- Pérdida de Tramas $<0,01\%$
- Latencia <16 ms en un enlace corto, <100 ms en un vínculo transcontinental y <550 ms en un enlace por satélite.
- Jitter de <20 ms cuando se lleva el tráfico VoIP.

6.1.2.3 Metodología a llevar a cabo para las pruebas

Para realizar la medición del ancho de banda y la tasa de datos se utiliza el set de prueba de datos Ethernet, con los siguientes esquemas:

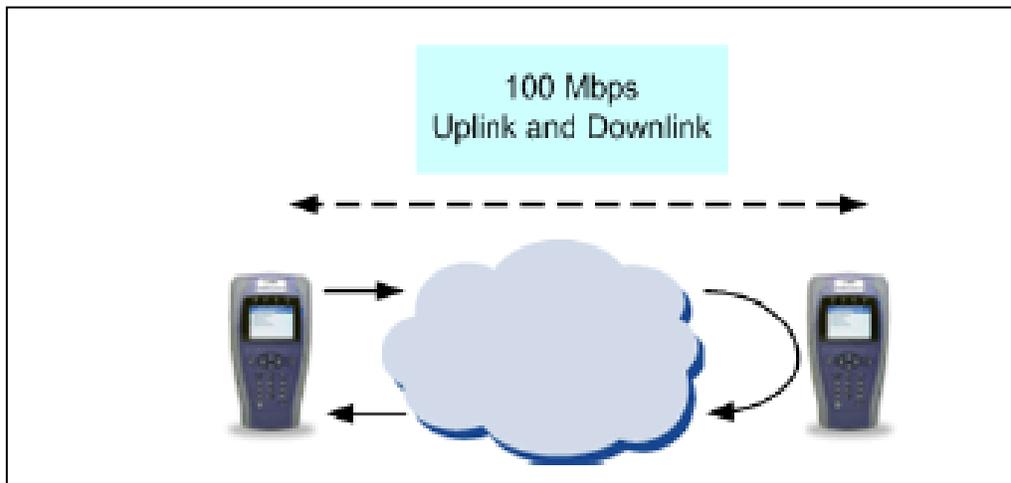


Figura: RFC 2544 simétrico

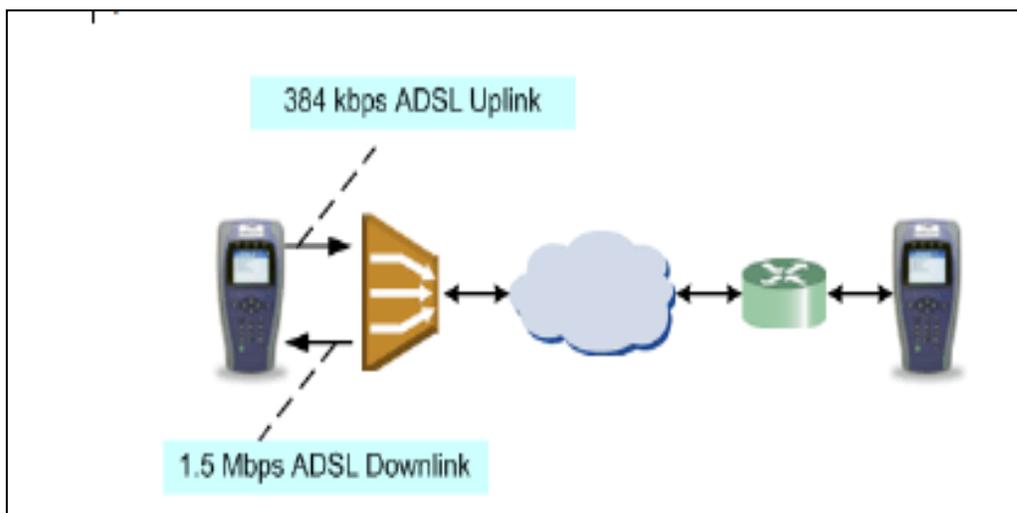
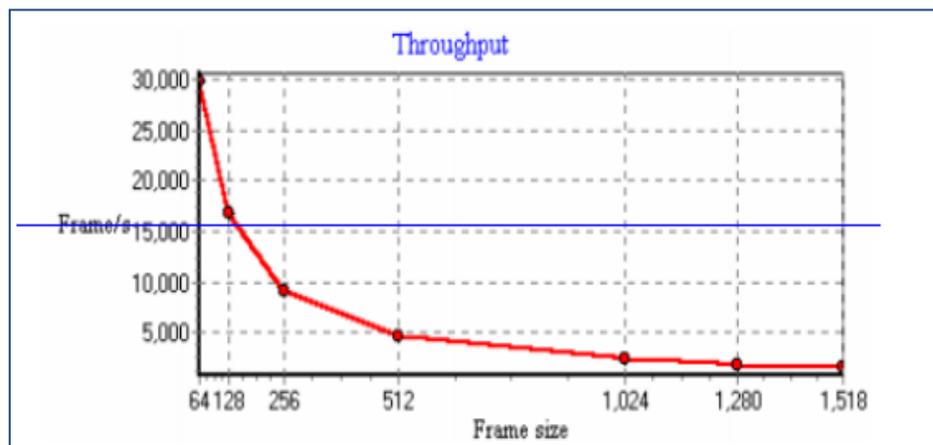


Ilustración 1: RFC 2544 asimétrico

El equipo de la izquierda genera el tráfico y toma la medición buscada en Mbps, mientras que el equipo de la derecha retorna la data generada. Es suficiente con que la prueba se realice en un solo lado.

Este estándar permitirá obtener los cuatro parámetros: rendimiento o ancho de banda (throughput), pérdida de tramas (frame loss), tiempo de envío y retorno del paquete (Round Trip Delay) y el espaciado de paquetes (jitter).

- Se envía un número específico de tramas a una tasa específica, para luego contar las tramas que fueron transmitidas. Si la cantidad de tramas recibidas es menor a la cantidad de tramas correctamente recibidas, la tasa de flujo enviado se reduce y se reduce la prueba. El rendimiento será la tasa más veloz en la cual el número de tramas transmitidas es igual al número de tramas de prueba enviadas por el emisor.
- El rendimiento se reporta en forma de gráfica donde la coordenada x será el tamaño de la trama y la coordenada y=la tasa de transmisión de las tramas, y se debe graficar tanto los valores teóricos como los valores obtenidos en la prueba.

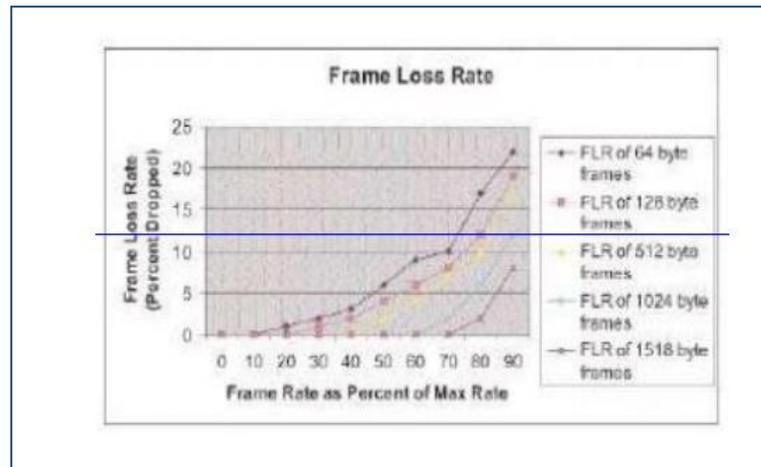


- Una vez determinado el rendimiento del sistema para cada uno de los largos de trama se envía un flujo de datos de un tamaño particular de trama a través del enlace al rendimiento que se determinó anteriormente, hacia un destino específico. El flujo deberá ser de por lo menos 120 segundos de duración. Un marcador (tag) deberá ser incluido dentro de una trama luego de los 60 segundos. El tiempo en el cual esta trama es completamente transmitida se graba (marcando el tiempo A). La lógica del receptor en el equipo de prueba debe reconocer este marcador en el flujo de datos y grabar el tiempo en el cual esta trama es recibida (marca de tiempo B). La latencia es la resta de las marcas de tiempo B y A. Esta prueba debe repetirse por lo menos 20 veces y presentando los resultados en forma de tabla con una columna para cada tipo de tamaño de trama, como la que se presenta a continuación:

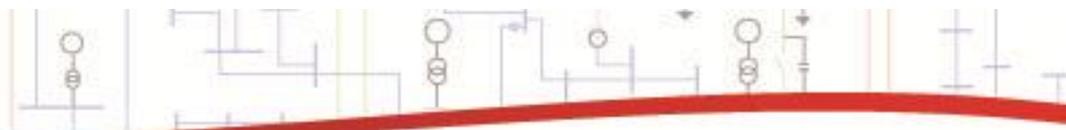
Largo de trama (bytes)	Tramas por segundo (FPS)	Store & Forward Latency (us)
64	13000	450
128	8200	480
256	4500	502
512	2349	562
1024	1197	658
1280	958	704
1518	812	775

- La prueba de pérdidas de tramas se realiza mediante la generación de tráfico con el ancho de banda seleccionado a fin de verificar que el mismo no causa problemas en la ruta de red. La prueba toma en cuenta los taponamientos de la red y verifica que el tráfico no se pierda debido a problemas de congestión potencial en el servicio. Se envía un número específico de tramas a una tasa definida a través del enlace y se cuentan cuantas tramas son transmitidas. La primera prueba se realiza para la tasa de tramas que corresponde al 100% de la máxima tasa del medio de entrada, para cada tamaño de trama. A continuación se repite el procedimiento para la tasa que corresponde al 90% del máximo utilizado y luego para el 80% de esta tasa. Esta secuencia

continuará (reduciendo en intervalos del 10%) hasta que tengan dos pruebas exitosas en las cuales no se encuentren tramas perdidas. Los resultados se presentan en forma de gráfica, donde el eje de las X será la tasa de tramas de entrada, como un porcentaje de la tasa teórica para el medio, a un tamaño específico de trama, y el eje de las Y el porcentaje de pérdidas de tramas para una tasa específica de entrada, como la que se presenta a continuación:



- Para la medición de los espaciados entre los paquetes o Jitter , se envían ráfagas de tramas con el mínimo tiempo entre tramas posible. Se efectuar la prueba hasta que el número de tramas recibidas sea el mismo que el número de tramas enviadas, reduciendo para ello el tamaño de la trama. El “back-to-back” será el número de tramas que se pudieron enviar completamente en ráfaga con un tiempo mínimo entre tramas y un tamaño de trama específico. La prueba debe ser de al menos 2 segundos y hacerse al menos 50 veces para cada tamaño de trama. Los resultados se presentan en forma de tabla con una columna para cada tamaño de trama que se probó, como la que se presenta a continuación:



Largo de tramas (bytes)	Cantidad de tramas
64	37200
128	21112
256	11320
512	5872
1024	2992
1280	2395
1518	2030

6.1.2.4 Pruebas de medición durante la activación del servicio

6.1.2.4.1 Pruebas de campo portátil

La verificación de la calidad de servicio de la red deberá iniciarse durante la instalación y puesta en servicio, se debe certificar que la red es capaz de cumplir con todos los parámetros una vez que el servicio esté activo. Se pueden utilizar equipos de prueba portátil configurados tal para interconectarse con una sonda desplegada que permiten a los proveedores lograr resultados consistentes y precisos con una inversión mínima de recursos ya que los técnicos no necesitarán llevar múltiples instrumentos para llevar a cabo su trabajo.

6.1.2.4.2 Pruebas Centralizadas

Una prueba centralizada y la estrategia de gestión son claves para apoyar las distintas necesidades en base al rápido crecimiento y mantener una red capaz de fiabilidad, de manera que el sistema sea capaz de brindar una entrega de servicios que cumpla con los estrictos acuerdos de calidad de servicio. Los requisitos fundamentales son la estrategia para brindar calidad de servicio son el seguimiento y consolidación de datos. En última instancia, el sistema debe examinar el tráfico de clientes, recoger, capturar y acceder a datos desde múltiples puntos de la red, y aislar los fallos.

6.1.2.4.3 Verificación de alimentación DC de los equipos

Se deberá tomar medida del voltaje DC de los equipos instalados la cual deberá ser de -48VDC. Se permitirá un margen de error que dependerá de las características del fabricante del equipo instalado.

6.1.2.4.4 Verificación de las alarmas de temperatura

Cambiar el umbral de temperatura a un valor por debajo de la temperatura medida y verificar la activación de la alarma.

6.1.2.4.5 Verificación de los Switches

Se deberán verificar los componentes del modelo de Switch implementado, llenando los cuadros que se anexan a continuación, donde se deberá anexar a todos los informes hechos durante la implementación del proyecto.

Tarjeta o Modulo	Número de tarjeta o modulo	Número de serie
Fuente de poder AC Switch		
Fuente de poder DC Switch		
Switch Gigabit ETHERNET		

-Se deberá tomar información general de la configuración del equipo

Modelo		
--------	--	--

Número de serie		
Dirección Ip de la VLAN interface por defecto		
Máscara		

7. MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN

7.1 Objetivo

Establecer las condiciones del mantenimiento de los enlaces microondas de CORPOELEC, con el fin de garantizar la calidad del sistema y la vida útil de los equipos.

7.2 Aplicación

7.2.1 Cableado

- Se deberá revisar anualmente el estado de todo el cableado existente en la instalación, detallando cualquier maltrato en el mismo para realizar la sustitución del cable a fin de evitar los empalmes.

7.2.2 Sistema de escalerillas portacables

- Se deberá comprobar el aterramiento del sistema de escalerilla, verificando:

- Conexiones
- Existencia de corrosión
- Especificaciones de los cables de puesta a tierra

- Se deberá de verificar el estado de los tornillos que sujetan al sistema de escalerillas portacables y las uniones para pegar dos tramos de escalerilla, con el fin de evitar el colapso o desnivel del mismo.

- Se deberá mantener el sistema de escalerilla libre de polvo con el fin de evitar acumulación de sucio y basura en el mismo.

7.2.3 Sistema de Aterramiento

- Se deberá realizar un chequeo regular de las conexiones de los equipos a los diferentes puntos del sistema.

- Se debe de verificar y reemplazar todos los terminales dañados, apretando los tornillos que puedan aflojarse y sustituyendo los conectores que así lo requieran.

- En caso de detectarse conductores deteriorados u oxidados los mismos deberán ser reemplazados por no garantizar una buena conducción.

- El sistema de pararrayos también deberán ser chequeados al menos un vez cada dos años. Si el sistema se ve afectado por la corrosión, se deberá reemplazar los tramos de conductor, conectores y puntas Franklin que puedan estar dañadas.

- Se deberá realizar revisiones de las mediciones de la resistencia del suelo seis meses después de la instalación y posteriormente doce meses después, registrando todas las medidas tomadas, reportándose en caso de tomar alguna medida mayor a los cinco (5) ohm.

- Se deberán inspeccionar anualmente el estado físico de los electrodos o barras a tierra del anillo exterior.

7.2.4 Torres de comunicaciones

- Se deberá realizar una evaluación completa del estado en el cual se encuentra la torre donde se verifiquen los siguientes aspectos:

- Se deben inspeccionar los miembros que conforman la estructura de la torre con el fin de verificar los siguientes detalles:
 - Miembros flexionados o doblados debido a cargas o acciones externas.
 - Miembros flojos.
 - Miembros faltantes.
 - Accesorios para ascenso, plataformas, escalerillas portacables.
 - Pernos flojos, aislados y/o faltantes.

- Se deberá hacer una inspección aleatoria de miembros, en caso de presentarse alguno de los aspectos antes mencionados se deberá realizar una inspección detallada de toda la torre a fin de determinar la ubicación de estos elementos.

- Se deberá verificar el acabado general de la torre, comprobando:
 - Estado de la pintura y/o galvanizado.
 - Presencia de herrumbre o corrosión

- Acumulación de agua en los miembros (condición que debe ser corregida, por ejemplo, destapando los orificios de drenaje, etc.
- Se deberá verificar el estado de los dispositivos de iluminación y señalamiento ubicados en la torre, entre los cuales se tienen:
 - Conductos, cajas de derivación y sujetadores protegidos contra las acciones climáticas y asegurados.
 - Drenajes.
 - Estado del cableado.
 - Controladores funcionando.
 - Señal de destellos.
 - Control fotoeléctrico.
 - Alarmas.
 - Lentes ópticos.
 - Estado de las bombillas.
 - Luces de obstrucción y balizaje.
- Se deberá comprobar el estado de las fundaciones de la torre, verificando:
 - Condiciones del suelo
 - Asentamientos o movimientos

- Erosión
- Estado del área donde se encuentra ubicada la torre (acumulación de agua, drenaje, árboles, etc.)
- Estado de la base

-Se deberá verificar la alineación de la torre, corroborando el control de las deformaciones de la torre y comparando con lo obtenido en los estudios de cargas de la torre ya existentes.

- Se deberá comprobar el estado de los herrajes de soporte de antenas y de las líneas de alimentación y transmisión, comprobando lo siguiente:

- Flexionados, rotos o con fisuras o flojos.
- Pernos flojos y/o faltantes
- Presencia de corrosión
- Estado de las cubiertas en antenas parabólicas (“radomes”)
- Se deberá comprobar el estado de las líneas de alimentación:
 - Suspensores y apoyos
 - Estado
 - Presencia de corrosión y/o sulfatación
 - Bridas y sellos
 - Abolladuras
 - Abrasiones

- Perforaciones
- Pérdidas

- El propietario deberá llevar a cabo el mantenimiento y la inspección de las torres y estructuras de soporte para antenas cada seis meses.

- Las torres ubicadas sobre terrazas ejercen sobre la estructura del edificio una enorme fuerza en diferentes direcciones; por tal motivo se requiere evaluar los puntos de apoyo, columnas y vigas de amarre, con el fin de garantizar la estabilidad del conjunto.

- Si se llega a presentar un movimiento sísmico, será necesario inspeccionar cada una de las torres en el área afectada, evaluada por ingenieros especializados para garantizar su completa estabilidad.

- Todas las torres y cualquier tipo de estructura que soportan antenas se deben analizar cada vez que se modifica su diseño original o las condiciones de carga operativas.

7.2.5 Casetas y salas de comunicaciones

- Se deberá realizar mantenimiento preventivo a todo el sistema de calefacción ventilación y aire acondicionado, incluyendo limpieza periódica, reemplazo de partes como filtros para asegurar la operatividad y confiabilidad de los equipos.

- Todo extintor instalado en la caseta o sala se deberá inspeccionar anualmente y documentarse.

- Se recomienda que al momento de realizarse la instalación de los equipos y requerimientos generales en el área de trabajo, se tome en cuenta la posible futura ampliación, con respecto a mantener una adecuada altura de los sistemas de escalerillas portacables, instalación de tomas corriente, etc.

- Se deberán de mantener las salas y casetas de comunicaciones libres de polvo, ya que incluso partículas pequeñas pueden producir un funcionamiento inadecuado y falla de los equipos.

- Se recomienda la construcción de un paso a la entrada de las casetas y salas de comunicaciones, con el fin de que el personal se pueda limpiar los pies, disminuyendo la cantidad de polvo o lodo que entra a la instalación.

- Se recomienda la instalación de ventiladores de desfogue o extractores sólo para casos de emergencia, para remover el calor excesivo acumulado en sitios donde el sistema de aire acondicionado esté inhabilitado o si se genera una falla del mismo.

- Se deberá hacer mantenimiento preventivo a los sistemas de aires acondicionados, alarmas e iluminación, con una compañía la cual esté autorizada para hacer dichos mantenimientos y reparaciones, realizando cambios de filtros, limpiezas, etc., para asegurar la operatividad del sistema durante horas pico de operación.

7.2.6 Recomendaciones Generales

- Se recomienda una inspección visual y física anual de todas las conexiones a los anillos de aterramiento (exterior e interior).

- Se recomienda que el punto de entrada del servicio eléctrico esté en el mismo lado de la ventana de aterramiento y la torre para dar una menor impedancia y conexión más efectiva de todos los conductores a tierra.

- Se recomienda que todos los equipos eléctricos instalados en exteriores se protejan contra el medio ambiente y estar adecuadamente sellados.

- Se recomienda la instalación de luces en las entradas y salidas, cerca de las puertas para facilitar la iluminación del personal que entre y salga de la edificación.

- Se recomienda realizar capacitaciones al personal de operación y mantenimiento sobre el uso adecuado de extintores y planes de propuesta contra incendios.

- Se recomienda que en toda instalación existan kits de primero auxilios, de manera de cumplir con las leyes de Salud y Seguridad.

- Brindar al personal de operación y mantenimiento capacitaciones de primeros auxilios.

- Se recomienda por razones de seguridad, mantenimiento y reparación de fallas, que exista en cada instalación sistemas de comunicaciones, que permitan la comunicación vía telefónica, la transferencia de información operacional de los equipos, etc. Además se recomienda que en toda instalación disponga de equipos de radio portátiles y vehículos de mantenimiento.

- En caso de pérdidas en los niveles de recepción de los enlaces, se recomienda revisar punto a punto cada parte del sistema tomando el siguiente orden:

- Verificación del alineamiento de las antenas.
- Comprobar si no existe falla en el funcionamiento de las antenas.

- Verificar las condiciones de los cables de unión de las antenas a los equipos de radio Out-Door, condiciones de los conectores (se encuentran sulfatados).
- Verificación a través de un computador los parámetros de las unidades Out-Door en un banco de prueba hecha en laboratorio, con el fin de comprobar el funcionamiento y conexión de las mismas.

8. ANEXOS

8.1 Manual programa de simulación PATHLOSS 4.0

PATHLOSS 4.0 es una herramienta completa para el diseño de radio enlaces punto a punto o punto-multipunto, que operan en la gama de frecuencia de 30 MHz a 100 GHz (VHF-SHF-UHF). Esta herramienta está formada por 9 módulos para el diseño del enlace y todas las condiciones asociadas al mismo.

PATHLOSS 4.0 facilita la realización de los cálculos de ingeniería para enlaces microondas, es una herramienta altamente utilizada debido a su precisión tanto de los cálculos como del trazado de los perfiles.

Al abrir el programa la primera pantalla que se despliega es el módulo RESUMEN:

Archivos Module Configure Equipo SDB Aplicación Reporte Ayuda			
Nombres de los Sitios	Sitio 1	Sitio 2	
Sigla			Código de Operador: 001
Código de Estación			Modelo de Radio
Estado / Provincia			Código
Código de Propietario			Designador de Emisor
Latitud			Distintivo
Longitud			Potencia de Transmisión (dBm)
Azimuth Verdadero (°)			Frecuencia (MHz): 7577.00
Distancia Calculada (km)			Polarización: Vertical
Distancia del Perfil (km)			Pérdidas de Espacio Libre (dB)
Datum: WGS 1984			PIRE (dBm)
Elevación (m)			Señal Recibida (dBm)
Altura de Torre (m)			Radio configuration
Altura de Antena de TR (m)	0.00	0.00	
Código			
Pérdidas TX (dB)	0.00	0.00	
Pérdidas RX (dB)	0.00	0.00	
Altura de Antena de DR (m)	0.00	0.00	
Código			
Pérdidas RX (dB)	0.00	0.00	

km-m | Microonda | TRDR-TRDR X

Como primer paso se debe de determinar el tipo de sistemas de coordenadas y DATUM a usar, seleccionando en la pestaña CONFIGURE la opción: **Configuración Geográfica**, donde se podrá establecer el tipo de

DATUM a utilizar. De acuerdo a especificaciones exigidas por el ente regulador CONATEL, se deberá seleccionar el DATUM WGS 1984, el cual se podrá visualizar al haber sido seleccionado en la ventana de inicialización del programa. Es importante verificar en el cuadro denominado como USE, que aparezca seleccionada la opción DATUM, de manera que al ingresar las coordenadas de los puntos, se pueda obtener el mapa de la región.

A continuación se debe seleccionar en la pestaña de CONFIGURE la opción TERRAIN DATABASE y seleccionar como primario el sistema de coordenadas SRTM, cumpliendo así con el tipo usado por parte de la empresa CORPOELEC.

8.1.1 Módulo Resumen

Se ingresan los nombres de los puntos a enlazar en NOMBRE DE LOS SITIOS, así como sus coordenadas geográficas (LATITUD y LONGITUD) y la frecuencia de trabajo en MHz, desplegándose inmediatamente la distancia entre los dos puntos y su ángulo azimut respectivo, se podrá observar las pérdidas por espacio libre expresadas en db.

Si el usuario desea comprobar teóricamente el valor de pérdidas por espacio libre calculado por el programa, puede realizarlo según la recomendación de la UIT-R P.525, la cual establece que para enlaces microondas punto a punto es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isótropas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre de la siguiente manera:

$$L = 20 \log(D) + 20 \log(f) + 32,4$$

Donde:

$$L = \text{Pérdidas por espacio libre expresada en db}$$

D = distancia del trayecto en Km

f = frecuencia en MHz

8.1.2 Configuración de Antenas

Los análisis y cálculos del programa son basados en el tipo de configuración que se seleccione para las antenas. En la pestaña CONFIGURE, seleccionando la opción CONFIGURACIÓN DE ANTENAS, podrá seleccionar entre los diferentes tipos de antenas posibles a usar en enlaces microondas, entre ellos tenemos:

TR: La antena se utiliza para transmitir y recibir

TX: La antena se utiliza sólo para transmitir

RX: La antena se utiliza sólo para recibir

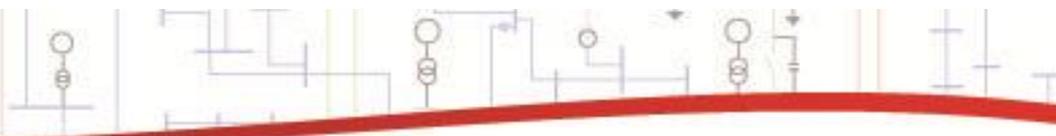
DR: La antena se utiliza sólo para recibir en la configuración de diversidad de espacio

TH: La antena se utiliza para transmitir y recibir en una configuración de diversidad híbrida

Estos tipos de antenas se pueden combinar de las siguientes formas, de manera de seleccionar el tipo de configuración deseada para el radioenlace:

TR-TR	Una sola antena es usada en cada sitio para transmitir y recibir
-------	--

TRDR-TRDR	Dos antenas son instaladas en cada sitio, una para transmitir y recibir (TR) y la otra para diversidad de espacio (DR)
TXXR-TXXR	Dos antenas son instaladas en cada sitio, una para transmitir (TX) y otra para recibir (RX).
TXXDR-TXXDR	Tres antenas son instaladas en cada sitio, una para transmitir (TX), otra para recibir (RX) y otra para diversidad de espacio (DR).
TR-TRTH/TRTH-TR	Representa un tipo de configuración híbrida en la que se aplica diversidad de frecuencias en ambos sentidos y diversidad de espacio en un extremo del trayecto. Cuando se deja de aplicar diversidad de espacio, ambas antenas (TR Y TH) transmiten un par de las frecuencias.
TX-RX/RX-TX	Se utiliza sólo una antena en cada punto, una para transmitir (TX) y la otra para recibir (RX).
TX-RXDR/RXDR-TX	Se transmite en un solo lado del trayecto y en el otro se recibe



	con diversidad de espacio o viceversa.
--	--

8.1.3 Altura de las antenas

En la pestaña CONFIGURE, seleccionando esta opción, se establece la altura de las antenas para el estudio del enlace microondas, incluye todas las antenas que conformarán el enlace incluyendo las de diversidad de espacio en caso de aplicar. Se debe de asegurar que la altura en las que se colocarán las antenas proporcione LDV en el enlace.

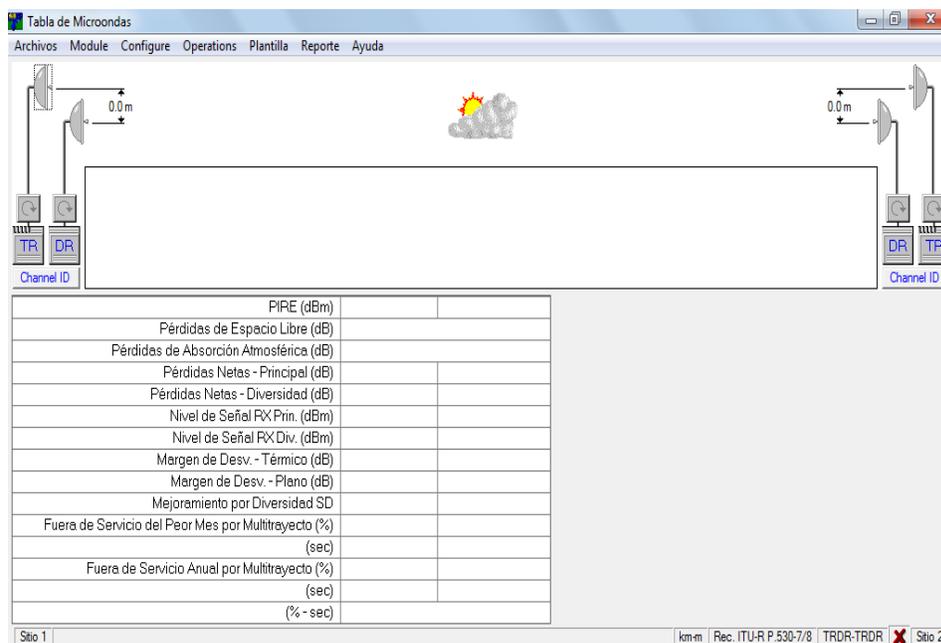
En esta opción además se puede establecer la altura de la torre a utilizar y además el programa establece la altura mínima a la que se debe de colocar la antena para brindar LDV, todas estas alturas son expresadas en metros.

8.1.4 Módulo datos del terreno

Seleccionando esta opción se observa un cuadro de los datos de las diferentes alturas las alturas del trayecto. A continuación en la pestaña de OPERACIONES podrá seleccionar la opción de GENERAR PERFIL, obteniendo así el mapa topográfico del enlace.

Al generar el perfil se pueden presentar problemas al graficar los puntos del mismo, se debe de tomar en cuenta que el programa tiene un máximo de puntos a graficar, por esta razón se debe de elegir adecuadamente este valor, en función de la distancia de cada enlace.

8.1.5 Modulo Tabla de Cálculo



Esta ventana brinda la posibilidad al usuario de ingresar y modificar los datos de cada uno de los elementos que conforman el enlace microondas, desde los equipos de radio, antenas, cable, channel ID, duplexores, etc, así como también luego de ingresar todos los datos mencionados anteriormente obtener la tabla con los valores del enlace microondas de manera de poder realizar el estudio de factibilidad.

Una vez obtenido las pérdidas por espacio libre del enlace (calculadas por el programa), y con ayuda de los datos obtenidos a través de los datasheets de los equipos a usar, se debe de calcular el nivel de potencia recibida, para comprobar que el nivel hallado es capaz de sensibilizar al receptor de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante, así como también se deberá realizar el cálculo del Margen de Desvanecimiento, el cual estará expresado en db., mediante las siguientes ecuaciones:

$$P_{TX}(dbm) - L_{cableTx}(db) + G_{TX}(dbi) - L_{espaciolibre}(db) + G_{RX}(dbi) - L_{cableRx}(db) = P_{RX}(dbm)$$

Donde:

P_{TX} = Potencia de transmisión

$L_{cableTx}$ = Pérdidas del cable del transmisor

G_{TX} = Ganancia de la antena transmisora

G_{RX} = Ganancia de la antena receptora

$L_{cableRx}$ = Pérdidas del cable del receptor

Además de las pérdidas mencionadas se suman las pérdidas misceláneas que corresponden generalmente a los 3db.

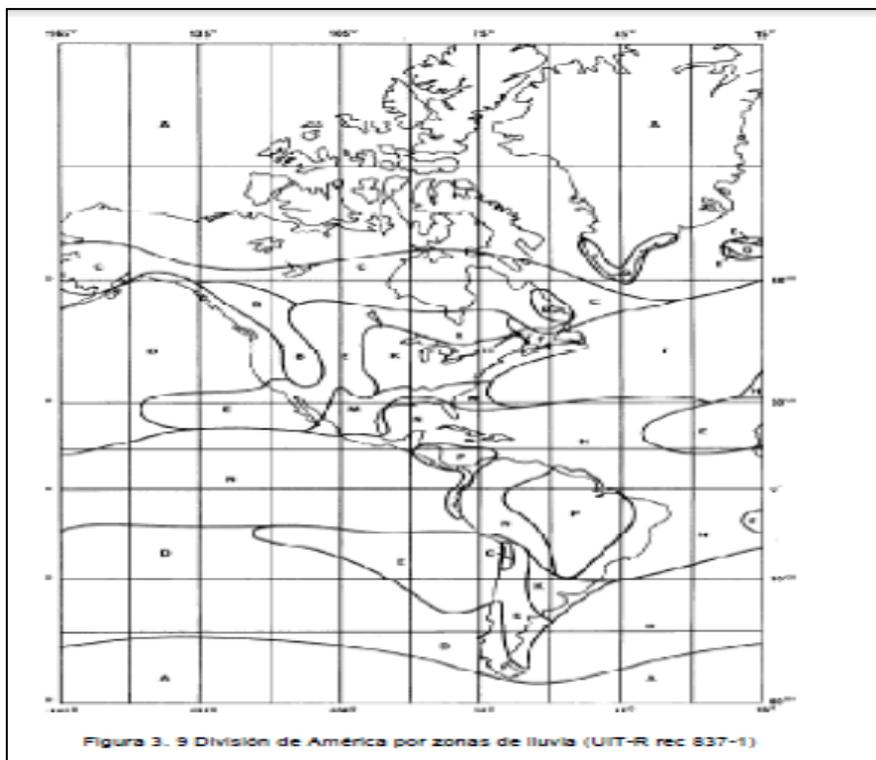
Se podrá obtener así el margen de desvanecimiento del trayecto, expresado en db de la siguiente manera.

$$Md = P_{RX} - S_{RX}$$

Una vez obtenidos estos datos deberán ser ingresados en la tabla visible, para que el programa sea capaz de realizar el reporte del enlace.

Los valores obtenidos en el programa de simulación podrán ser verificados mediante los procesos matemáticos descritos en la presente norma (Véase **CONDICIONES DE DISEÑO**), a fin de realizar los cálculos teóricos de las pérdidas que puede sufrir un enlace, para así poder obtener un estudio más eficaz del trayecto.

A continuación, se deberá hacer click en el SOL que se observa en la pantalla de la Tabla de Calculo, para cargar los archivos de precipitación según la región donde se está realizando el estudio del enlace microondas. Existen diversas zonas que el programa tiene registrado según acuerdos de la UIT, como se muestra en la siguiente figura:



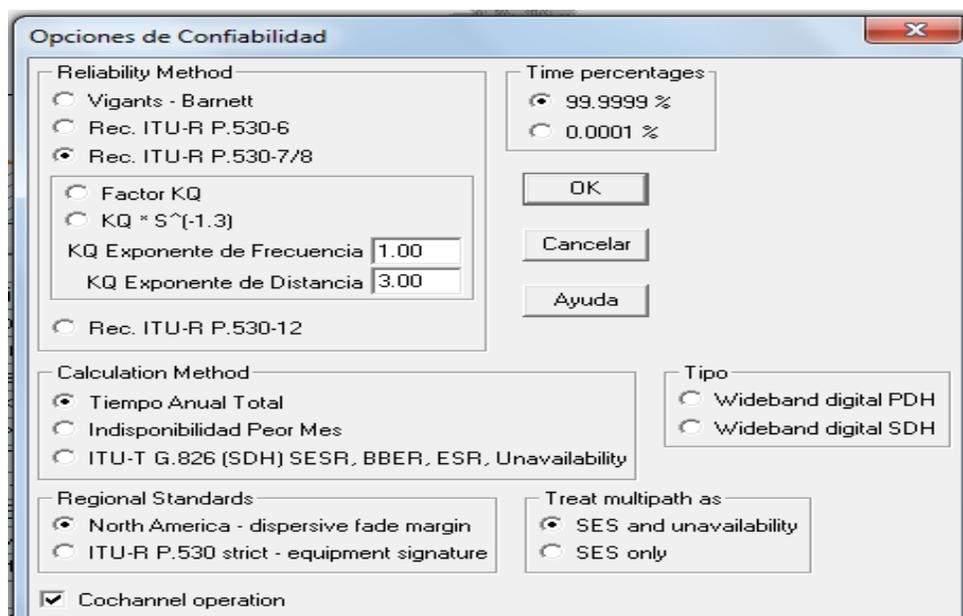
Se puede observar que para el caso de Venezuela correspondería a la región N

8.1.6 Operación Co-Canal

Permite duplicar de manera efectiva la capacidad del canal, transmitiendo de manera simultánea a una misma frecuencia en polarización horizontal y vertical. Para seleccionar esta opción, se debe ubicar en la

pantalla de TABLA DE CÁLCULO, seleccionando en la pestaña de OPERACIONES la opción de CONFIABILIDAD (Reliability Methods), donde deberá activar la casilla COCHANNEL OPERATION.

Se debe de tener en cuenta que para aplicar la operación co-canal, se debe de trabajar con antenas de tipo de polarización DUAL.



A continuación se deberá seleccionar el recuadro CHANNEL ID, el cual aparece en la tabla de cálculo, para seleccionar los canales en los que se va a trabajar, escogiendo un canal en polarización horizontal y vertical con una frecuencia, y el otro canal de igual manera en polarización vertical y horizontal con otra frecuencia.

TX Channels										
OK Cancelar Tablas Ayuda										
Despacho Valera TX						Cerro Escuque TX				
	Ch ID	TX (MHz)	ATPC	Pwr.rd.	Pol	Ch ID	TX (MHz)	ATPC	Pwr.rd.	Pol
1	2	7470.0000			V	4	7624.0000			V
2	2	7470.0000			H	4	7624.0000			H
3					V					V
4					V					V
5					V					V
6					V					V
7					V					V
8					V					V
9					V					V
10					V					V
11					V					V
12					V					V

Cerro Escuque Channel ID 2 :

Es importante que para la selección de los canales, según la banda de frecuencia en la que se esté trabajando, como primera instancia coordinar con el ente regulador la aplicación de espectrometrías en los enlaces y bandas requeridas, con el fin de realizar el estudio de disponibilidad de las bandas de frecuencias y canales solicitados a CONATEL.

Posteriormente se deberán introducir los datos de los equipos de radio a usar para realizar el estudio del enlace microondas, en caso de aplicar diversidad de espacio se introducirán los datos de los equipos de radio TR (equipo asociado a la antena que recibe y transmite) y DR (equipo asociado a la antena de diversidad de espacio). En caso de no aplicar diversidad de espacio, sólo se llenarán los datos del equipo asociado a la antena que recibe y transmite (TR). En caso de que se utilicen diferentes antenas para transmitir y recibir, en el cuadro TX se introducirán los datos del equipo de radio asociado a la antena que transmite y en RX los datos del equipo de radio asociado a la antena que recibe.

A continuación seleccionando en el cable que conecta a la antena con el equipo de radio, el usuario introducirá: las pérdidas de los conectores usados, las pérdidas del cable usado expresadas en db/m y la longitud del

cable a usar, es recomendable que por cuestiones de estudio, ésta longitud de cable usada sea mayor a la realmente necesitada por cuestiones de flexibilidad y error. Automáticamente el programa realizará el cálculo de las pérdidas debido a la longitud del cable a usar.

La característica más importante de las antenas a usar es su Ganancia, y ésta depende del diámetro de la misma. Los datasheets de las antenas muestran este valor expresado en dbi o en dbd, por lo que existe una ecuación capaz de relacionar esta ganancia de acuerdo a cómo esté expresada.

$$G(dbi) = G(dbd) + 2,14$$

Seleccionando en la TABLA DE CALCULO las antenas, aparecerá un recuadro, donde el usuario deberá ingresar todos los datos de las antenas a usar, tales como: modelo, diámetro, altura, ganancia, etc.

Una vez introducido todos estos datos, el programa de simulación PATHLOSS 4.0, mostrará la tabla de cálculo con los datos del enlace, verificando así que se cumplan con los parámetros establecidos: como disponibilidad del enlace, margen de desvanecimientos, nivel de señal recibida, entre otros.

En la pestaña de Reporte el usuario podrá elegir el tipo de Reporte deseado: FULL o corto, donde se muestra así toda la información requerida del enlace.

A continuación el usuario podrá seleccionar la opción de imprimir Perfil, en la pestaña de CONFIGURACIÓN, seleccionando la opción IMPRIMIR PERFIL, donde constatará la existencia de LDV en el enlace aplicando los criterios de despeje de la zonas de Fresnel.

8.2 Permiso de consignación

CORPOELEC		PLANILLA DE PERMISO DE CONSIGNACION					
CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL		1. N° DCR		2. N° DCN		3. N° SOT	
				0408		COM-001	
4 - SITIO DE TRABAJO: <i>130</i> Acarigua II 445 kV - sala de mando <i>HF.</i>							
5 - TRABAJO A EFECTUAR Configuración y puesta en servicio de enlace de onda portadora digital Acarigua II - Turen II							
6 - SOLICITADO POR JOSE TERAN		7 - UNIDAD ORGANIZATIVA TRANSMISION PORTUGUESA		8 - FECHA Y HORA DE ESTA SOLICITUD 31/01/2013 13:20			
9 - FECHA Y HORA REQUERIDA 05 al 07/02/2013 7:30		10 - TIEMPO REQUERIDO 11 H		11 - EN CASO DE EMERGENCIA ¿INSTALACION Y SERVICIO POSTORA DISPONIBLE DESPUES DE HABER SIDO REQUERIDO POR EL DESPACHO EN			12 - CONSECUENCIA PARA EL SISTEMA Sin consecuencia
13 - PERMISO ANCLADO POR:		14 - CAUSA:					
15 - JEFE DE CONSIGNACION / # TELEFONO Edesio cardenas / 0426-5462255				16 - JEFE DE TRABAJOS Freddy Rodriguez		17 - DESPACHADOR Andrés Vicente	
18 - PERMISO TRANSFERIDO A:		FECHA:	HORA:	TRANSFERIDO POR:		DESPACHADOR:	
19 - PERMISO DIFERIDO POR:		FECHA:	HORA:	MOTIVO:		DESPACHADOR:	
20 - MEDIDAS DE BLOQUEO Y SEGURIDAD							
<input type="checkbox"/> COLOCAR TARJETAS DE CONSIGNACION EN MANDOS AFECTADOS <input type="checkbox"/> COLOCAR PUESTAS A TIERRA <input type="checkbox"/> DELIMITAR AREA DE TRABAJO <input type="checkbox"/> CORTOCIRCUITAR TC <input type="checkbox"/> BLOQUEAR ORDEN DE DISPARO <input type="checkbox"/> DESCONECTAR TRAMO DE C.C. <input type="checkbox"/> BLOQUEAR MANDO DE SECC <input type="checkbox"/> BLOQUEAR MANDO DE DISYUNTOR <input type="checkbox"/> DESCONECTAR REENGANCHES <input type="checkbox"/> OTRA, ESPECIFIQUE: CHIARA TECNICA							
21 - APROBADO POR:		FECHA:		HORA:			
22 - FECHA Y HORA CONCEDIDA:		23 - TIEMPO CONCEDIDO:		24 - CAUSA DE ESTA REPRODUCCION:			
25 - PARTICIPADO A:		NOMBRE:		FECHA:		HORA:	
GENERACION							
TRANSMISION							
PROTECCION Y MEDICION							
INGENIERIA							
COMUNICACIONES							
SEGURIDAD							
OTROS							
26 - APERTURA:		HORA:		28 - CIERRE:		HORA:	
BLOQUEO AUTORIZADO				DEVUELTO POR JEFE DE TRABAJOS			
BLOQUEO VERIFICADO				DEVUELTO AL DESPACHADOR			
PUESTA EN SEGURIDAD (M.S.01)				DESBLUQUEO AUTORIZADO			
ENTREGADO EN CONSIGNACION				DESBLUQUEO VERIFICADO (M.S.01)			
ENTREGADO AL JEFE DE TRABAJOS				NORMALIZADO			
19 - PERMISO ABIERTO POR:		FECHA:	HORA:	19 - PERMISO CERRADO POR:		FECHA:	HORA:
30 - APERTURAS Y CIERRES DIARIOS		APERTURA		DESPACHADOR		CIERRE	
DESPACHADOR		DESPACHADOR		DESPACHADOR		DESPACHADOR	
REGIONAL	NACIONAL	FECHA	HORA	REGIONAL	NACIONAL	FECHA	HORA
31 - OBSERVACIONES: <i>Velocidad de trabajo 24/25.</i>							
Energía para Venezuela							

 CORPOELEC CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL		SOLICITUD / ORDEN DE TRABAJO			1 NUMERO COM-001		
					1 FECHA 25/02/13		
3 CODIGO DEL EQUIPO		4 DESCRIPCION DEL EQUIPO - INSTALACION Acarigua II 115 kV - sala de mando					
		0					
5 CENTRO DE COSTOS		Acarigua II 115 kV - sala de mando					
6 DESCRIPCION DEL TRABAJO: Configuración y puesta en servicio de enlace de onda portadora digital Acarigua II - Turen II							
7 REPORTES DE INSPECCION				8 RUTINA TIPO:			
9 TIPO: PREVENTIVO CORRECTIVO MEJORAS x		10 SITIO DE TRABAJO CAMPO SALA DE MANDO X		12 PRIORIDAD: RUTINA x URGENCIA EMERGENCIA			
13 FECHA REQUERIDA 05 al 07/02/2013							
MATERIALES							
14 CODIGO	15 DESCRIPCION			16 UND	17 PLAN	18 REAL	
MANO DE OBRA PLANIFICADA							
NIVEL 0		NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3	
HORAS	HOMB	HORAS	HOMB	HORAS	HOMB	HORAS	HOMB
11		11		11		11	1
!!Energia para Venezuela!!							

CORPOELEC CORPORACION ELÉCTRICA NACIONAL		SOLICITUD / ORDEN DE TRABAJO				
21 UNIDAD SOLICITANTE ATIT PORTUGUESA	22 ESTRUCTURA 18121 - 4000	23 SOLICITANTE Edesio Cardenas				
24 FECHA DE REGISTRO 31/02/2013	25 FECHA PROG. 05 AL 07/02/2013	26 FECHA DE EJECUCION ____ / ____ / ____				
27 PERMISO DE CONSIGNACION 0		28 EQUIPO DISPONIBLE PARA OPERACION SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>				
29 OTRAS SOT.s						
30 JEFE DE CONSIGNACION Edesio cardenas / 0426-5462255		31 JEFE DE TRABAJOS Fredy Rodriguez		32 SUPERVISOR DE TRABAJOS ---		
33 DIFICULTADES ENCONTRADAS/ SUGERENCIAS:						
34 FIRMA JEFE DE TRABAJOS		35 FIRMA SUPERVISOR		36 FIRMA JEFE DE UNIDAD		
37 COMENTARIOS DEL JEFE DE UNIDAD			38 COMENTARIOS DPTO. DE ASISTENCIA TECNICA			
MANO DE OBRA UTILIZADA						
TIEMPO DE VIAJE:		39 H / NORMAL	40 H / EXTRA	43 HORAS		44 VIATICOS
41 CODIGO	42 APELLIDOS Y NOMBRES	HN.	HSTD	HSTN	TC	TL
!!Energía para Venezuela!!						

8.3 Permiso de gestión y acceso

República Bolivariana de Venezuela

Ministerio del Poder Popular para la Defensa

Comando Estratégico Operacional

Dirección de Comunicación de la F.A.B.

Caracas, XX de mes de año

Solicitud de permisos de Acceso a las estaciones del SICODENA

Por medio de la presente, se solicita el permiso de acceso a la Estación _____ del SICODENA, desde: ____ de ____ hasta ____ de ____ de ____.

1.- Ente Solicitante: UNIDAD DE INTEGRACION DE LA RED DE TRANSPORTE DE CADAFE- CORPOELEC.3

2.- Motivo: Misión a ejecutar

3.- Descripción del equipo de trabajo:

a) Personal:

	APELLIDOS Y NOMBRES	Cedula de Identidad	COMPañÍA

b) Vehículos:

Nro.	VEHICULO	MODELO	PLACA	COMPañÍA

4.- Autoridad Solicitante: _____

Ing. Humberto Cabrera

5.- Autoridades revisoras: _____

Cnel. Antonio Rafael Gutiérrez Campos

Jefe del SICODENA

6.- Autoridad que concede el Permiso: _____

GB. Darío Barboza Gomez

Director de DICOFAB

8.4 Formato SITE SURVEY SITIO

DATOS GENERALES				
Nombre de la estación				
Dirección				
Coordenadas	LATTITUD (WGS84)			
	LONGITUD (WGS84)			
	ASNM (metros)			
Persona de contacto				
Propiedad				
Vialidad				
Seguridad y Acceso				
Descripción de la estación				
INFRAESTRUCTURA				
ÁREA	DESCRIPCIÓN	DATOS DEL LEVANTAMIENTO		
Torre de Comunicaciones	Datos de la placa de identificación			
	TIPO (Autosoportada, Mástil ó Tripode)			
	Altura (metros)			
	Condiciones de la Torre			
	Disponibilidad de espacio en la torre			
	Requerimiento de instalación de torre			
	Disponibilidad de espacio físico para la instalación			
	Condiciones de escalerilla externa (portacables)			
	Estado de tornillería			
	Estado de los ángulos			
	Existencia de Punta Franklin			
	Existencia de luz de balizaje			
	Existencia de barra MGB			
	Cantidad de barras MGB existentes			
	Condiciones del cable de tierra			
	Condiciones de la pintura			
	FUNDACIONES		CONCRETO VISIBLE	
			PLANCHAS DE ANCLAJES	
	CONDICIONES DEL ÁREA (PIEDRA PICADA, CEMENTO U OTRO)			
	CONDICIONES DE LAS FUNDACIONES (DE SER VISIBLES)			
DISPONIBILIDAD DE ESPACIO EN ESCALERILLAS				
Existencia de anillo de aterramiento				
Condiciones de anillo de aterramiento				
Escalerilla de acceso (externa)		CONDICIONES		
		Disponibilidad de espacio		
Escalerilla interna		CONDICIONES		
		Disponibilidad de espacio		
Escalerilla vertical		CONDICIONES		
		Disponibilidad de espacio		
REVESTIMIENTO EN PARED		TIPO (FRISO LISO, SALPICADO, CORRUGADO, BALDOSA, ETC)		
		DIMENSIONES		
		CONDICIONES		
PINTURA GENERAL EXTERIOR		DIMENSIONES		
		CONDICIONES		
PINTURA GENERAL INTERIOR		DIMENSIONES		
		CONDICIONES		
VENTANAS		DIMENSIONES		
		CONDICIONES		
		OBSERVACIONES		
PUERTAS		DIMENSIONES		
		CONDICIONES		
		OBSERVACIONES		
Seguridad de acceso a la caseta o la de comunicaciones		TIPO		
		CONDICIONES		
Canalización				
Disponibilidad Física				
Existencia de sistema de alimentación				
Disponibilidad de breakers en el sistema de alimentación				
Definir canalización entre equipo de alimentación-equipo de comunicación				
Existencia de barra MGB				
Sistema de iluminación		Existencia		
		CONDICIONES		
Disponibilidad en el tablero de breakers				
Condiciones de sistema de aterramiento				
Existencia de equipo de refrigeración				
Caseta de Comunicaciones	REVESTIMIENTO EN PARED			
	CONDICIONES			
	PINTURA GENERAL EXTERIOR			
	CONDICIONES			
	PINTURA GENERAL INTERIOR			
	CONDICIONES			
	VENTANAS			
	CONDICIONES			
	OBSERVACIONES			
	PUERTAS			
	CONDICIONES			
	OBSERVACIONES			
	Seguridad de acceso a la caseta o la de comunicaciones			
	TIPO			
	CONDICIONES			

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	MALLA DE LA TORRE	TIPO	
		CONDICIONES	
	MALLA DE LA CASETA	TIPO	
		CONDICIONES	
	BARRAS DE CONEXIÓN A EQUIPOS	TIPO	
		CONDICIONES	
	SUPRESOR DE TRANSCIENTES	TIPO	
		CONDICIONES	
	ANILLO INTERNO DE SALA DE EQUIPO	TIPO	
		CONDICIONES	
VOLTAJE NEUTRO A TIERRA			
CORRIENTE DE FUGA A TIERRA			
OBSERVACIONES			
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	PARARRAYO	TIPO	
		CONDICIONES	
	CABLE CONDUCTOR	TIPO	
		CONDICIONES	
	AISLADORES	TIPO	
		CONDICIONES	
	SOPORTES	TIPO	
		CONDICIONES	
	CONEXIÓN A LA MALLA DE PUESTA A TIERRA	TIPO	
		CONDICIONES	
CONTADOR DE DESCARGAS	TIPO		
	CONDICIONES		
OBSERVACIONES			
SISTEMA DE ALARMA CONTRA INCENDIO	DETECTORES	CANTIDAD	
		CONDICIONES	
	EXTINTORES	CANTIDAD	
		CONDICIONES	
	LAMPARAS DE EMERGENCIA	CANTIDAD	
	CONDICIONES		
OBSERVACIONES			

8.5 Formato SITE SURVEY ENLACE

Elaborado : Aprobado		Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones		Nr - No : Fecha		Revision	
Proyecto							
Region:							
Enlace							
Longitud del enlace km							
LVD							
Sitio A :							
Direccion :							
Lat (WGS84): N							
Lon (WGS84): W							
Minima alturat : m							
Azimuth: Deg.							
Altura de la camara : m							
Edificio altura : m							
Localidad :							
Estructura - Sitio A:							
Estructura - Sitio B:							
Inspector :							
Empresa							
Fecha :							

8.6 Estudio de espectrometría

Para el estudio de la disponibilidad del espectro se recomienda la utilización de un analizador de espectro, antenas, brújulas, GPS y binoculares.

Paso 1:

Para realizar la medición se emplean las antenas (preferiblemente directivas), con polaridad simple y rango de frecuencia que cubra la banda que se desea estudiar barriendo un ángulo en el azimut del enlace y en 360° .

La señal que se recibe en la antena es amplificada a través del un pre-amplificador de bajo ruido (LNA), de esta manera se incrementa la sensibilidad del sistema receptor. Dicha señal amplificada es mostrada y registrada en la memoria del analizador de espectro.

Paso 2:

Para realizar un análisis específico en la banda de frecuencia de interés, y que por ende existan portadoras que ocupen el sector del espectro requerido, se recomienda lo siguiente:

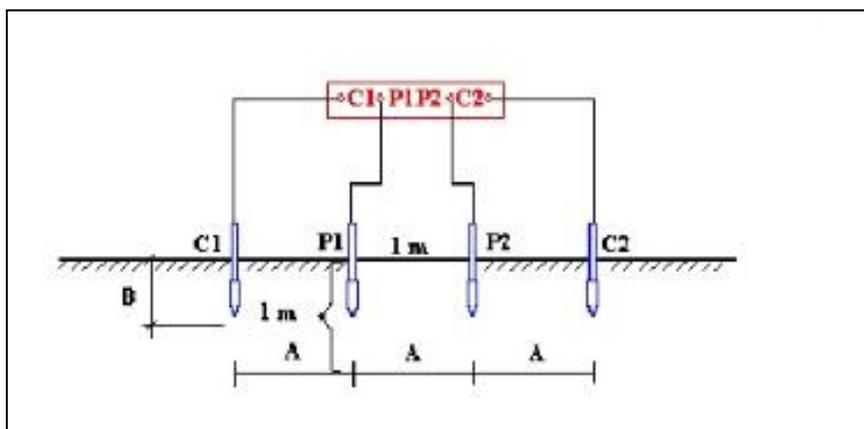
- Los barridos de frecuencia se realizan teniendo en cuenta la presencia de los picos más importantes en ambas polarizaciones con la intención de considerar todas las señales con niveles que puedan ocasionar interferencia en el canal requerido para el sistema de telecomunicaciones.
- Las mediciones se efectúan en el lugar donde se instalará cada antena, evitando en todo caso las obstrucciones.

- Cada evento deberá permanecer guardado en el analizador de espectros para polarización horizontal y vertical, por separado.
- Para cada registro se deberá comprobar: Nombre de la estación, fecha y hora de ejecución de la actividad.
- Respecto a las frecuencias de las portadoras que puedan presentarse, dichos valores de frecuencias quedaran almacenados en los registros para ambas polarizaciones.
- Considerando el margen de errores del analizador de espectro utilizado, se especificarán como valores de frecuencia medidos, el valor central más cercano al que señala el estándar de la canalización de CONATEL en la banda correspondiente.

8.8 Métodos de medición

8.8.1 Método de las cuatro puntas para el estudio de la resistividad del suelo

- Se deberá montar un arreglo típico del método de las cuatro puntas como la que se presenta a continuación:



Donde:

C1: Electrodo exterior 1

P1: Electrodo interior 1

P2: Electrodo interior 2

C2: Electrodo exterior 2

Paso1:

Insertar los cuatro electrodos colocados en línea recta con una separación 'A' en metros de los otros electrodos adyacentes y una profundidad 'B' en metros. Las mediciones dependerán de las distancias de los electrodos y de la resistividad del terreno. A través de los conductores se

conectan las terminales C1, P1, P2 y C2 a los electrodos. Los electrodos deben ser conectados en orden del extremo, con los terminales C1, P1, P2 y C2. El resultado del examen será inválido si los electrodos no están conectados apropiadamente

Paso2:

Hacer circular una pequeña corriente DC (I) a través de tierra entre los electrodos C1 y C2.

Paso3:

Medir el potencial (V) entre los electrodos P1 y P2 con ayuda de un voltímetro de alta impedancia.

Paso4:

Obtener la relación V/I conocida como resistencia aparente (R) medida en ohm a través del medidor de resistencia digital de 4 puntas.

Paso 5:

Se calcula el promedio de resistividad del suelo a una profundidad A, mediante la fórmula:

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot R}{1 + \frac{2 \cdot A}{\sqrt{A^2 + 4 \cdot B^2}} - \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}}$$

Paso 6:

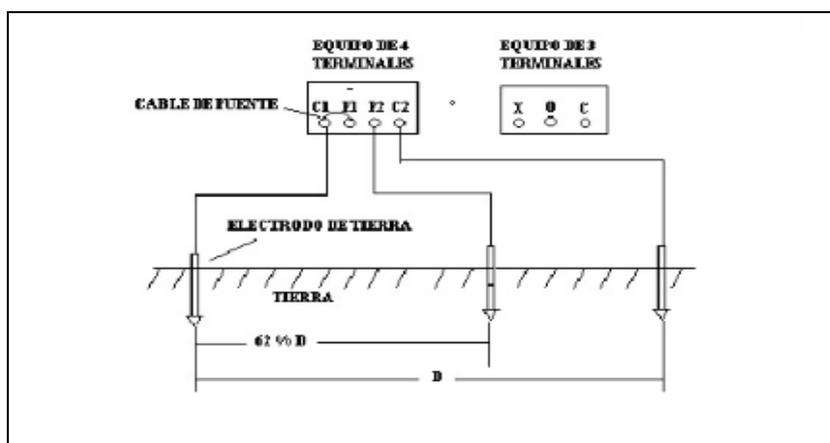
Repetir el procedimiento para diferentes medidas de A y B, de manera de poder obtener la medición de R más baja.

Para obtener una conexión a tierra segura, se debe realizar la prueba de toda el área donde se va a abarcar el sistema de aterramiento.

La pérdida de corriente, tubos de agua enterrados, las envolturas de cables y otros factores pueden interferir y distorsionar las lecturas. Las medidas se deben tomar a lo largo de 3 direcciones en cada sitio como mínimo. A veces esto no puede ser factible, pero cuantos más datos puedan ser obtenidos, el modelo de suelo generado será más exacto

8.8.2 Prueba de los tres terminales (método de caída de potencial) para el estudio de la resistencia del suelo

Para este método requiere un equipo de 4 terminales o 3, dos electrodos auxiliares, una fuente de voltaje, un voltímetro y un amperímetro. Realizando una conexión como la que se muestra a continuación:



Paso 1:

- Existe la posibilidad de que una falla en un sistema de energía cause un flujo de corriente en el sistema de tierra mientras la prueba está en progreso, causa voltajes altos inesperados en la corriente y las voltaje de puntas de pruebas. Si existe un riesgo significativo, se recomienda que las personas que realizan la prueba utilicen guantes de goma protectores y una estera de goma de seguridad durante la prueba.

- El sistema de puesta a tierra debe estar aislado eléctricamente durante esta prueba. Esto sólo debe ser realizado por personal calificado y después de que el permiso se conceda por todo el personal responsable.

- Compruebe la corriente sobre el terreno antes de desconectar. No desconecte la conexión del neutro a la tierra de un circuito vivo. La desconexión de la tierra de un circuito vivo podría causar lesiones graves o incluso muerte.

- En el caso de utilizar el instrumento de 4 terminales, los terminales C1 y P1 son puenteados y conectados al electrodo de tierra bajo prueba o al tercer electrodo de referencia.

- Si se hace uso del un terminal de tres puntas solo se deberá conectar el terminal X al electrodo a tierra. Posteriormente, se colocan las otras dos puntas de prueba auxiliares en los electrodos C2 y P2.

Paso 2:

- Al accionar el instrumento, se generará una corriente la cual será ingresada en los terminales C1/P1, y va a ser retornada al electrodo auxiliar C2. Al pasar esta corriente la tierra se generará una caída de voltaje V que deberá ser medida.

Paso 3:

- El equipo calculará el valor de la resistencia a través de la Ley de Ohm. Se podrá comprobar teóricamente el valor de la resistencia R, obteniendo los valores de la corriente inyectada I y del voltaje medida V con ayuda del amperímetro y voltímetro.

$$R = \frac{V}{I}$$

Donde:

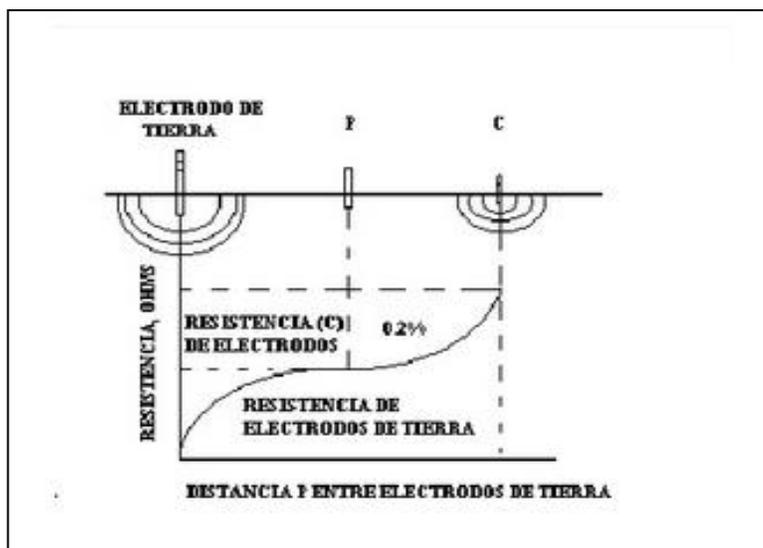
R = Resistencia a tierra

V = Voltaje leído entre el electrodo C1/P1 y el terminal P2.

I = Corriente de prueba inyectada por el instrumento (C2).

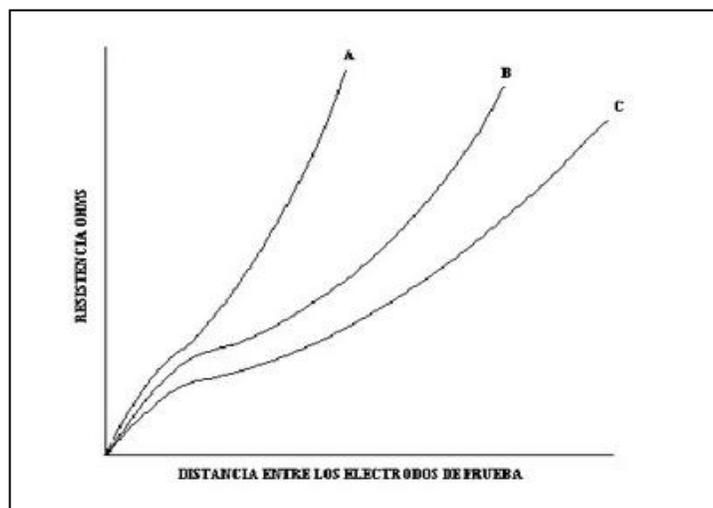
Paso 4:

Sí el electrodo P2 está muy cerca al electrodo de tierra en la prueba, solo parte de la caída de voltaje entre el electrodo de prueba y el suelo será registrado. EL terminal C2 se coloca en la tierra remota a cinco veces la profundidad del electrodo y el terminal P2 a 62% de la distancia de C2, tal como se observa en la figura del perfil de la resistencia:



A continuación se debe de mover el terminal P2 cerca del electrodo a prueba, para hacer otra medida de resistencia y comparar con el valor de resistencia.

El valor debe estar dentro de los 0,5 Ohm si P2 y C2 están colocados a distancias apropiadas. En la figura siguiente se muestra lo que puede estar mal.



Las curvas A y B son equivocaciones del perfil de resistencia donde el terminal C2 ha sido puesto a una distancia equivocada. Si hay alguna duda con respecto a la profundidad del electrodo, diagrame un perfil de curvas de la resistencia, usando el método Caída de Potencial. El resultado deberá ser igual a la curva C de la figura anterior. Las curvas mostradas en la figura anterior son el resultado de tener los terminales C2 y P2 en la misma dirección (alineados).

8.8.3 Seguridad para la realización de los métodos de medición

- Las pruebas de mediciones deberán ser realizadas por personal calificado con conocimiento para el manejo de los equipos de medición, teniendo cuidado con el manejo de los electrodos ya que los mismos poseen frecuencias y tensiones altas.

- Disponer de los implementos de seguridad necesarios como: botas con suelo de goma, guantes con suelo de goma y toda herramienta deberá estar cubierta de goma.
- No permitir completar el circuito entre dos puntos de diferencia de potencial elevada con alguna parte del cuerpo.
- Hay una posibilidad de que una falla en un sistema de energía cause un flujo de corriente en el sistema de tierra mientras la prueba está en progreso, causa voltajes altos inesperados en la corriente y las voltaje de puntas de pruebas.
- El sistema de puesta a tierra debe estar aislado eléctricamente durante esta prueba.
- Esto sólo debe ser realizado por personal calificado y después de que el permiso se conceda por todo el personal responsable.
- Compruebe la corriente sobre el terreno antes de desconectar. No desconecte la conexión del neutro a la tierra de un circuito vivo. La desconexión de la tierra de un circuito vivo podría causar lesiones graves o incluso muerte.

8.9 Mejoramiento de la lectura de resistencia del suelo

En caso de no poder obtener una lectura menor o igual a 5 ohm en la medida de la resistencia del suelo, se deberán emplear los métodos descritos a continuación para permitir mejorar la lectura de resistencia.

8.9.1 Aumento del número de electrodos en paralelo

- Colocar varios electrodos en paralelo, estos no deben ser colocados muy cerca uno de otro, porque cada electrodo afecta la impedancia del circuito por los efectos mutuos. Por eso se recomienda que la separación entre puestas a tierra debe ser por lo menos el doble del electrodo.

8.9.2 Aumento del diámetro del electrodo

- La resistencia de un electrodo de sección circular se reduce al incrementarse su diámetro, sin embargo tiene un límite en el que ya no es recomendable aumentarlo debido a que el valor de la resistencia del terreno permanece prácticamente constante. Para el electrodo de 5/8" de diámetro, si se quisiera incrementar su conductancia, se puede añadir helicoidales de cable 1/0 AWG, cuyo diámetro de espiras tendrá un diámetro de 18 cm, y la separación entre éstas sea de 20 cm, lográndose una, reducción de 30% de la resistencia; es decir, el diámetro del electrodo creció de 1.6 cm (5/8") a 18 cm, lo que equivaldría a utilizar un electrodo de 7".

8.9.3 Aumento de la longitud de penetración del electrodo

- Aumentando la longitud de penetración del electrodo en el terreno es posible alcanzar capas más profundas, en el que se puede obtener una resistividad muy baja si el terreno presentara un mayor porcentaje de humedad o al contrario una resistividad .muy alta si el terreno fuera rocoso y pedregoso, que las presentadas en las capas superficiales.

8.9.4 Tratamiento químico electrolítico del terreno de los pozos

- El tratamiento químico del suelo surge como un medio de mejorar y disminuir la resistividad del terreno, sin necesidad de utilizar gran cantidad de electrodos. Existen diversos tipos de tratamiento químico para reducir la resistencia de un pozo a tierra, entre los cuales se recomienda el añadir al suelo sales puras y carbón vegetal. Las sales puras (cloruro de sodio) no actúan como un buen electrolítico en estado seco, por lo que se le incorpora carbón vegetal con el fin de que este sirviera como absorbente de las sales disueltas y de la humedad.

8.10 Ampacidades admisibles para los conductores aislados

Calibre de los Conductores AWG/ kcmil	Regimen de Temperatura del Conductor (véase la Tabla 310.13)						Calibre de los Conductores AWG/ kcmil
	60° C (140°F)	75° C (167°F)	90° C (194°F)	60° C (140°F)	75° C (167°F)	90° C (194°F)	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RHW*, RH*, RHW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW**	TIPOS THS, SA, SIS, FEP*, FEPF, M, RHH*, RHW-2, THHN*, THWN*, THW-2*, XHHW-2*, USE-2, XHHW*, XHHW*, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RHW*, RH*, RHW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS THS, SA, SIS, THHN*, THWN*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE						
18	....	....	14	....	....	....
16	....	....	18	....	....	....
14*	20	20	25	20	20	25	12*
12*	25	25	30	25	25	30	10*
10*	30	35	40	30	30	35	
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
100	125	150	170	100	120	135	100
200	145	175	195	115	135	150	200
300	165	200	225	130	155	175	300
400	195	230	260	150	180	205	400
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1200	495	590	665	405	485	545	1200
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000
	FACTORES DE CORRECCION						
Temp. Ambiente (°C)	Para Temperaturas Ambiente Diferentes de 30°C, (86°F): se Multiplican las Ampacidades Anteriores por los Factores Aproximados Siguientes:						Temp. Ambiente (°F)
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86
31-35	0.91	0.88	0.96	0.91	0.94	0.96	87-95
36-40	0.82	0.84	0.91	0.82	0.88	0.91	96-104
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105-113
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114-122
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123-131
56-60	....	0.58	0.71	....	0.58	0.71	132-140
61-70	....	0.33	0.58	....	0.33	0.58	141-158
71-80	....	....	0.41	....	....	0.41	159-176

BIBLIOGRAFÍA

G. B. d. Venezuela, «CONATEL,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.conatel.gob.ve/>. [Último acceso: 31 Enero 2013].

FONDONORMA-CODELECTRA, Código Eléctrico Nacional, Caracas: CODELECTRA, 2004

Motorola, Normas de Calidad. Instalación de Equipo de Red Fija, Estados Unidos, 1994.

CANTV, «Normas de Diseño e Instalación de los Sistemas de Puesta a Tierra en Centrales Telefónicas y Estaciones de Transmisión,» 2000. [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/27238468/Normas-de-puesta-a-tierra-de-CANTV>. [Último acceso: 26 Noviembre 2012].

E.-. S. NETWORKS, ECLIPSE User Manual, San Jose, 2014.

J. U. Corporation, Making the Case for Testing Ethernet Links, 2009.