



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Diseño e Implementación de una red para el transporte de datos,
voz e internet para conexión de nodos de Fibra Óptica de Telconet
Galápagos entre las Islas Santa Cruz y San Cristóbal”

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES

Presentado por

Cristóbal Omar Tapia Quintana

Guayaquil – Ecuador

2010

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la luz y guía en mi formación profesional, a mi familia y principalmente al Ing. Cesar Yépez por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA E HIJOS.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Msc. Jorge Aragundi

SUB - DECANO FIEC

PRESIDENTE

Msc. Cesar Yépez

DIRECTOR

DEL TRABAJO PROFESIONAL

Msc. Washington Medina M.

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este informe de trabajo profesional, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Cristóbal Omar Tapia Quintana

RESUMEN

El presente proyecto profesional **“Diseño e Implementación de una red para el transporte de datos, voz e internet para conexión de nodos de Fibra Óptica de Telconet Galápagos entre las Islas Santa Cruz y San Cristóbal”**, se presenta como una solución de comunicación acerca del uso de redes de comunicaciones de datos, sistemas de seguridad y protecciones (pararrayos, puesta a tierra, etc.), capacidad para transmisión de datos, legalización de enlaces, etc. para diversos sectores de las telecomunicaciones como militar, civil y comercial.

El proyecto se realizó en diferentes etapas que consisten en un estudio de Factibilidad, Análisis de Interferencia y Perdidas, Infraestructura, Configuración e Implementación de equipos siguiendo el estándar de seguridad informática ISO27001 para que los usuarios ubicados en las Islas Galápagos puedan hacer uso de esta infraestructura de red para transportar información entre ellas, videoconferencias, voz sobre IP, etc.

Este proyecto podría considerarse como base para otros proyectos posteriores, en los que se requiera realizar y/o analizar un backbone más extenso usando las normas de calidad. Además, puede servir de soporte para compañías que prestan servicios de comunicaciones de datos y para quienes requieran estos servicios (puedan ser estos ISP, Carriers, etc.).

La implementación del proyecto se realizó siguiendo los procesos:

- a) Contratos de arrendamientos de terrenos (cerro el niño y camote) para instalación de infraestructura.
- b) Traslado de personal técnico a las radio base en Galápagos.
- c) Instalación de cableado de red y switch cisco Catalys 3650.
- d) Instalación de sistemas de conexión eléctrica.
- e) Instalación de radiobases.
- f) Legalización de frecuencias ante el organismo regulador SUPTEL.
- g) Elección e instalación de equipos de radiofrecuencias marca Motorola PTP600 para integración de los nodos a un concentrador ubicado en el Telepuerto de Telconet San Cristóbal.
- h) Resultados finales para envío al departamento técnico de Telconet S.A.

2.2.1.2 Pérdidas en enlaces presentadas por fenómenos Físicos.....	24
2.2.2 Cobertura de repetidores en San Cristóbal y.....	34
2.2.2.1 Antenas.....	38
2.2.2.1.1 Polarización	40
2.2.2.1.2 Ganancia.....	42
2.2.2.1.3 Directividad de Antenas en zonas urbanas	44
2.2.2.2 Selección de la Tecnología inalámbrica.....	46
2.3 Redes de Radiofrecuencia.....	51
2.3.1 Estudio de Frecuencias	54
2.3.2 Potencia de Transmisión de los equipos	56
2.3.3 Pérdida de cable y espacio libre.....	57
2.3.4 Sensibilidad de receptor	61
2.3.5 Modulación del Radio OFDM.....	63
2.3.6 Límite de la longitud del paquete y su tiempo.....	64
2.4 Sistema de Monitoreo	66
2.5 Requerimientos de Seguridad en la red	69
2.5.1 Seguridad Física.....	69
2.5.2 Seguridad Lógica.....	70
2.6 Análisis de Redes existentes en el Mercado	73
2.7 Ventajas y Desventajas de transmitir con Radio, Fibra o Cobre	74

CAPÍTULO 3.....	76
3. DISEÑO Y ANÁLISIS DE CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA Y ENERGIZACIÓN.....	76
3.1 Especificaciones Técnicas constructivas	77
3.2 Resistividad del Terreno	78
3.3 Corriente de Cortocircuito	85
3.3.1 Fusibles limitadores.....	90
3.3.2 Interruptores termo magnéticos (breakers, interruptores de caja moldeada)	91
3.3.3 Interruptores de Potencia con unidades de disparo (relés) de estado Sólido.....	92
3.3.4 Falla a Tierra	93
3.4 Diseño de la puesta Tierra.....	95
3.5 Diseño del Pararrayos	101
3.6 Diseño de plan de contingencia eléctrico.....	104
3.6.1 Amenazas.....	105
3.6.2 Fase de Contingencia.....	107
3.6.2.1 Plan de respaldo.....	107
3.6.2.2 Plan de Emergencia.....	109
3.6.2.3 Plan de Recuperación.....	111
3.6.2.4 Sistema de Monitoreo Eléctrico	113

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ACRONIMOS

AP: Punto de Acceso.

CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones

DFS: Selección Dinámica de Frecuencia.

EIRP: Potencia Equivalente Radiada Isotrópica.

GPS: Sistema de posicionamiento global.

IDFS: Selección dinámica de Frecuencia inteligente.

IEEE : Instituto de Ingeniero Eléctricos y Electrónicos.

IP: Protocolo de Internet.

LAN: Red de Área Local.

MAC: Control de acceso al medio.

MAN: Red de área metropolitana.

ODU: Unidad externa.

OFDM: Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia.

PAN: Red de área personal.

PoE: Poder sobre Ethernet

PTP: Punto a punto.

RF: Radiofrecuencia.

SMTP: Protocolo Simple de Transferencia de Correo.

SUPTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones.

TCP/IP: Protocolo de Control de Transmisión /Protocolo de Internet.

WAN: Red de Área Extensa.

WLAN: Red de Área Local Inalámbrica.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Diagrama de procesos de la construcción e implementación de la red.....	5
Figura 2. 1 Topología implementada en el diseño de la Red entre las islas San Cristóbal y Santa Cruz	18
Figura 2. 2 Trayectoria enlace cerro El niño – cerro Camote.....	22
Figura 2. 3 Trayectoria enlace cerro El niño – cerro Camote.....	22
Figura 2. 4 Ondas espaciales y horizonte de radio	27
Figura 2. 5 El Principio de Huygens.....	29
Figura 2. 6 Difracción en la cima de una montaña.....	30
Figura 2. 7 Reflexión de ondas de radio.	31
Figura 2. 8 Efectos causados por Decremento de amplitud de señal o Downfade.....	32
Figura 2. 9 Efectos causados por Corrupción de señal.	33
Figura 2. 10 Efectos causados por fenómeno de Nulidad.	33
Figura 2. 11 Efectos causados por fenómeno de Incremento de señal o Upfade.	34
Figura 2. 12 Diagrama de radiación de antena direccional.....	35
Figura 2. 13 Medición de trafico entre Islas por puerto, usando la herramienta MRTG.	37
Figura 2. 14 Antena radiowaves 4ft.	39

Figura 2. 15 Plano de la onda (wave front) y la polarización representados por las líneas del campo eléctrico (verticales) y magnético (horizontales) cruzadas perpendicularmente entre sí.	41
Figura 2. 16 Directividad de antena.	44
Figura 2. 17 Muestro los elementos que comunicación de los equipos de radiofrecuencia.	53
Figura 2. 18 Cable LMR-400.....	58
Figura 2. 19 Conectores tipo N.	59
Figura 2. 20 Transmisión de un canal con señales sobrelapadas.	63
Figura 2. 21 Diagrama de Capas de equipos PTP600.....	65
Figura 2. 22 Muestra mecanismo de encriptación de los equipos PTP600 motorola.....	71
Figura 3. 1 Método de las 4 picas usado como método para medir la resistividad de suelo.	79
Figura 3. 2 Diagrama simplificado del circuito PTP600.....	96
Figura 3. 3 Electrodo usando método de 62%.	98
Figura 3. 4 Método de electrodos múltiples	100
Figura 3. 5 Correcta instalación de pararrayo.....	102
Figura 3. 6 Conexión a tierra en los puntos de anclaje a la torre.....	103

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1	Coordenadas de radio bases de Telconet Galapagos.	20
Tabla 2. 2	Calculo de pérdidas de espacio libre de enlaces de las islas Galápagos.	60
Tabla 2. 3	Características de modulación y sensibilidad, ancho del canal, máxima pérdida de link, del equipo canopy Motorola PTP 600.	62
Tabla 3. 1	Resistividad de terrenos.....	83
Tabla 3. 2	Valor del coeficiente C en función de la temperatura inicial y final de cortocircuito para conductor de cobre.	87
Tabla 3. 3	Probabilidad de Riesgo de la red Telconet Galápagos.	106

INTRODUCCION

En el año 1992 inicia la reestructuración del sector de telecomunicaciones en el Ecuador con la aprobación de la Ley Especial de Telecomunicaciones, en la que inicialmente mantuvieron los servicios básicos de telecomunicaciones como un monopolio exclusivo del Estado. Posteriormente los ISP concentraban la mayor proporción de suscriptores en servicios dial-up o conmutados.

El constante crecimiento de usuarios finales conectados a los servicios de voz o internet, han motivado que existan cada vez redes empresariales dispuestas a proveer servicios de telecomunicación, variedad de medios de transmisión y de protocolos de red.

Actualmente la ley General de Telecomunicaciones contiene regulaciones previstas que ayudan a la consecución del proceso de consolidación de la competencia en el sector de las telecomunicaciones y las redes inalámbricas tienen gran aceptación en la prestación de

servicios, porque ofrece beneficios de conectividad, movilidad, rendimiento, instalación rápida y económica en la integración de servicios como datos, voz e internet.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

En el inicio de la investigación se emplearan conceptos y definiciones que son empleados en el diseño de topológico de la red de Telconet S.A. para prestación de servicios transporte de datos e internet de las islas San Cristóbal y Santa Cruz en la provincia de Galápagos.

1.1 Descripción del proyecto Tecnológico

El presente proyecto profesional consiste en el desarrollo de estudio, diseño e Implementación de una red que permitiera desarrollar una red convergente, escalable para el transporte de datos, voz e Internet para conexión de nodos de Fibra Óptica de Telconet Galápagos entre las Islas Santa Cruz y San Cristóbal.

La implementación del proyecto se realizó siguiendo los procesos:

- a) Contratos de arrendamientos de terrenos (cerro el niño y camote) para instalación de infraestructura.
- b) Traslado de personal técnico a las radio base en Galápagos.
- c) Instalación de cableado de red y switch cisco Catalys 3650.
- d) Instalación de sistemas de conexión eléctrica.
- e) Instalación de radiobases.
- f) Legalización de frecuencias ante el organismo regulador SUPTEL.
- g) Elección e instalación de equipos de radiofrecuencias marca Motorola PTP600 para integración de los nodos a

un concentrador ubicado en el Telepuerto de Telconet San Cristóbal.

- h) Resultados finales para envío al departamento técnico de Telconet S.A.

A continuación en la figura 1.1 se muestran los procesos que empleados en la construcción e implementación de la red

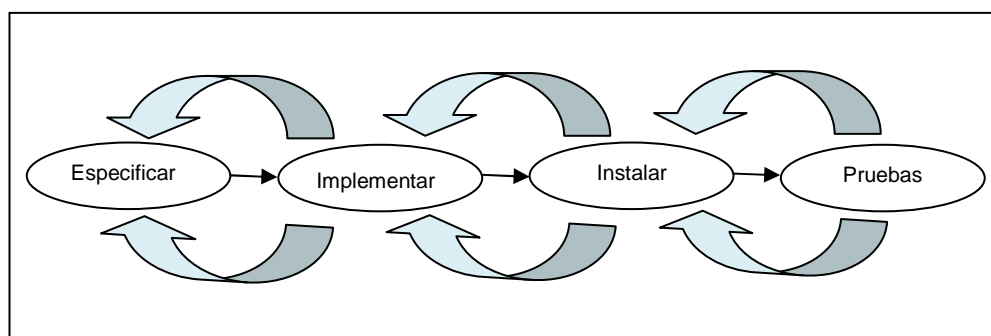


Figura 1. 1 Diagrama de procesos de la construcción e implementación de la red.

El proyecto realizó su objetivo en diferentes etapas que consistió en estudio de factibilidad, análisis de interferencia, pérdidas, infraestructura, configuración e implementación de equipos y siguiendo el estándar de seguridad informática ISO27001, además se presenta como una alternativa de

prestación de servicios a diferentes compañías ubicadas en las Islas Galápagos que deseen hacer uso de esta infraestructura de red en el transporte de información.

El paso de Especificación de Requerimientos es la etapa preliminar y es donde se especifican todos los requerimientos y variables que van a estar presentes en el diseño de una red. La Fase de Diseño, toma los elementos de la Especificación para diseñar la red en base a las necesidades de la organización. Cualquier punto no previsto se revisa y se lleva a la fase anterior de Especificación de Requerimientos. La fase de Instalación se toma "los planos" de la fase de diseño y se empiezan a instalar físicamente los dispositivos y elementos de la red. Cualquier imprevisto se regresa nuevamente a la fase de Diseño o en su caso a la fase de Especificación. La fase de Pruebas es la fase final del proceso y consiste en realizar toda clase de pruebas a la red ya instalada para comprobar o constatar que cumple con las Especificaciones de Requerimientos. Ya realizadas las pruebas con éxito la red está lista para su uso. Cualquier imprevisto, se regresa a las fases anteriores.

Este proyecto podría considerarse como base para futuros proyectos en los que se requiera realizar y/o analizar un backbone más extenso usando las normas de calidad. Además, puede servir de soporte para los usuarios de compañías que prestan servicios de comunicaciones de datos y para quienes requieran estos servicios (puedan ser estos ISP, Carriers, técnicos, etc.).

1.2 Justificación de la idea Tecnológica

A inicios del año 2008, la tecnología y diseño topológico empleado por la compañía Telconet S.A. para conexión entre las Islas Galápagos operaba mediante enlaces satelitales. La conexión a los servicios de voz, datos y videos sobre IP entre las Islas San Cristóbal y Santa Cruz presentaba las siguientes características:

- a) La comunicación de datos entre las islas tenían latencia de aproximadamente 500mseg.
- b) El crecimiento de la red se limitó a un consumo máximo de 3Mbps.
- c) Los costos de mantenimiento para prestación de servicios satelitales son altos en comparación a enlaces de radiofrecuencia usando microonda.

Con la finalidad de mejorar la calidad del servicio de los usuarios finales de la compañía Telconet S.A en Galápagos se realizó un estudio de factibilidad que permitiera la implementación de una red jerárquica con beneficios de escalabilidad, rendimiento, seguridad, facilidad de administración, facilidad de

mantenimiento, convergente y que se integrara a un concentrador de servicios en el Telepuerto de Telconet San Cristóbal.

Los equipos inalámbricos de la serie PTP 600 fueron seleccionados por que combinan beneficios de velocidad y confiabilidad de las soluciones inalámbricas, con la flexibilidad de un espacio no licenciado, esto nos ahorra tiempo y dinero relacionados con la obtención de una licencia para configurar sus redes inalámbricas de circuito conmutado o IP, gestión avanzada del espectro mediante i-DFS, modulación adaptiva y diversidad espacial.

Mediante equipos de radiofrecuencia Motorola PTP600 se integran los nodos de fibra óptica entre Islas y se realizó un diseño topológico unificado de la red para Galápagos en la cual la integración de los servicios de voz, datos y video sobre una red basada en el protocolo IP. El proyecto inicia con el análisis de factibilidad, selección de equipos de telecomunicación, marco legal y posterior implementación.

Además de la implementación con equipos PTP600 se obtienen beneficios como: bajo costo, desempeño de la red, compatibilidad de protocolo, capacidad instalada y está enfocada hacia el cumplimiento de las normas de calidad ISO 9001.

El presente proyecto ofrece a los técnicos de redes de comunicación las explicaciones comprensibles acerca de por qué deben tomarse ciertas decisiones en la implementación y soporte de un sistema eléctrico y de red con el objetivo de mitigar los riesgos que puedan afectar el rendimiento, confiabilidad y disponibilidad de la red.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Generales

Diseñar e implementar un sistema de transmisión para la interconexión de los nodos entre islas San Cristóbal y Santa Cruz para el servicio de datos, voz e Internet de las islas Galápagos mediante el uso de la tecnología inalámbrica de banda ancha del equipo Motorola modelo PTP 600. Dentro de lo establecido se explicara en forma exhaustiva procedimientos que permitan la recuperación, continuidad del negocio y simplificar la gestión de la red para alcanzar un rendimiento confiable a alta velocidad que permita satisfacer la demanda de los actuales y futuros clientes.

1.3.2 Objetivos Específicos

Los objetivos que se alcanzaron fueron los siguientes:

- Estudiar viabilidad de comunicación de acuerdo al sitio de ubicación y análisis del crecimiento futuro de la red.
- Implementar un backbone inter urbano de interconexión entre Puerto Baquerizo Moreno y Puerto Ayora para el servicio de transporte de datos, voz e Internet entre estas dos ciudades de la provincia de Galápagos.
- Implementar acciones concretas orientadas a garantizar funcionalidad, disponibilidad, accesibilidad e integridad de la información de transmisión del enlace entre Islas.
- Solucionar problemas técnicos de acceso a la red aplicando tecnología inalámbrica realizando un estudio de factibilidad, análisis de Interferencia, Infraestructura, configuración de enlaces de radio, tipo de antenas y energía con sus respectivas conexiones a tierra.

- Implementar un plan de contingencia el cual tendrá como objetivo la reducción de la vulnerabilidad, es decir la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes causados por un evento.
- Descripción teórica y práctica de los equipos Motorola modelo PTP600 usados para la implementación del proyecto tecnológico.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO FÍSICO DE LA RED Y ANÁLISIS DE TRÁFICO

Para inicio del diseño es importante conocer la capacidad de tráfico del mercado de la isla Santa Cruz hasta el 2009 es de 3Mbits UP/DOWN. Este diseño se enfoca en la reingeniería de la estructura existente; de manera que sea posible enlazar en forma confiable los servicios que se provee y permitiendo a las estaciones de trabajo acceder a los servicios que provee la compañía Telconet S.A. en las Islas Galápagos.

El proceso de estudio del diseño presentó:

- 1) Visitas a Islas San Cristóbal, Cerro El Niño, Cerro Camote e Isla Santa Cruz
- 2) Registros de coordenadas de los puntos visitados
- 3) Informe de los cálculos de enlace por ejemplo: línea de vista, rendimiento del enlace terrestre, distancia entre los puntos, una estimación de la confiabilidad y probabilidad del enlace mediante la herramienta de Motorola Link Estimator.

De acuerdo a esta información vamos a realizar una descripción protocolos de transmisión, definición de conceptos acerca el desplazamiento de las ondas electromagnéticas, capacidad de los equipos, topología, cálculo de niveles, capacidad de los enlaces de radiofrecuencia para interconexión entre Islas.

2.1 Determinación de la Topología Lógica y Física Instalada

En la actualidad las redes inalámbricas son a menudo combinaciones de más de una topología. Para inicio del diseño y posterior implementación de nuestra red partimos de la determinación del tipo de topología que satisfaga las siguientes consideraciones:

- a) Capacidad de soportar la demanda del servicio del futuro crecimiento la red.
- b) Mantenerse como un sistema geográficamente escalable.
- c) Garantizar la disponibilidad de la red.

De acuerdo a estas consideraciones la topología tipo árbol es la más óptima para la conexión de los enlaces entre los puntos de repetición y se considero la topología tipo estrella la ultima milla para conexión de los servicios voz, datos e internet contratados por cada cliente.

Se ha seleccionado para esta implementación equipos de radio transmisión canopy PTP600 Mhz porque consideramos importante las características diversidad de espacio, frecuencia, modulación OFDM, 2 E1, Seguridad y principalmente soportan una capacidad de transmisión de acuerdo a licencia de 150/300Mbps

A continuación en la figura 2.1 se muestra una grafica del diseño de la topología entre los puntos de repetición Telepuerto San Cristóbal-Cerro El niño, Cerro el Niño-Cerro Camote, Cerro Camote-Rep. Puerto Ayora.

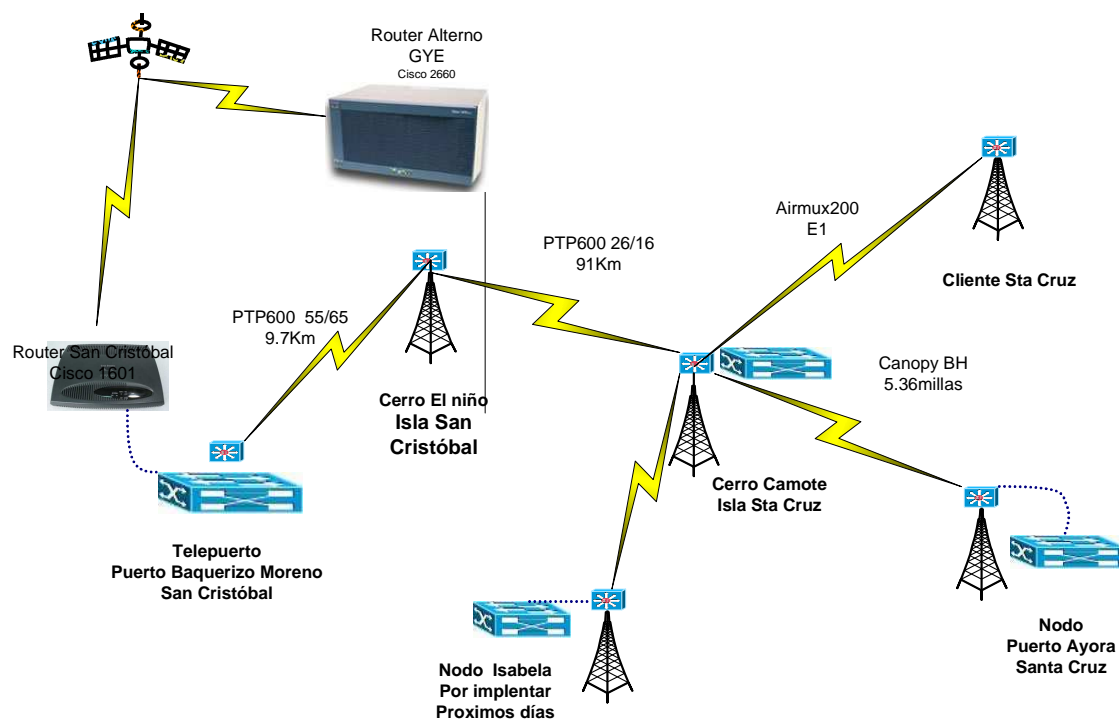


Figura 2. 1 Topología implementada en el diseño de la Red entre las islas San Cristóbal y Santa Cruz

2.2 Diseño y Análisis para cálculo de Última Milla

Para inicio del diseño vamos a realizar un análisis de las características de los equipos, factores, y niveles de señal de los enlace de radiofrecuencia que permita soportar el tráfico actual de la red de la Isla Santa Cruz de aproximadamente 3Mbps hacia el Telepuerto de Telconet S.A. en la Isla San Cristóbal.

2.2.1 Trayectoria del enlace de radio entre islas

Los datos de las coordenadas de los puntos geográficos el cálculo de la trayectoria, altura de las antenas y capacidad de enlaces mediante el software Link Estimator propietario de los equipos Motorola PTP600. A continuación se detalla los datos de las coordenadas de los puntos instalados en la tabla 2.1.

CORDENADAS	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Telepuerto San Cristóbal	0°54'26.40"S	89°36'23.12"W	42.97m
Cerro el niño	00°54'11.1"S	89°31'16.0"W	580.8m
Cerro el Camote	0°40'03.7"S	90°17'55.8"W	392.2m
Estación Santa Cruz	0°44'40.10"S	90°18'55.94"W	13.10m

Tabla 2. 1 Coordenadas de radio bases de Telconet Galápagos.

2.2.1.1 Zona de Fresnel de las Trayectorias de los enlaces

Existen fenómenos que afectan la trayectoria e integridad de la onda electromagnética de radiofrecuencia. De acuerdo a lo anterior puedo concluir que los enlaces con obstrucción en la

zona de Fresnel o sin línea de vista, reducen su cobertura y su ancho de banda.

La línea de vista de los enlaces de radiofrecuencia se la puede verificar de la siguiente manera:

- Observando físicamente la ruta del enlace, se lo realiza manejando o volando sobre la ruta en línea recta.
- Realizando el cálculo de las obstrucciones.
- Utilizar software topográfico de enlaces Link Estimator de Motorola o mapas que incluye bases de datos de terreno, o de mapeo.
- Cartas Aeronáuticas.
- Estroboscopios Electrónicos, espejos o artículos reflejantes (CDs)
- Video cámara sobre soporte o mástil
- Globos meteorológicos (de colores) cohetes luminosos
- Prueba de Radio

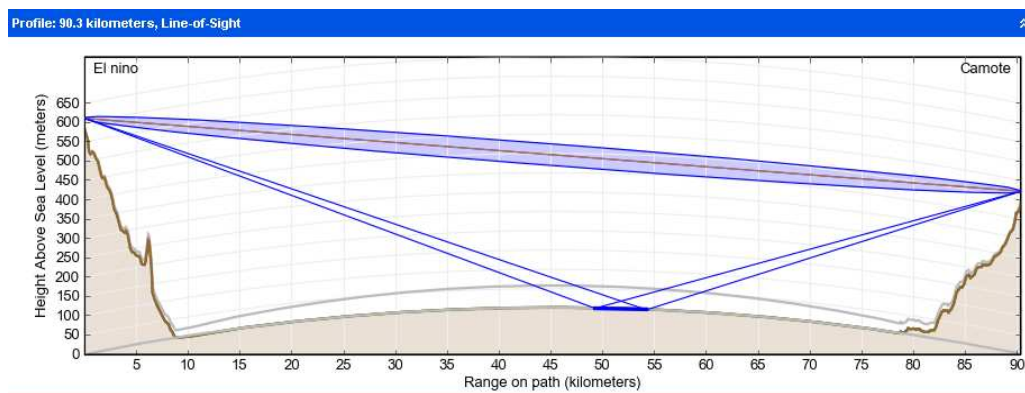


Figura 2. 2 Trayectoria enlace cerro El niño – cerro Camote

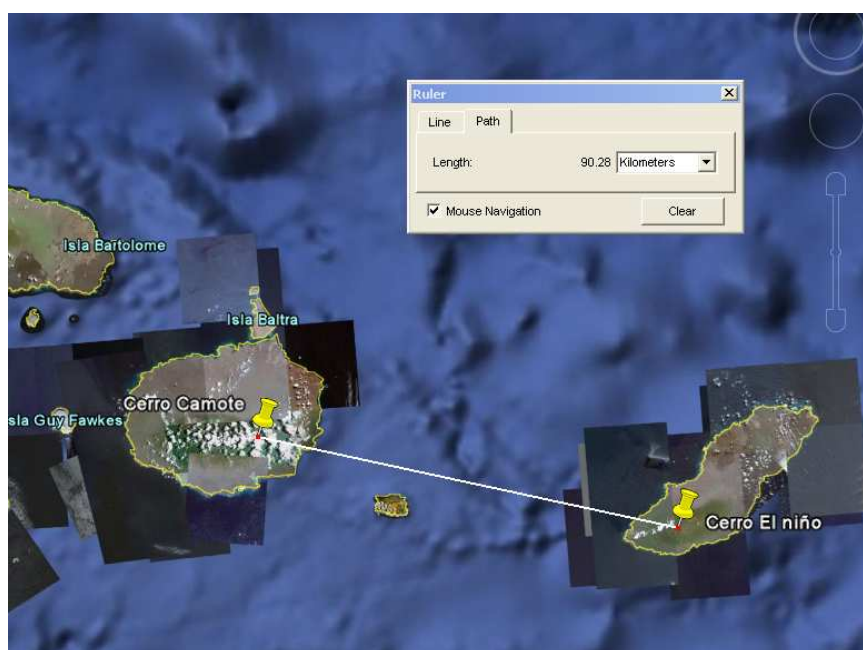


Figura 2. 3 Trayectoria enlace cerro El niño – cerro Camote

La primera zona de Fresnel permite establecer la condición de visibilidad entre las antenas de

transmisión y recepción de cada enlace, de forma que no existan obstáculos, ver figura 2.2. Esto considera que la trayectoria que sigue el enlace de radiofrecuencia no ha sido obstruida, por el contrario, de existir se tendría una pérdida en la potencia recibida. La energía debe estar concentrada cerca del rayo directo o lóbulo principal, de existir una obstrucción menor al 40% de la zona de Fresnel, se consideraría que no contribuye significativamente a la atenuación por difracción, tal como se muestra en la figura 2.3.

La fórmula con que vamos a calcular la zona fresnel de nuestros enlaces entre Islas es la siguiente:

$$R1 = \sqrt{\lambda \frac{d1 * d2}{d}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$R1 = \sqrt{\frac{c * d1 * d2}{f * d}}$$

Donde:

R1 = radio de la primera zona de Fresnel (m).

d_1 = distancia a un extremo del trayecto y el obstáculo (m)

d_2 = distancia entre el receptor y el obstáculo.
(m)

f = frecuencia (HZ).

2.2.1.2 Pérdidas en enlaces presentadas por fenómenos físicos

Los fenómenos de telecomunicaciones, radiodifusión, radar, teledetección, radio ayuda, telefónica celular y comunicaciones satelitales móviles tienen en común el empleo de las ondas electromagnéticas como soporte para la transmisión entre transmisor y receptor.

Los principales fenómenos físicos que causan la desviación de la propagación de la onda electromagnética de los enlaces implementados en las Isla San Cristóbal y Santa Cruz entre

transmisión y recepción se describen brevemente a continuación:

a) Absorción.- La cantidad de potencia que se pierde por causa de este fenómeno va a depender de la frecuencia y del material que lo atraviesa, generalmente causa que se debilite o atenúen. Un ejemplo El vidrio de una ventana obviamente es transparente para la luz, mientras que el vidrio utilizado en los lentes de sol filtra una porción de la intensidad de la luz y bloquea la radiación ultravioleta.

Para las microondas, los dos materiales más absorbentes son:

- Metal. Los electrones pueden moverse libremente en los metales, y son capaces de oscilar y por lo tanto absorber la energía de una onda que los atraviesa.

- Agua. Las microondas provocan que las moléculas de agua se agiten, capturando algo de la energía de las ondas. Las moléculas se presentan como lluvia, niebla, vapor y nubes bajas y todas van a estar en el camino de los enlaces de radiofrecuencias de los equipos de radiofrecuencias PTP600.
- Para los árboles y la madera, la cantidad de absorción depende de cuánta cantidad de agua contienen. La madera vieja y seca es más o menos transparente en comparación a la madera fresca y húmeda tienen un nivel de absorción superior.

b) Refracción.- este fenómeno da cuando la onda pasa de un medio a otro con distinta densidad modifican la dirección de su desplazamiento y se producen cambios en la velocidad y en la dirección de propagación. La refracción es causada por densidad atmosférica, vapor de agua, y conductividad relativa.

c) Curvatura.- La curvatura de la tierra presenta un horizonte en la propagación de ondas espaciales, denominado horizonte de radio, ver figura 2.4.

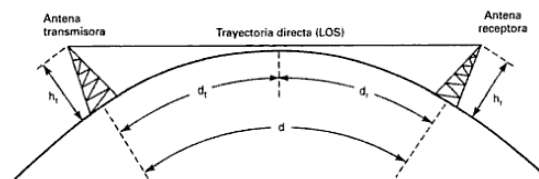


Figura 2. 4 Ondas espaciales y horizonte de radio.

La distancia máxima de horizonte entre un transmisor y un receptor se puede aproximar en unidades métricas con la siguiente fórmula:

$$D(\text{Max}) = \sqrt{2ht} + \sqrt{2hr} \quad \text{donde:}$$

$D(\text{max})=$ distancia máxima entre el transmisor y el receptor en millas.

$ht=$ altura de antena trasmisora en pies con respecto al nivel del mar.

Hr= altura de antena receptora en pies con respecto al nivel del mar.

A continuación calculamos La distancia máxima que soporta el enlace a Galápagos cerro el niño (ht) a cerro Camote (hr), conociendo que 1ft=3.38mt y 1 milla =1.609km,

$$D = (\sqrt{(2*610*3.28)} + \sqrt{(2*422*3.28)})*1.609$$

$$D = 132.39\text{km}$$

d) Difracción.- este comportamiento de las ondas electromagnéticas al incidir en un objeto, tiene el efecto de “ondas doblando las esquinas”. Cuando lo modelamos como un frente de onda, el fenómeno tiene sentido como se muestra en la figura 2.6

A continuación se presenta el Principio de Huygens provee un modelo para comprender este comportamiento de difracción, como puede

observar en la figura 2.5.

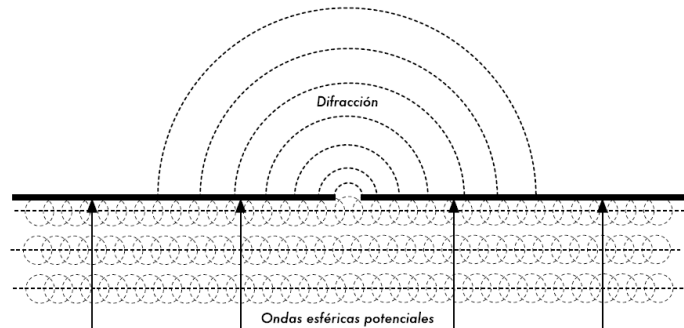


Figura 2. 5 El Principio de Huygens

Es por medio del efecto de difracción, que las ondas van a “doblar” en las esquinas, o van a atravesar una abertura en una barrera. La longitud de onda de la luz visible es muy pequeña como para que se pueda observar este efecto directamente.

Las microondas, con una longitud de onda de varios centímetros, muestran los efectos de la difracción cuando chocan contra paredes, picos de montañas y otros obstáculos.

La obstrucción provoca que la onda electromagnética cambie su dirección y doble en las esquinas, como se muestra en la figura 2.6.

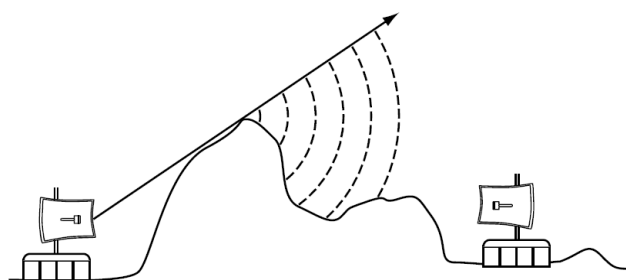


Figura 2. 6 Difracción en la cima de una montaña.

La principal desventaja del fenómeno difracción es que se genera una pérdida de potencia: la potencia de la onda difractada es significativamente menor que el frente de onda que la provoca. Pero en algunas aplicaciones muy específicas, se puede aprovechar el efecto de difracción para rodear obstáculos, este término se lo conoce como NLOS.

e) Reflexión.- Al igual que la luz visible, las ondas de radio presentan similares características de propagación, para las ondas de radio, las principales fuentes de reflexión son el metal y las superficies de agua. El ángulo en el cual una onda incide en una superficie es el mismo ángulo en el cual es desviada, como se ve en la figura 2.7.

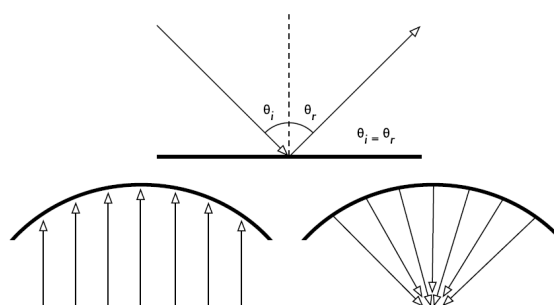


Figura 2. 7 Reflexión de ondas de radio.

f) Multipath.- este fenómeno de propagación resulta de dos o más rutas de una señal electromagnética que llegan a una antena de recepción al mismo tiempo o desfasadas nanosegundos de la otra. Debido a la ampliación natural de las ondas electromagnéticas, pueden estar presentes los comportamientos de

propagación de reflexión, dispersión, difracción y refracción. Estas condiciones incluyen:

- a) Decremento de la amplitud de señal o Downfade ver figura 2.8
- b) Corrupción de señal ver figura 2.9
- c) Nulidad ver figura 2.10
- d) Incremento de Amplitud de señal ver figura 2.11.

Para mitigar el fenómeno de multipath en los enlaces con canopy PTP600 se implemento diversidad de espacio y frecuencia, esto tiene el objetivo de compensación en las condiciones que originan este fenómeno.

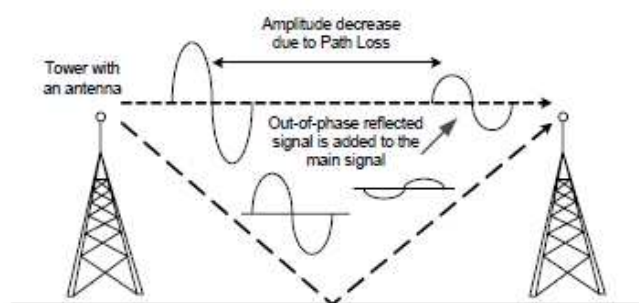


Figura 2. 8 Efectos causados por Decremento de amplitud de señal o Downfade.

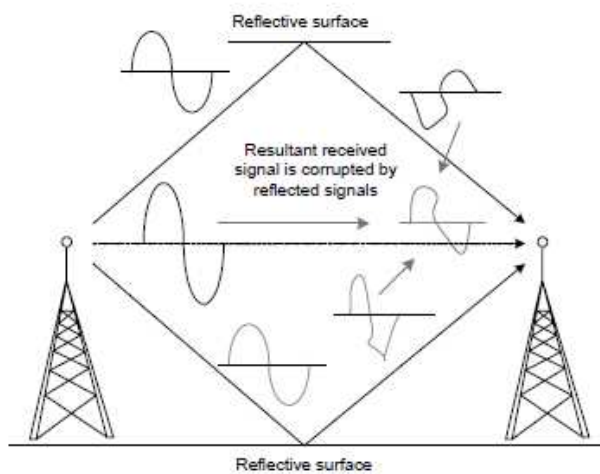


Figura 2. 9 Efectos causados por Corrupción de señal.

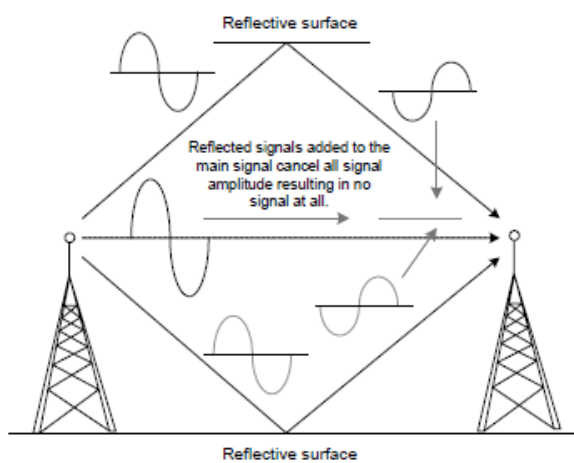


Figura 2. 10 Efectos causados por fenómeno de Nulidad.

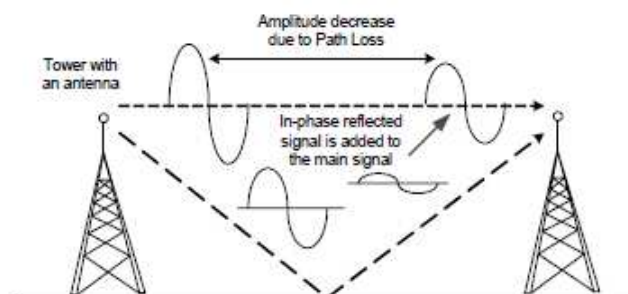


Figura 2. 11 Efectos causados por fenómeno de Incremento de señal o Upfade.

2.2.2 Cobertura de repetidores en San Cristóbal y Santa Cruz

El diagrama de radiación de una antena es la representación gráfica de sus propiedades de radiación en las distintas direcciones del espacio. Lo habitual es representar el campo eléctrico en coordenadas esféricas, con la antena situada en el origen de coordenadas y tomando como referencia el valor máximo de la magnitud. El resto serán valores relativos a él. A continuación se muestra el diagrama de radiación de una antena direccional ver figura 2.12.

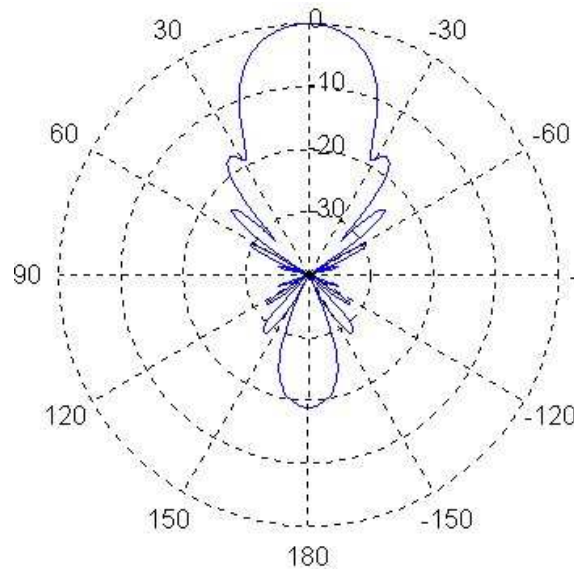


Figura 2. 12 Diagrama de radiación de antena direccional.

Los parámetros más importantes del diagrama de radiación son los siguientes:

- 1) Dirección de apuntamiento: Es la de máxima radiación.
- 2) Lóbulo principal: Es el margen angular en torno a la dirección de máxima radiación. Está comprendido entre dos mínimos relativos.
- 3) Lóbulos secundarios: Son el resto de máximos relativos, de valor inferior al principal.

- 4) Ancho de haz: Es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz toma el valor de la mitad del máximo.
- 5) Relación de lóbulo principal a secundario (SLL): Es el cociente en dB entre el valor máximo del lóbulo principal y el valor máximo del lóbulo secundario.
- 6) Relación delante-atrás (FBR): Es el cociente en dB entre el valor de máxima radiación y el de la misma dirección y sentido opuesto.

Mediante el programa Link Planner e ingresando las características de los materiales a emplear se realiza la simulación del enlace entre cerro El niño-Camote y se obtiene parámetros de cobertura, capacidad, disponibilidad, etc. que podemos mostrar en el Anexo A4.2.

Puedo concluir que de acuerdo a los cálculos realizados se obtiene un valor de capacidad máximo de 51.25Mbps, nótese que este valor es un valor aproximado al real instalado. En el anexo 4.1 se puede observar que el rendimiento del enlace promedio instalado tiene capacidad de 42.81Mbps. Usando la herramienta de medición MRTG podemos ver que el tráfico real del puerto donde se interconectan nuestros enlaces tiene un consumo máximo 5.13Mbps real hasta mayo de 2010, ver figura 2.13. Los niveles de recepción se analizan más adelante en la sección 2.3.

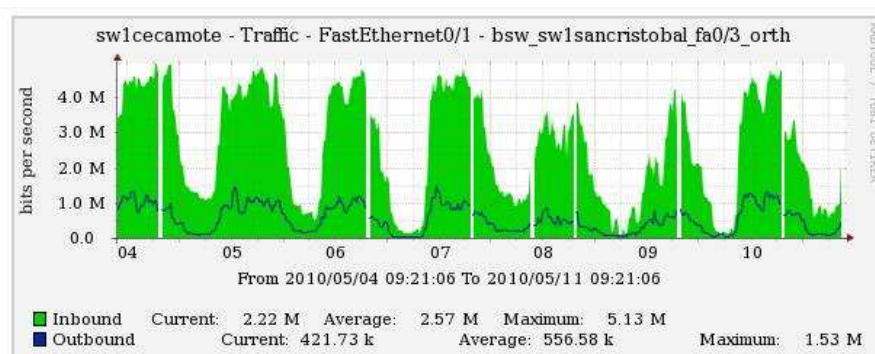


Figura 2. 13 Medición de tráfico IP entre Islas por puerto, usando la herramienta MRTG.

2.2.2.1 Antenas

Las antenas son circuitos oscilantes cuyo objetivo es transmitir y/o recibir las ondas electromagnéticas y su diseño está principalmente enfocado en permitir que irradien mayor energía o reciban la mayor energía posible para una frecuencia determinada. Además adapta la impedancia interna del generador a la impedancia del espacio.

La fuerza del campo electromagnético irradiado por una antena depende de su longitud y de la magnitud de la corriente que fluye por la misma.

La antena seleccionada para las instalaciones con los equipos PTP600 son antenas radiowaves de 4ft con feeder de doble polaridad, poseen un diámetro de 120cmt, adecuado para instalación

en una estructura de torres con vientos, tal como se muestra en la figura 2.14.



Figura 2. 14 Antena radiowaves 4ft.

Las características técnicas de la antena marca radiowaves de 4ft se presentan a continuación:

- Modelo: SP4-5.2
- Frecuencia de Operación: 5.250 - 5.850
- Polarización: doble.
- Ganancia dBi (nominal) : **34.6**
- Ancho del Haz °-3dBm: 3.4
- Diámetro : 120cm
- Peso: 60lb (27kg).
- Interface conector RF: N hembra

2.2.2.1.1 Polarización

La onda electromagnética irradiada está compuesta por dos campos de energía:

- a) campo eléctrico.
- b) campo magnético.

La energía de la onda se divide equitativamente entre los dos campos los cuales se expande por el espacio perpendicularmente entre sí a la velocidad de la luz o 300000000m/seg . Esta onda se expande en el inmenso vacío del espacio como una esfera, en todas las direcciones y llega el momento que se puede representar como una superficie plana. Este plano cuando la onda se encuentra suficientemente alejada del punto de origen se denomina plano de onda ver figura 2.15.

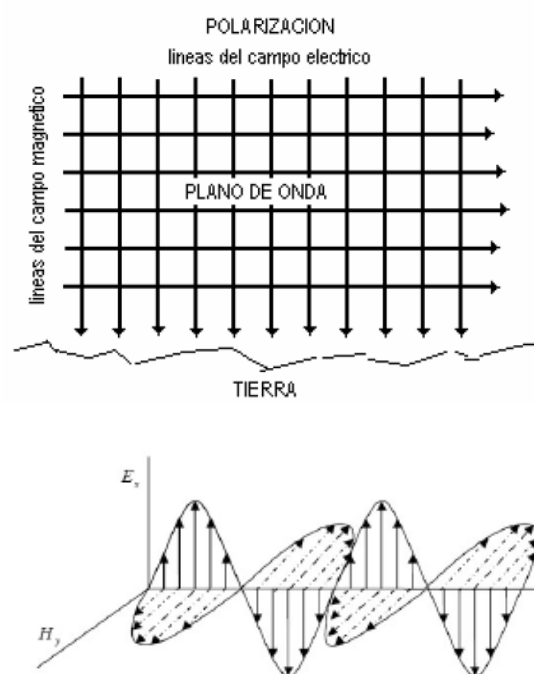


Figura 2. 15 Plano de la onda (wave front) y la polarización representados por las líneas del campo eléctrico (verticales) y magnético (horizontales) cruzadas perpendicularmente entre sí.

La polarización se la considera vertical cuando el sentido del campo eléctrico es perpendicular a la tierra y si el sentido del campo eléctrico fuera

horizontal se dice que la onda esta polarizada horizontalmente. Cuando la polarización es el punto intermedio entre horizontal y vertical se dice que se trata de una onda polarizada elípticamente.

Las antenas Radiowaves son denominamos a isotrópica porque radia la misma intensidad de radiación en todas las direcciones del espacio.

2.2.2.1.2 Ganancia

Para la instalación de los enlaces en los sitios: Telepuerto San Cristóbal, Cerro del Niño, Cerro El Camote, Nodo Santa Cruz se seleccionó

antenas parabólicas de 4 ft marca RadioWaves por tener características de ganancia de 34.2dBi, doble polarización, peso y tamaño adecuado. Esta selección de equipos satisface la compatibilidad de frecuencia de operación, conectividad con el canopy ptp600 OFDM y principalmente asegura estabilidad y futuro crecimiento de la red.

Tenga en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena. Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes).

Las características proporcionadas por el fabricante se encuentran en el anexo A2.

2.2.2.1.3 Directividad de Antenas en zonas urbanas

Se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia dada y la densidad de potencia que radiaría a esa misma distancia una antena isotrópica que radiase la misma potencia dada, ver la figura 2.16.

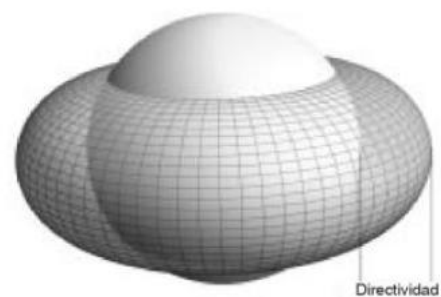


Figura 2. 16 Directividad de antena.

La Directividad de una antena refiere a cuanto concentra su radiación hacia una dirección preferente y se mide en dB, ver la siguiente fórmula:

$$D(\theta, \phi) = \frac{\rho(\theta, \phi)}{P_r / (4\pi r^2)}$$

Si no se especifica la dirección angular se sobre entiende que la directividad se refiere a la dirección máxima de radiación quedando la formula de la siguiente manera:

$$D = \frac{\rho_{\max}}{P_r / (4\pi r^2)}$$

La directividad en general se puede obtener, en general a partir del conocimiento del diagrama de radiación de la antena.

La distancia máxima alcanzable está limitada principalmente por la potencia del transmisor, la sensibilidad del receptor, los efectos causados por el fenómeno de multipath y por la curvatura de la tierra.

2.2.2.2 Selección de la Tecnología Inalámbrica

Actualmente el Ecuador posee redes de comunicación de banda ancha que ofrecen servicios a usuarios que combinan tecnologías con diferentes características que consisten en adaptar requerimientos y servicios como transmisión de voz, datos y video.

Las tecnologías inalámbricas están diseñadas con el fin de proveer servicios a segmentos de

mercado y están divididos en las siguientes redes:

- 1) Redes de área extensa (WAN)
- 2) Redes de área local o redes de área local sin cables (LAN).
- 3) Redes de área personal (PAN).
- 4) Redes de área metropolitana(MAN)

La característica principal de las tecnologías inalámbricas es el uso del espectro radioeléctrico, a continuación podemos citar las más importantes:

- I. Bluetooth.- permite establecer transmisiones de voz y datos a través de un radioenlace de corta distancia. Debido a su corto alcance y al bajo consumo de energía se le usa para conectar toda clase de dispositivos a la computadora, teléfonos celulares y palmtops. La

cobertura máxima que alcanza es de 20 metros.

II. WIFI (Wireless Fidelity).- para conexión de internet de banda ancha. La transmisión de los datos la realiza diez veces más rápido que Bluetooth y tiene un alcance de 100 metros en espacios cerrados. Un ejemplo son los hotspot de acceso público.

III. WIMAX.- está diseñado para cubrir una ciudad entera a través de estaciones base dispersas alrededor del área metropolitana.

IV. GPRS.- También conocido como servicio general de paquetes vía radio para la transmisión de datos no conmutada o por paquetes. Permite velocidades de transferencia de 56 a 144 kbps.

V. Satélite.- realiza funciones de un repetidor radioeléctrico localizados en órbita alrededor de la tierra, recibe señales generadas en la tierra, las amplifica y las vuelve a enviar a la tierra, localizado en el mismo punto donde se origino la señal u otro punto distinto. Las velocidades de transmisión de datos de subida y bajada para la banda ancha por satélite son relativamente bajas, los costos de operación son elevados y la calidad que presta esta tecnología dependerá de condiciones climáticas presentes en el medio.

El área técnica de Telconet S.A. después de analizar los diferentes tipos de tecnologías que existen en el Ecuador, factibilidad de enlaces, costos de equipamiento, políticas de calidad de servicio que permitan seguir el objetivo principal del diseño de red de Telconet S.A. Galápagos de

integrar y mantener una red de banda ancha convergente y escalable tomo la decisión como la mejor opción respecto a los diferentes tipos de tecnologías inalámbricas de banda ancha usar el Modelo conectorizado de 5.4Ghz de la serie PTP 600 porque cumple con las necesidades técnicas, de garantías, costos, seguridad, confiabilidad y por demás beneficios que ofrece innovadora tecnología de Motorola para redes de banda ancha.

Los beneficios del modelo PTP600 de Motorola conectorizado son: ganancia adicional de antenas externas, diversidad de frecuencia y espacio, modulación adaptiva, gestión avanzada de espectro i-dfs y además en el Ecuador existe variedad de distribuidores conocidos como Partners de Motorola los cuales venden estos equipos con variedad de precios.

2.3 Redes de Radiofrecuencia

Los elementos que componen la comunicación pueden ser divididos en 3 partes principales:

1. El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión, los equipos utilizados para el enlace entre islas son canopy modelo PTP600 con una potencia máxima efectiva de 25dBm.
2. Pérdidas en la propagación.
3. El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva (effective receiving sensibility)

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibeles) en el camino de las tres partes principales. En la figura 2.17 podemos ver los elementos que intervienen en la comunicación de radiofrecuencias.

A continuación se realiza el cálculo del margen de presupuesto de enlace entre Islas a una frecuencia de operación 5,4Ghz y distancia 90,5km entre Cerro el Niño y cerro Camote. Los siguientes son los valores característicos de los elementos:

- Potencia de transmisión de equipo PTP600: 25dBm
- Pérdidas de cable LMR400 a una longitud de 4mt: 1,6dB
- Pérdida en el espacio libre o FSL para la distancia de 90,5Km: 146,18dBm.
- Ganancia de 1 antena de 4ft radiowaves de doble polaridad: 34,2dB.

Potencia del transmisor [25 dBm] – Pérdida en el cable TX [1,6dB] + ganancia de antena TX [34,2 dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [146,18dB] + ganancia de antena RX [34,2dBi] – Pérdidas en el cable del RX [1,6dB] =
Margen

Presupuesto = Margen – Sensibilidad del receptor 64qam 0,75 dual [dBm].

Presupuesto= -55,9dB – (- 72.15)=16,25dB

De acuerdo a los valores estimados de presupuesto se establece que el enlace entre islas es factible. De acuerdo a el anexo A 4.1 se puede ver que los valores promedios y máximos de recepción del enlace entre cerro el niño y cerro camote son de 69.1dBm y 60.6dBm, su potencia de transmisión es de 19,7dBm para lo mínimo requerido. El cálculo del margen de recepción en la potencia máxima de trasmisión requerida de 25dBm da como resultado un valor estimado sería de 55.9dB, este valor es aceptable para mantener la modulación.

La diferencia que da como margen de error se estima que es resultado de fenómenos de multipath, perdidas por conexiones y alineamiento de antena.



Figura 2. 17 Muestra los elementos de comunicación de los equipos de radiofrecuencia.

Un enlace de la serie PTP 600 de Motorola consta de dos unidades exteriores (ODU), dos unidades interiores potenciadas, denominadas PIDU Plus de la serie PTP 600, además del equipo de instalación requerido. La correcta alineación de los enlaces se la llevo a cabo por software y habilitando un tono de audio en la ODU del PTP600. La administración del enlace ya sea de forma local o remota se la realiza por medio de una IP pública.

2.3.1 Estudio de Frecuencias

Las bondades de operación que ofrece del equipo canopy ptp600 es su capacidad de censar las frecuencias de operación dispersas en el ambiente y además por ser 5.4Ghz una banda de frecuencia no licenciada que pueden ser utilizadas por el público en general, las cuales no se encuentran bajo el control de ningún ente, llámese gobierno u organización. Otra característica de operación es que aplica automáticamente técnicas de mitigación de interferencia como la selección dinámica inteligente de frecuencia

I-DFS a fin de garantizar la máxima capacidad de transmisión y recepción.

Conociendo la velocidad de la luz, podemos calcular la longitud de onda para la frecuencia de nuestro enlace de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Longitud de onda } \lambda = c / f$$

Tomemos el ejemplo de la frecuencia para redes inalámbricas del protocolo 802.11a, la cual es:

$$f = 5,4 \text{ GHz} = 5.400.000.000 \text{ ciclos / segundo}$$

$$\text{Longitud de onda } \lambda = c / f = 3 \cdot 10^8 /$$

$$5,4 \cdot 10^9 = 0,55 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 5,55 \text{ cm.}$$

La frecuencia y la longitud de onda determinan la mayor parte del comportamiento de una onda electromagnética.

2.3.2 Potencia de Transmisión de los equipos

La potencia de transmisión del Equipo Motorola PTP600 están tiene un valor máximo de acuerdo a los códigos de región que varían siguiendo la regulación de cada país. El código de región adquirido de los equipos PTP600 es el 8 el cual tiene un valor máximo 25dBm. Los códigos de región se muestran en el anexo A2.1

El campo eléctrico se mide en V/m (diferencia de potencial por metro), la potencia contenida en él es proporcional al campo eléctrico al cuadrado

$$P \sim E^2$$

En la práctica, medimos la potencia por medio de algún tipo de receptor, por ejemplo. Una antena y un voltímetro, mediante un analizador de espectro o un medidor de potencia, un osciloscopio, o inclusive una tarjeta inalámbrica y una computadora portátil.

2.3.3 Pérdida de cable y espacio libre

Siguiendo el diseño de nuestra red se va analizar las pérdidas en los enlaces de radiofrecuencia causadas por 1) el tamaño de los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas y 2) por propagación de la onda electromagnética en el espacio libre.

Las pérdidas varían dependiendo del tipo de cable, la frecuencia de propagación, medio de propagación, conectores, diseño de la red (fresnel) y normalmente se miden en dB/m o dB/pies.

En el proceso de instalación de los enlaces de Telepuerto San Cristóbal a cerro el niño y cerro el niño a cerro camote en isla Santa Cruz se seleccionó para uso en la instalación el cable modelo LMR400 o comúnmente llamado RG8 de 1mt de largo que posee características de baja pérdida (0.22dB/m), flexible, resistencia a la

intemperie, blindaje de RF, estabilidad de fase, conectores y ensamblajes, ver figura 2.18 y figura 2.19.

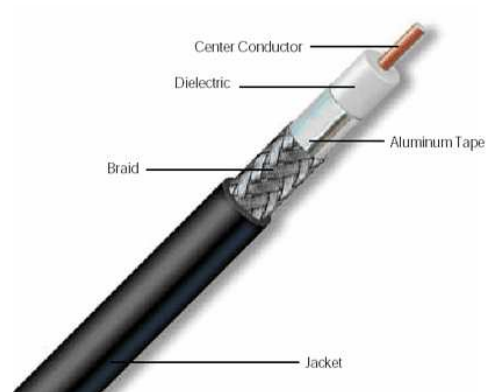


Figura 2. 18 Cable LMR-400.

La fabricación del cable para conexión entre la antena y el equipo PTP600 se la realiza con conectores N macho corrugados, como se muestra en la figura 2.18.

Las características de los Conectores N corrugados son las siguientes:

- Impedancia: 50 Ω
- Frecuencia: 0 - 11 GHz
- Pérdidas de retorno:
- 33 dB (1-2 GHz)

- 28 dB (2-3 GHz)
- Tensión máxima (RMS): 707 V



Figura 2. 19 Conectores tipo N.

La pérdida en el espacio libre (FSL) hace relación a la pérdida de potencia de la onda electromagnética en el aire sin considerar cualquier tipo de obstáculos entre los puntos de transmisión y recepción. De lo anterior antes expuesto citamos que la señal de radio se debilita en el espacio libre debido a la expansión en una superficie esférica y conforme se propaga en una línea recta a través del vacío sin ninguna absorción o reflexión de energía de objetos cercanos.

A continuación en la tabla 2.2 se muestra la fórmula para el cálculo de la pérdida de espacio libre o FSL y una tabla de pérdidas del enlace entre Islas:

$$FSL_{dB} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92,4$$

Donde

d = distancia en kilometros.

f = frecuencia en Gigahertzios.

K = constante que depende de las unidades usadas para d y f.

ENLACES	Distancia	Frecuencia	FSL (dB)
Telepuerto San Cristóbal- Cerro el Niño	9.45km	5.4ghz	126,556
Cerro El niño-Cerro el Camote	90.5km	5.4ghz	146,18
Cerro Camote-Nodo Santa Cruz	8.67km	5.4ghz	125,81

Tabla 2. 2 Calculo de pérdidas de espacio libre de enlaces de las islas Galápagos.

2.3.4 Sensibilidad de receptor

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita el canopy PTP600 para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits. En las comunicaciones de radiofrecuencia no es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar un funcionamiento adecuado. Esto se lo realiza realizando una relación entre la señal y el ruido, el cual lo calcula automáticamente el circuito del canopy PTP600.

De acuerdo a lo anterior antes expuesto se puede concluir que en situaciones donde hay muy poco ruido el enlace está limitado primeramente por la sensibilidad del receptor.

Esta característica de operación se muestra a continuación en la tabla 2.3. En el anexo A4.1 se muestra la modulación del enlace entre cerro el niño y cerro camote está operando en 64 QAM 0.75 dual y su valor típico de sensibilidad es -72.15 dBm en un enlace con frecuencia de operación de 5.4Ghz y un ancho de canal de 15Mhz. Nótese que Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio.

Modulation Mode	Threshold Value (dBm)				Output Power	Maximum Link Loss (dB)				
	Channel Bandwidth (MHz)									
	5 MHz	10 MHz	15 MHz	30 MHz	All Bands	5 MHz	10 MHz	15 MHz	30 MHz	
BPSK 0.63 single	-95.05	-94.58	-92.26	-88.90	+25	170.2	166.6	164.3	160.9	
QPSK 0.63 single	N/A	N/A	-89.21	-85.94	+24	N/A	N/A	160.2	156.9	
QPSK 0.87 single	N/A	N/A	-85.74	-82.37	+23	N/A	N/A	155.7	152.4	
16QAM 0.63 single	N/A	N/A	-83.58	-80.07	+22	N/A	N/A	152.6	149.1	
16QAM 0.63 dual	N/A	N/A	-79.91	-77.04	+22	N/A	N/A	148.9	146.0	
16QAM 0.87 single	N/A	N/A	-78.97	-75.92	+20	N/A	N/A	146.0	142.9	
16QAM 0.87 dual	N/A	N/A	-75.22	-71.78	+20	N/A	N/A	142.2	138.8	
64QAM 0.75 single	N/A	N/A	-75.74	-73.02	+18	N/A	N/A	140.7	138.0	
64QAM 0.75 dual	N/A	N/A	-72.15	-68.61	+18	N/A	N/A	137.2	133.6	
64QAM 0.92 single	N/A	N/A	-71.15	-67.55	+18	N/A	N/A	136.2	132.6	
64 QAM 0.92 dual	N/A	N/A	-67.17	-63.92	+18	N/A	N/A	132.2	128.9	
256QAM 0.81 single	N/A	N/A	N/A	-65.36	+18	N/A	N/A	N/A	130.4	
256QAM 0.81 dual	N/A	N/A	N/A	-60.95	+18	N/A	N/A	N/A	126.0	

Tabla 2. 3 Características de modulación y sensibilidad, ancho del canal, máxima pérdida de link, del equipo canopy Motorola PTP 600.

2.3.5 Modulación del Radio OFDM

La modulación OFDM se la considera confiable y es una solución para mitigar los fenómenos como desvanecimiento debido a las condiciones meteorológicas o frente a las interferencias de RF.

OFDM combina multiples de canales dentro de un solo canal con señal sobrelapadas, para obtener un mayor rendimiento con menos requerimientos de ancho de banda ver figura 2.20.

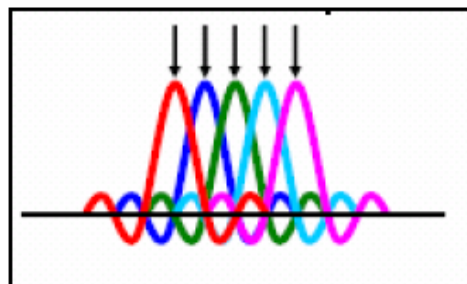


Figura 2. 20 Transmisión de un canal con señales sobrelapadas.

Las características de operación del equipo Canopy PTP600 son las siguientes; a) OFDM transmite sobre 1024 sub-portadoras por transmisor, b) capacidad analizar el espectro radioeléctrico y c) el equipo PTP600 realiza su modulación en modo adaptable entendiéndose que el transmisor y receptor negocian la velocidad de datos más alta que puedan mantener entre sí, posteriormente aumentan o disminuyen dinámicamente la velocidad a medida que cambian las condiciones en el medio de comunicación, es decir el equipo está en capacidad de cambiar su frecuencia de operación asimétricamente con el objetivo de incrementar la capacidad de transferencia de datos entre transmisión y recepción.

2.3.6 Límite de la longitud del paquete y su tiempo

La Serie PTP 600 funcionalidad se ha ampliado para incluir la especificación IEEE 802.1p. IEEE 802.1p utiliza paquetes Ethernet extendido por 4 bytes, como se especifica en IEEE 802.1Q para etiquetado de

VLAN, para priorizar paquetes a través de la interfaz inalámbrica, ver figura 2.21.

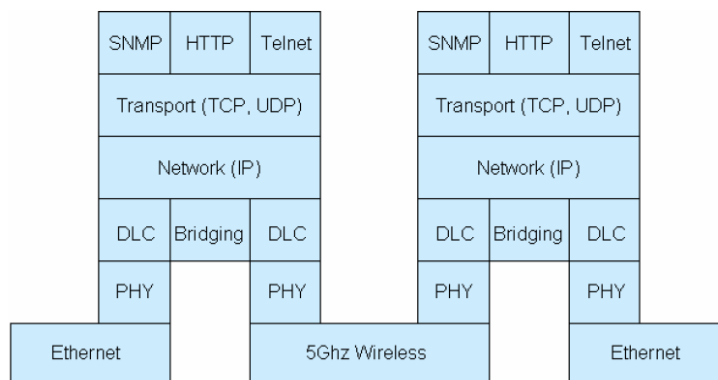


Figura 2. 21 Diagrama de Capas de equipos PTP600.

2.4 Sistema de Monitoreo

Siguiendo el estándar de ISO calidad 2001 el departamento de Radioenlace de Telconet Gye creó un indicador que mide la disponibilidad de la red. Este indicador sumado a otros, tienen como objetivo específico medir el índice de satisfacción del cliente final. Uno de los indicadores normalizados en los nodos de radiofrecuencia es: disponibilidad de la red mensual/ disponibilidad de la red total sobre un total de 54 nodos en los que se incluye los enlaces de las Islas Galápagos. Estos indicadores por medio de IP se miden con el software de gestión de redes WhatsUP.

Los beneficios de implementar un buen sistema para monitorizar la red son los siguientes:

- I. Los recursos y el presupuesto de red pueden justificarse. Entre las herramientas de monitoreo esta la aplicación para gestión de redes WhatsUp Gold, monitoreo SNMP, MRTG pueden demostrar sin lugar a dudas que la infraestructura de

red (ancho de banda, hardware y software) es confiable y capaz de manejar las necesidades de los usuarios de la red.

II. Los intrusos de la red pueden detectarse y filtrarse. Al supervisar el tráfico de su red, puede detectar a los atacantes e impedirles el acceso a los servidores y servicios de la red.

III. Los virus pueden detectarse con facilidad. Puede ser alertado/a sobre la presencia de virus y tomar las medidas adecuadas antes de que consuman ancho de banda de Internet y desestabilicen la red.

IV. La detección de problemas en la red es mucho más fácil. Usted puede ser notificado/a de inmediato sobre problemas específicos. El equipo PTP600 posee la capacidad de administrar adecuadamente el espectro mediante I-DFS se puede mitigar los fenómenos de multipath e interferencia.

V. El rendimiento de la red puede ser optimizado en gran medida. Por medio el puerto del switch cisco, existe otro sistema de monitoreo propietario de Telconet que realiza un análisis del

tráfico consumido y lo compara a la capacidad del enlaces instalado.

En conclusión un monitoreo efectivo, puede mejorar el funcionamiento de sus dispositivos y protocolos para lograr el mayor rendimiento posible de la red.

2.5 Requerimientos de Seguridad en la red

Siguiendo el estándar de la compañía ISO seguridad 27001 se sigue una política de seguridad que garantiza confiabilidad de la información para desarrollo y administración de los enlaces entre Islas.

Las políticas de seguridad informática conforman el conjunto de lineamientos que TELCONET debe seguir para asegurar la confiabilidad de sus sistemas y salvaguardar sus activos.

2.5.1 Seguridad Física

Siguiendo las normas de cableado estructurado en la implementación del sistema de red del enlace entre Islas, se consideró la seguridad física de equipos y del personal como un punto importante para garantizar confiabilidad, integridad y disponibilidad del servicio a los clientes finales. Los siguientes puntos considerados importantes son:

- Correcto sistema puesta a tierra.
- UPS y Baterías.
- Seguro contra daños de equipos o robo.
- Pararrayos.
- La estructura de la torre está en capacidad de soportar los equipos instalados y condiciones de viento sobre las antenas.
- Etiquetación e inventario del sistema de red.
- Seguridad para acceso a equipos.
- Mantenimientos preventivos de torre y equipos.

2.5.2 Seguridad Lógica

Un procedimiento a estas políticas es servirse del exclusivo software de Motorola, que tiene funcionamiento en cada enlace punto a punto inalámbrico. Esta comunicación se codifica mediante un mecanismo de codificación exclusivo de dirección física del equipo remoto ver figura 2.22.

Step 2: Wireless Configuration

Please enter the following wireless configuration parameters

Wireless data entry

Attributes	Value	Units
Target MAC Address	00:04:56: 30 : 4e : d5	

Figura 2. 22 muestra mecanismo de encriptación de los equipos PTP600 motorola.

En el diseño de la red se usa el estándar de equipos de red switches y routers marca CISCO. Los equipos del sistema de red como enrutadores, switches, wireless UPS, etc tienen niveles de usuario con accesos restringidos para que cualquier modificación sea con aprobación de cada administrador de red de Telconet.

Otro ejemplo de seguridad en los equipos switches y routers es deshabilitar el acceso por http, telnet reemplazado por el protocolo SSH, el uso de VLANs o usar IPs que puedan ser accedidas desde la red de Telconet.

La configuración del ancho de banda se la realiza en cada puerto del switch, y de igual manera en el servidor o router cisco del cliente o usuario final.

2.6 Análisis de Redes existentes en el Mercado

De acuerdo a la información publicada en la SUPERTEL en 2009 en las islas Galápagos, puedo indicar que la conexión lógica de datos entre islas se lleva a cabo mediante los medios de comunicación satelitales y de radiofrecuencias, ver anexo A1 Se puede concluir que el medio de radiofrecuencia es óptimo porque transporta una mayor cantidad de información a baja latencia.

2.7 Ventajas y Desventajas de transmitir con Radio, Fibra o Cobre

Las ventajas de transmitir información con enlaces de radiofrecuencias sobre enlaces de fibra o cobre son los siguientes:

- a) Tiempo de instalación
- b) Reducción de los costos.
- c) Retorno de la inversión: en tiempo y dinero

EL equipo instalado PTP600 utiliza un número de tecnologías para hacer el enlace inalámbrico más resistente a interferencias y multidireccional e incluyendo:

- 1) Codificación y modulación adaptantes.
- 2) Selección Automática De la Frecuencia.
- 3) Diversidad De Antenas.

La desventaja de las redes inalámbricas es que tiempo de respuesta hacia el usuario final. Además se puede ver afectada por fenómenos naturales, intrusos e interferencias de radiofrecuencia.

De acuerdo al equipamiento, las conexiones de fibra óptica presenta variedad de capacidad, baja latencia e insensibilidad a la interferencia, pero esta alternativa es muy costosa principalmente en la instalación por ejemplo El cableado de fibra óptica para los usuarios finales del servicio de red requieren de postería.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y ANÁLISIS DE CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA Y ENERGIZACIÓN

En el presente proyecto de tesis se explicará la metodología usada para la instalación de un correcto sistema de puesta a tierra. En el funcionamiento de los equipos electrónicos es importante contar con un plan que nos ayude a minimizar los daños eléctricos que afecten la disponibilidad del servicio a los usuarios. Esto inicia con el análisis de la carga, fuentes de energía de los equipos instalados, resistividad del terreno, instalación de pararrayos, para atenuar las posibles amenazas que puedan presentarse tales como la diferencia de potencial entre todos los objetos metálicos, voltajes peligrosos y principalmente

descargas eléctricas que puedan causar algún daño a personas, materiales y equipos.

3.1 Especificaciones Técnicas constructivas

Para la construcción de un sistema a tierra se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a) Dimensiones de la infraestructura que se desea proteger ejemplo edificio, cuarto de comunicación, altura de la torre.
- b) Puntos más vulnerables de los puntos a proteger.
- c) Forma e inclinación del techo.
- d) Altura de las antenas.
- e) Elementos metálicos existentes a nivel de techo: ductos de aire acondicionado, escaleras de cables, etc.
- f) Disposición de cañerías de agua, eléctricas, etc.
- g) Ubicación de las salas de equipos o sistema sensible a falla.

3.2 Resistividad del Terreno

Para el diseño y análisis de las conexiones a tierra se ha iniciado con la descripción de la resistividad del terreno del punto de repetición este valor depende de las variaciones estacionarias por ejemplo humedad, temperatura que sobre la constitución del terreno pueden aumentar o disminuir el valor a medir.

En los sistemas eléctricos se usa la siguiente metodología para calcular la resistividad del terreno, siguiendo la figura 3.1:

- a) Se introducen superficialmente cuatro electrodos con la misma separación a una profundidad de penetración (b) la cual debe ser menor que el espacio entre los electrodos (a), en donde ($a \geq 20b$).
- b) Se aplica una corriente conocida entre los dos electrodos exteriores y con el uso de un probador de tierra se mide el potencial entre el par interior. Los valores de potencial obtenidos se van a ingresar a la siguiente fórmula que nos indicara el valor de resistividad promedio del suelo en ohm.m:

$$\rho = 2 \pi \cdot A \cdot (V/I)$$

Donde la distancia entre electrodos A y la profundidad del electrodo B están medidas en cm.

A continuación citamos un ejemplo, Aplicamos valores conocidos de corriente de $I=1A$ y se obtuvo un valor de potencial $E=15V$ por la ley de Ohm podemos obtener una resistencia de $R=15\Omega$ a una distancia A entre electrodos igual a 450cm. De acuerdo a esta información obtenida se aplica en la formula de resistividad:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot 450\text{cm} \cdot 15\Omega = 42.390 \Omega\text{-cm}$$

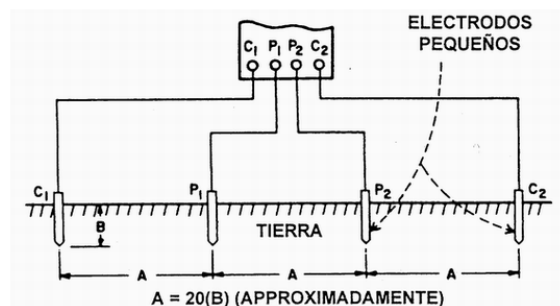


Figura 3. 1 Método de las 4 picas usado como método para medir la resistividad de suelo.

Como ejemplo de valores de resistividad de terrenos se adjunta la siguiente tabla 3.1.

MATERIALES	RESISTIVIDAD EN OHM · METRO
Sal gema	10^{13}
Cuarzo	10^9
Arenisca, guijarros de río, piedra triturada	10^7
Granitos compactos	$10^6 - 10^7$
Rocas compactas, cemento ordinario, esquistos	10^6
Carbón	$10^5 - 10^6$
Rocas madres, basaltos, diabases, cascajos y granitos antiguos (secos)	10^4
Guijarros de río y cascajo piedra triturada húmedos	5×10^3

Terrenos rocosos, calizos (jurásico) secos	3×10^3
Granitos antiguos (húmedos)	$1,5 \text{ a } 2 \times 10^3$
Yeso seco	10^3
Arena fina y guijarros (secos)	10^3
Grava y arena gruesa (seca)	$10^2 - 10^3$
Arena arcillosa, grava y arena gruesa húmeda	5×10^2
Suelos calcáreos y rocas aluvionarias	$3 \text{ a } 4 \times 10^2$
Tierra arenosa con humedad	2×10^2
Barro arenoso	$1,5 \times 10^2$
Margas turbas, humus muy secos	10^2
Margas y humus secos	50
Arcillas (secas)	30
Margas, arcillas y humus húmedos	10

Arcilla ferrosas, piritosas	10
Esquistos gráficas (húmedos y secos)	Menos de 5
Agua de mar	1
Soluciones salinas	0,1 - 0,001
Minerales conductores	0,01
Grafitos	0,0001

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHM .
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humos	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Marcas v arcillas compactas	100 a 200
Marcas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas acrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica v cuarzo	800
Granitos v gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos v gres alterados	100 a 600

Tabla 3. 1 Resistividad de terrenos.

Estos valores permiten tener una referencia, además se tomará en cuenta que la resistividad varía con la humedad, temperatura, estratos y diferentes estaciones del año, por lo cual lo mejor es llevar un registro de datos calculados cada cierto periodo de tiempo y analizarlos continuamente en la misma época del año.

3.3 Corriente de Cortocircuito

Uno de los fenómenos que regularmente afectan un sistema de red eléctrica es el cortocircuitó. Un cortocircuito se manifiesta por la disminución repentina de la impedancia de un circuito determinado, lo que produce un aumento de la corriente.

La duración del cortocircuito es el tiempo en segundos o ciclos durante el cual, la corriente de cortocircuito circula por el sistema. El fuerte incremento de calor generado por tal magnitud de corriente, puede destruir o envejecer los aislantes del sistema eléctrico, por lo tanto, es de vital importancia reducir este tiempo al mínimo mediante el uso de las protecciones adecuadas.

La planificación, el diseño y la operación de los sistemas eléctricos contienen estudios para evaluar su comportamiento, confiabilidad y seguridad.

Los estudios de operación de un sistema eléctrico se complementan con flujos de potencia, estabilidad, coordinación de protecciones, cálculo de cortocircuito, etc. Además la elección del dispositivo de protección debe tener en cuenta tanto la corriente máxima como la mínima de cortocircuito.

Para calcular la Corriente máxima de cortocircuito usamos la siguiente fórmula:

$$S \geq \frac{I_{cc} \sqrt{T}}{C}$$

La sección (S) elegida para el conductor es suficiente para soportar la máxima corriente de cortocircuito (I_{cc}) donde:

T = duración del cortocircuito (sec.)

S = sección del conductor (mm²)

I_{cc} = corriente de cortocircuito (A)

C = 115 para cables en cobre aislados en PVC (160°C)

C = 74 para cables en aluminio aislados en PVC (160°C)

C = 143 para cables en cobre aislados en XLPE (250°C)

C = 92 para cables en aluminio aislados en XLPE (250°C)

Nota: La relación arriba indicada es valida para tiempos breves (para un máximo de 5 sec.) Valor del coeficiente C en función de la temperatura inicial y final de cortocircuito para conductor de cobre.

A continuación la tabla 3.2 se realiza una breve descripción de estos componentes:

Temperatura inicial (°C)	Temperatura de cortocircuito (°C)					
	140	160	180	200	220	250
90	86	100	112	122	131	143
85	90	104	115	125	134	146
80	94	108	119	129	137	149
75	99	111	122	132	140	151
70	103	115	125	135	143	154
65	107	119	129	138	146	157
60	111	122	132	141	149	160
50	118	129	139	147	155	165
40	126	136	145	153	161	170
30	133	143	152	159	166	176

Tabla 3. 2 Valor del coeficiente C en función de la temperatura inicial y final de cortocircuito para conductor de cobre.

La determinación de la corriente de cortocircuito mínima presenta, en la mayor parte de los casos, puede ser efectuada con las formulas a) y b) indicadas a continuación, admitiendo un aumento del 50% de la resistencia del circuito respecto al valor a 20°C, debido al recalentamiento de los conductores causado por la corriente de cortocircuito, y teniendo en cuenta una reducción al 80% de la tensión de alimentación, por efecto de la corriente de cortocircuito respecto a la tensión nominal de alimentación. En caso de conocerse el valor de la impedancia del circuito, el coeficiente 0.8 se debe sustituir por el valor preciso. La formula de cortocircuito mínima debido a que el conductor neutro pierde estabilidad es la siguiente:

$$I_{cc} = \frac{0.8U}{1.5 \rho \frac{2L}{S}}$$

Donde:

U = tensión concatenada de alimentación en Volt

ρ = resistividad a 20°C del material del conductor en ohm.mm²/m
(0.018 para 0.027 para el aluminio)

L = longitud del conductor de protección en m

S = sección del conductor en mm²

I_{cc} = corriente de cortocircuito presunta

La formula de cortocircuito mínima debido a que el conductor neutro es distribuido o constituido por el mismo material:

$$I_{cc} = \frac{0.8U_0}{1.5\rho(1+m)\frac{L}{S}}$$

Donde:

U₀ = tensión de fase de la alimentación en Volt

m = relación entre la resistencia del conductor neutro y la resistencia del conductor de fase (en el caso que estén constituidos por el mismo material, es igual a la relación entre la sección del conductor de fase y la del conductor neutro).

Los dispositivos de protección usados en los sistemas eléctricos de baja tensión en el sistema eléctrico de Telconet S.A. Galápagos que tienen como objetivo mitigar los daños causados por cortocircuitos son: fusibles limitadores, interruptores termo magnéticos y conjuntos relés - interruptores de potencia, etc.

3.3.1 Fusibles limitadores

Los fusibles son dispositivos de sobre corriente con una parte extraíble que de acuerdo a su característica de fabrica, limita corriente mediante la apertura del circuito asociado al mismo. Los fusibles son diseñados para actuar mucho más rápido que los fusibles normales, ya que pueden realizar la apertura del circuito en menos de $\frac{1}{4}$ de ciclo a 60 Hz, antes que la magnitud de la corriente de cortocircuito llegue a sus valores máximos permitidos. Entre los componentes que permiten una protección a corrientes de cortocircuito son interruptores o contactores de bajo voltaje.

3.3.2 Interruptores termo magnéticos (breakers, interruptores de caja moldeada)

Los interruptores termo magnéticos tienen características de funcionamiento que operan para abrir o cerrar un circuito eléctrico manualmente y cerrar automáticamente cuando circula por él un valor predeterminado de sobre corriente (sobrecarga o cortocircuito). Estos sistemas de protección de sobre corriente tienen uso frecuente en casas, en sistemas eléctricos industriales y en edificios, poseen dos acciones de disparo, una térmica y otra magnética. La acción de disparo térmica (protección contra sobrecargas), se obtiene a base del empleo de un dispositivo bimetálico que se calienta al circular por él la corriente. La curva de operación de la acción térmica se conoce como "curva de corriente de tiempo inverso" ya que el dispositivo bimetálico actúa más rápidamente mientras mayor sea la corriente de sobrecarga. La acción de disparo magnética (protección contra cortocircuitos), se obtiene al conectar un electroimán en serie con el dispositivo bimetálico. Cuando ocurre un cortocircuito, la corriente activa al

electroimán, abriendo los contactos del interruptor instantáneamente (menos de un ciclo).

3.3.3 Interruptores de Potencia con unidades de disparo (relés) de estado Sólido

Los interruptores de potencia de disparo (relés) tienen uso frecuente cuando los niveles de corriente no permiten el uso de dispositivos de acción directa. Los relés de estado sólido presentan bastante exactitud en los umbrales de disparo y tienen curvas de operación ajustables según la necesidad. Generalmente estas unidades de disparo incluyen las siguientes funciones:

- I. Disparo instantáneo: el interruptor opera inmediatamente al ocurrir la falla. Se utiliza para zonas del circuito donde los cortocircuitos deben despejarse en forma rápida para evitar daños.

- II. Curva de retardo largo (L.T.D.): se utiliza para limitar las sobrecargas en el orden de segundos a minutos.
- III. Curva de retardo corto (S.T.D.): se provoca un retardo intencional de pocos ciclos de corriente con el objetivo de lograr coordinación con protecciones.

3.3.4 Falla a Tierra

Para mitigar las fallas de las conexiones a tierra se fija el umbral de corriente y el tiempo de retardo para la operación del interruptor en caso de cortocircuitos monofásicos. Para el monitoreo de corriente de falla a tierra generalmente se instala transformadores en conexión residual con características de detección de flujo de corriente por tierra. De acuerdo al diseño de red eléctrico, esta función debe tener un ajuste en corriente y tiempo coordinado con protecciones falla a tierra.

Para mitigar las fallas de un sistema de puesta a tierra se recomienda:

- Las abrazaderas a usarse en sistemas de puesta a tierra deben ser adecuadas para el número y tipo de conductores. Además, deben de ser compatibles con los materiales de conductores y de los electrodos de puesta a tierra.
- El problema de lograr una resistencia baja en la roca así como en otros suelos de alta resistividad, está asociada con el material en contacto con el electrodo y la compactación que éste recibe al rellenar el agujero.
- El relleno ideal debe compactarse fácilmente, ser no corrosivo y a la vez buen conductor eléctrico. La bentonita entre otros compuestos como el sulfato de magnesio o de sulfato de cobre, o de compuestos químicos patentados.

3.4 Diseño de la puesta Tierra

Mediante el empleo de diseños y tecnologías adecuadas la metodología del diseño de un sistema de puesta a tierra debe identificar las amenazas a que está expuesto el equipamiento de conexión eléctrica, personal técnico que labora en el sitio y mitigar riesgos con el objetivo de crear una protección eléctrica que garantice la confiabilidad de la red. La principal fuente de daño a equipos y personas son los producidos por cargas atmosféricas. Como por ejemplo hay dos formas diferentes mediante las cuales un rayo puede dañar el equipo: con un impacto directo o por inducción. Los impactos directos son cuando el rayo realmente alcanza la torre o la antena. El impacto inducido se produce cuando el rayo cae cerca de la torre. En general, cualquier tipo de rayo va a destruir el equipo que presente problemas de diseño de puesta a tierra o que esté sin protección.

A continuación la figura 3.2 se muestra el diagrama del circuito eléctrico simplificado del PTP600:

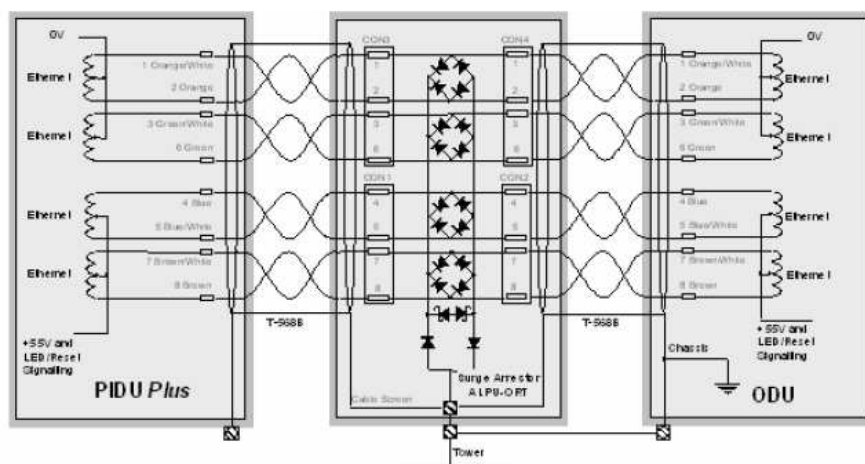


Figura 3.2 Diagrama simplificado del circuito PTP600.

El sistema de puesta a tierra provee un camino de baja impedancia para derivar a tierra corrientes de fuga y disturbios presentes en las redes de energía, a través de los dispositivos de protecciones específicos.

Las jabalinas a utilizar serán del tipo Copperweld de 5/8 de pulgadas y un largo mínimo de 3 metros, recomendándose según la resistividad del suelo:

- Humus pampeano: Jabalina de 5/8 " x 3metros
- Arenas varias: Jabalina de 5/8 " x 6 metros

En los sistemas de puesta a tierra se presentan las siguientes características:

- La cantidad de electrodos en paralelo proporcionan una resistencia menor al suelo que un sistemas que use un sólo electrodo.
- De acuerdo a cálculos de resistividad existen métodos que permiten un mejor rendimiento de nuestro sistema de red eléctrico.
- Incrementando el diámetro de la barra de tierra o jabalina no reduce la resistencia del sistema.
- Cuando una barra de toma a tierra es enterrada profundamente su resistencia es reducida sustancialmente. Los diámetros prácticos mínimos por limitaciones de enterrado para barras de 10ft o 3mt son a) 1.27mt en tierra promedio. b) 1.59cm en tierra húmeda. c) 1.91cm en tierra dura o para profundidades de enterrado de más de 3 mt.

La instalación de varias varillas en paralelo es una manera muy efectiva de bajar la resistividad, sin embargo cuando las varillas de tierra se instalan muy cerca una de otra, cada una afecta la impedancia del circuito, para resolver este fenómeno se recomienda el método del 62% aplicable cuando los tres electrodos están en línea recta y se denomina electrodo auxiliar al electrodo de medio que se encuentra a una distancia de 62% de los electrodos de sus extremos, tal como se muestra en la figura 3.3.

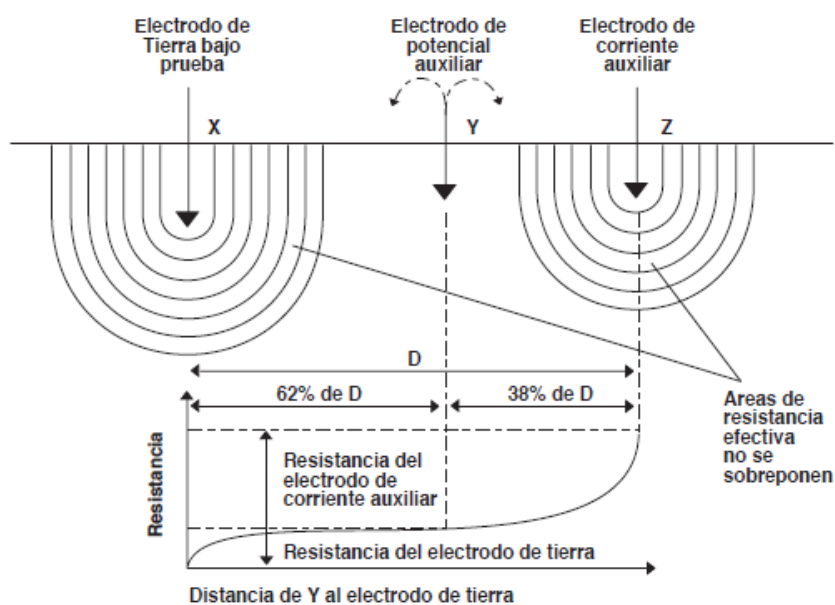


Figura 3. 3 Electrodos usando método de 62%.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 tiene como norma que la distancia entre varillas o de cualquier electrodo, no debe ser menos de 1,8 m, aunque se recomienda que estén separadas más del largo de cualquiera de ellas. Por ejemplo, dos varillas en paralelo a 3 metros de distancia ofrecen una resistencia del 60% de la resistencia a tierra de una sola de ellas. Pero, incrementando ese espaciamiento a 6 m, la reducción de la resistencia es del 50%.

En los sistemas de electrodos múltiples o de malla (ver figura 3.4), el método de 62% no es aplicado directamente, en este caso la distancia entre los electrodos auxiliares se basa en la distancia del cuadrado diagonal.

3.5 Diseño del Pararrayos

La instalación de los pararrayos debe garantizar la protección eléctrica de torres de vientos, equipos y principalmente de la infraestructura de el telepuerto de la isla San Cristóbal, contra descargas atmosféricas directas ejemplo rayos. El objetivo principal de este diseño es que nuestro sistema este en capacidad de canalizar las corrientes eléctricas hacia la tierra y mitigar fenómenos como inducción eléctrica, diferenciales de potencial sobre los cables de conexión a tierra.

Una instalación de un pararrayos está dividida en tres partes:

- i. Estructura de recolección
- ii. Estructura de descenso
- iii. Estructura de flujo (tomas de tierra propias)

En los sistemas de puesta a tierra para una correcta protección del pararrayo todo tipo de antena a instalar en una torre deberá

estar necesariamente debajo del "cono de protección" del pararrayos y deben ajustarse a la norma IRAM 2184 . Se define así al cono de 30° con vértice en el extremo superior del pararrayos, tal como se muestra en la figura 3.5. y la figura 3.6 muestra las conexiones de los anclajes a la torre.

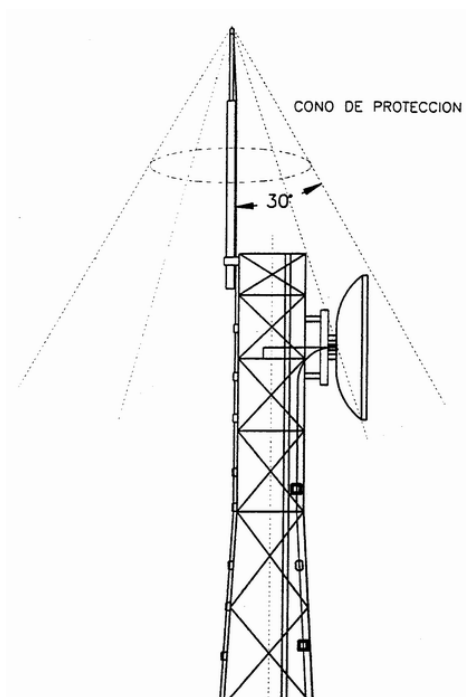


Figura 3. 5 Correcta instalación de pararrayo.

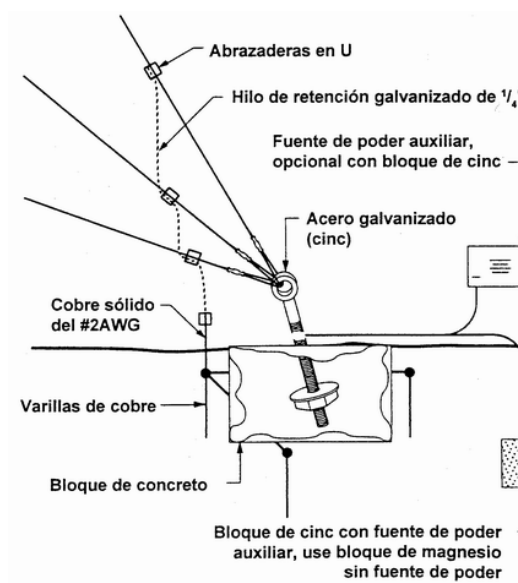


Figura 3. 6 Conexión a tierra en los puntos de anclaje a la torre.

3.6 Diseño de plan de contingencia eléctrico.

Siguiendo el estándar de seguridad ISO 27001 el Plan de Contingencias realiza un análisis de los posibles riesgos a los cuales pueden estar expuestos los activos de comunicación, personal que labora en los nodos de la compañía Telconet y elaborar un Plan de Recuperación de desastres, el cual tendrá como objetivo la reducción de la vulnerabilidad, es decir la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes causados por un evento. El plan incluye restaurar el Servicio de de transmisión de datos e internet en forma rápida, suficiente, con el menor costo y pérdidas posibles por evento. Si bien es cierto que se pueden presentar diferentes niveles de daños, también se hace necesario presuponer que el daño ha sido total, con la finalidad de tener un Plan de Contingencias lo más completo posible. Pese a todas las medidas de seguridad implementadas puede ocurrir un desastre.

La documentación presentada podrá servir como un repositorio centralizado para la información, tareas y procedimientos que puedan ser necesarios para facilitar la toma de decisiones, así

como de desarrollar procesos y definir sus tiempos de respuesta ante cualquier falseo o interrupción extendida de las operaciones normales y servicios de la compañía Telconet. En conclusión En términos de personal, y recursos financieros, las tareas de información y procedimientos detallados en este plan, son de vital importancia contar con un plan de cómo responder, restaurar y recobrar. Por lo tanto, es esencial que la información y planes de acción de este plan, se mantengan viables por ejemplo en cada nodo o el centro de operaciones de la compañía y puedan ser mantenidos actualizados para poder asegurar la efectividad en el momento de su ejecución. Además deberá ser revisado semestralmente por el jefe de seguridad Lógica de la compañía Telconet como evaluador del estándar ISO seguridad 27001 antes y después de que se materializó una amenaza.

3.6.1 Amenazas

La tabla 3.3 muestra las amenazas más comunes que podrían impactar la continuidad y componentes de sistemas y su administración. Las amenazas que son presentadas con (XX) pueden afectar la idea de negocio:

Probabilidad de riesgo	ALTA	MEDIA	BAJA
Falla del aire acondicionado		X	
Accidente aéreo			X
Sabotaje /Terrorismo		X	
Amenazas de Bomba			X
Frío/Helada/ Nieve			X
Perdida de Comunicación		X	
Destrucción de la Información		X	
Terremotos			X
Fuego		XX	
Inundación/Daño por agua			X
Corte Eléctrico / Interrupción			X
Tormentas / Huracanes		X	
Vandalismo		X	
Robo		XX	

Tabla 3. 3 Probabilidad de Riesgo de la red Telconet Galápagos.

3.6.2 Fase de Contingencia.

El Coordinador del Plan de contingencia Eléctrica de Telconet, en conjunto con sus directivos, deberá determinar cuáles equipos y miembros son responsables de cada función durante ejecución de diferentes fases del plan.

El plan de contingencias comprende cuatro planes.

3.6.2.1 Plan de respaldo.

Contempla las medidas preventivas antes de que se materialice una amenaza. Su finalidad es evitar dicha materialización.

Las acciones preventivas a la contingencia son las siguientes:

- 1) Disponibilidad de una planta de emergencia o generador que suministre energía regulada en cada nodo o centro de cableado
- 2) Supervisar semanalmente el nivel óptimo de combustible, agua, baterías, etc.
- 3) Disponer de un plan de mantenimiento semestral con supervisiones mensuales.
- 4) Supervisar el combustible de respaldo en el área de servicios generales
- 5) Disponer de equipo de emergencia contra incendios en los nodos, puntos de repetición o vehículos.
- 6) Contar con el mapa eléctrico del área en la planta y archivado, identificando los contactos respaldados y regulados
- 7) Contar con un procedimiento de operación y uno en caso de un mal funcionamiento
- 8) Contar con tierras físicas independientes a los servicios de telecomunicaciones.
- 9) Determinar semestralmente el tiempo efectivo y real de respaldo del UPS con respecto a las diferentes cargas.

- 10) Conformar un directorio de los responsables del suministro eléctrico en cada nodo, con la responsabilidad y procedimientos para reportar cualquier incidente a las áreas involucradas (Jefaturas, NOC, Servicio al cliente, Área técnica, etc.) ver anexo A6.
- 11) Capacitación del personal para el uso adecuado de extinguidores por parte de servicios de bomberos y uso del generador.

3.6.2.2 Plan de Emergencia

Las medidas necesarias durante la materialización de una amenaza, o inmediatamente después de haber ocurrido, tienen como finalidad contrarrestar los efectos adversos a la misma.

A continuación se ha identificado a las siguientes acciones cuando ha ocurrido una emergencia eléctrica:

- i. Notificar a los usuarios afectados la probable baja de los servicios de comunicación.
- ii. Realizar un procedimiento de ejecución de respaldos de emergencia a las informaciones de servidor Web, mail, DNS, switches, configuraciones de equipo activo principales y centrales, etc . Este respaldo va de acuerdo a la información de diseño de la red y de configuración almacenadas por cada responsable de activos de información.
- iii. Contar con una tabla de claves equipos, número telefónicos de los responsables de cada área técnica y prioridades para dar aviso a los usuarios prioritarios con el fin de optimizar tiempo y recursos.
- iv. Solicitar revisión periódica (semestral) del estado y óptimo funcionamiento de los bancos de respaldo eléctrico en los equipos del proveedor de medios.

- v. Asignar jerarquía a los equipos Activos y Servicios para ejecutar medidas mayores (darlos de baja).
- vi. Determinar las fases de una contingencia de esta índole.

3.6.2.3 Plan de Recuperación

Contempla las medidas necesarias después de materializada y controlada la amenaza. Su finalidad es restaurar el estado de las cosas tal y como se encontraban antes de la materialización de la amenaza.

A continuación se realiza un procedimiento para la recuperación del sistema de red por emergencias eléctricas:

- 1) Monitorear el UPS cada 20 min. para programar acciones mayores.

- 2) Apagar los equipos no prioritarios como impresoras, monitores o PC que no demanden su uso.
- 3) Cada técnico responsable de cada área debe disponer o contar con radios de comunicación para reemplazo en caso de posible robo.
- 4) Restablecer los equipos activos y servicios que se dieron de baja, en forma paulatina.
- 5) Validar el correcto funcionamiento de los equipos activos y servicios.
- 6) Identificar los posibles daños de los equipos activos.
- 7) Notificar a los usuarios afectados el restablecimiento de los servicios y su condición.
- 8) Evaluar los daños de los equipos activos, planta de emergencia, UPS y canalizarlos a las áreas involucradas.

3.6.2.4 Sistema de Monitoreo Eléctrico

Afortunadamente, el monitoreo de la red no necesita ser una labor costosa, podemos disponer de numerosas herramientas que nos permitirán realizar monitoreo del sistema de red tales como ups.

Los Ups instalados en los nodos de la red de Telconet Galápagos son de marca APC. Entre las características de los UPS son: tarjeta de monitoreo IP para el acceso remoto, registra datos acerca la operación del UPS, como tensiones y cargas, con una descripción y un sello que indica la hora y la fecha para facilitar el diagnóstico de problemas, tiempo de operación, estado de baterías y notificación de eventos mediante el protocolo de operación SNMP, que permite de eventos relacionados con UPSs a los correo electrónicos seleccionado por el administrador de red.

Entre las modificaciones que se adaptaron a este UPS fue instalación en paralelo de baterías externas con su respectivo cargador, para aumentar el tiempo de operación eléctrico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término del informe de trabajos profesionales puedo concluir lo siguiente:

- 1) Siguiendo los estándares de seguridad ISO27001 se concluye que la seguridad de la red en el entorno de empresarial para prestación de servicios a los usuarios, depende de las políticas de seguridad que se planteen.
- 2) Los beneficios de equipos Motorola modelo PTP 600 como la mitigación de la interferencia y el rendimiento varían de acuerdo a la modulación adaptable y administración avanzada del espectro mediante i-DFS o selección dinámica de frecuencia inteligente.
- 3) Las características de equipos instalados se puede obtener una capacidad de transmisión de datos de 42Mbps.
- 4) Se comprueba la viabilidad de los enlaces entre Islas, cumple con todas las especificaciones necesarios de funcionamiento, además, se calcula una recepción teórica de -55.9 dB, mientras que la recepción del enlace una vez funcionando con la potencia máxima permitida fue de -60.6 dB.

Al término del informe de trabajos profesionales se recomienda lo siguiente:

- 1) Se recomienda que existan diferentes niveles de seguridad desde básico hasta muy complejo. Una desventaja de la implementación de normas de seguridad podría reducir el rendimiento de la red.
- 2) Se recomienda seguir de muy cerca el régimen regulatorio del Ecuador y tomando en cuenta la importancia de homologar el enlace de radiofrecuencia.
- 3) Se debe complementar la información técnica con un análisis de costos beneficios que permita tener una idea de los gastos que incurren en la implementación y beneficios que obtendrán de la inversión económica realizada.
- 4) Se recomienda realizar un cronograma de mantenimiento periódico de equipos, cableado, torres de transmisión, mínimo 6 meses o 1 año.

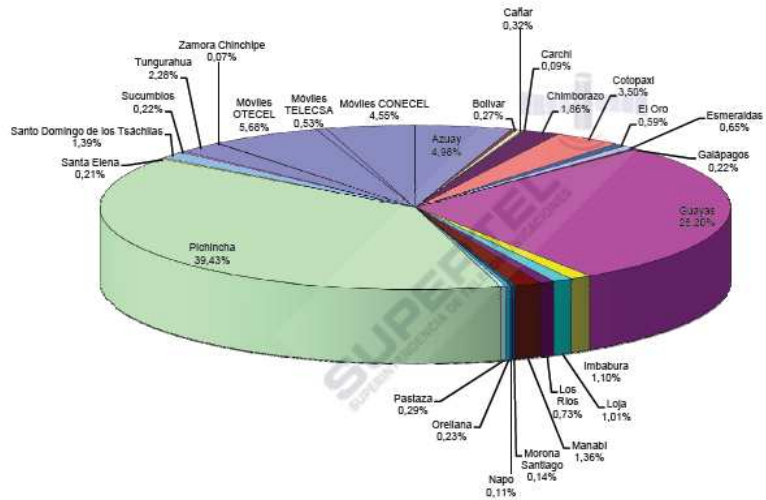
ANEXOS

A1 Demanda de Clientes de servicios de Internet por Provincias del Ecuador

DATOS DE CUENTAS Y USUARIOS DE INTERNET POR PROVINCIA EN PORCENTAJE
 MES: DICIEMBRE
 AÑO: 2009

No.	PROVINCIA	Cuentas Conmutadas	Componente Cuenta conmutadas (%)	Cuentas Dedicadas	Componente Cuentas Dedicadas (%)	Cuentas Totales	Componente Cuentas totales (%)	Estimado de Usuarios Conmutados	Componente Estimado de Usuarios Conmutados (%)	Estimado de Usuarios Dedicados	Componente Estimado de Usuarios Dedicados (%)	Estimado de usuarios totales	Componente Estimado Usuarios totales (%)	Número de habitantes Dic 09	% de habitantes provincia que acceden a Internet
1	Azuay	18006	37,80%	0042	2,05%	22048	4,01%	84024	37,80%	34535	2,16%	98559	4,98%	702.994	14,02%
2	Bolivar	85	0,15%	1269	0,43%	1334	0,24%	280	0,15%	5084	0,32%	5344	0,27%	183.193	2,82%
3	Cañar	838	1,86%	641	0,22%	1479	0,27%	3352	1,59%	2927	0,18%	6279	0,32%	231.538	2,71%
4	Carchi	112	0,26%	327	0,11%	439	0,08%	448	0,26%	1355	0,08%	1803	0,09%	199.877	1,08%
5	Chimborazo	568	1,34%	8601	2,91%	9169	1,67%	2272	1,34%	34511	2,16%	36783	1,86%	455.212	8,08%
6	Cotopaxi	178	0,42%	17086	5,78%	17264	3,13%	712	0,42%	68414	4,29%	69126	3,50%	418.187	16,61%
7	El Oro	677	1,60%	2209	0,75%	2886	0,52%	2708	1,60%	8991	0,56%	11699	0,59%	831.679	1,85%
8	Esmeraldas	454	1,10%	2380	0,80%	2834	0,51%	1858	1,10%	11017	0,69%	12873	0,65%	453.557	2,84%
9	Galápagos	292	0,69%	477	0,16%	769	0,14%	1168	0,69%	3142	0,20%	4310	0,22%	23.893	18,08%
10	Guayas	4199	9,52%	91582	31,04%	95781	17,41%	18796	9,52%	840882	33,50%	859678	28,20%	3.432.448	16,25%
11	Imbabura	434	1,02%	4640	1,67%	5074	0,98%	1738	1,02%	19222	1,23%	21958	1,10%	414.451	5,23%
12	Loja	624	1,47%	2882	0,98%	3506	0,64%	2499	1,47%	17544	1,10%	20040	1,01%	442.011	4,53%
13	Los Rios	137	0,32%	2024	0,69%	2161	0,39%	548	0,32%	13818	0,87%	14464	0,73%	788.207	1,85%
14	Manabí	947	2,24%	4930	1,47%	5877	0,98%	3788	2,24%	23945	1,44%	28833	1,36%	1.348.438	1,99%
15	Morona Santiago	113	0,27%	327	0,11%	440	0,08%	452	0,27%	2389	0,15%	2821	0,14%	135.287	2,09%
16	Napo	30	0,07%	450	0,16%	510	0,09%	120	0,07%	2198	0,13%	2225	0,11%	100.747	2,21%
17	Orellana	10	0,02%	1122	0,38%	1132	0,21%	40	0,02%	4493	0,28%	4533	0,23%	117.898	3,84%
18	Pastaza	29	0,07%	1362	0,47%	1421	0,26%	116	0,07%	5634	0,33%	5750	0,29%	79.740	7,21%
19	Pichincha	15282	36,09%	129243	43,80%	144525	26,26%	81128	36,09%	718640	45,04%	779768	38,43%	2.427.503	32,12%
20	Santa Elena	75	0,18%	869	0,29%	944	0,17%	300	0,18%	3878	0,24%	4178	0,21%	268.874	1,57%
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	248	0,58%	5552	1,88%	5798	1,03%	884	0,58%	29474	1,66%	27458	1,39%	331.128	8,28%
22	Sucumbios	114	0,27%	933	0,32%	1047	0,19%	456	0,27%	3828	0,24%	4284	0,22%	173.461	2,47%
23	Tungurahua	818	1,93%	10267	3,48%	11085	2,01%	3272	1,93%	41817	2,62%	45089	2,28%	530.014	8,67%
24	Zamora Chinchipe	87	0,21%	155	0,05%	242	0,04%	348	0,21%	941	0,06%	1289	0,07%	87.883	1,47%
	Móviles OTECEL					112.303	20,41%					112.303	5,68%		
	Móviles TELECSA					10.520	1,91%					10.520	0,53%		
	Móviles CONECEL					80.019	14,35%					80.019	4,53%		
	Total general	42.345	100%	295.890	100%	560.217	100%	169.380	100%	1.595.465	100%	1.977.887	100%	13.913.936	14,21%
		7,70%		53,63%				8,66%		80,67%					

Usuarios totales por provincia y %



A2 Especificaciones Técnicas del Equipo Canopy Ptp 600

TECNOLOGÍA DE RADIO	OBSERVACIONES
Banda de RF	5470GHz–5.725 GHz*
Tamaño de canal	30 MHz
Control dinámico de	
Frecuencia/selección de canal	Por selección dinámica <i>inteligente</i> de frecuencia (<i>i</i> -DFS) o intervención manual; selección automática durante el encendido y adaptación continua para evitar interferencia; tamaño de paso de 10 MHz para compatibilidad con WiMAX.
Control de potencia de transmisión	Varía según el modo de modulación y configuraciones entre 0dBm y 25dBm.
Ganancia del sistema	Modelo integrado: Varía según el modo de modulación; hasta 163 dB con antena integrada de 23.5 dBi **

Modelo conectorizado: Varía según el modo de modulación y tipo de antena**.

Sensibilidad receptora
dBm y -58 dBm.

Adaptable: Varía entre -91

Modulación

Dinámica; se adapta entre BPSK simple y 256 QAM dual.

Corrección de errores

FEC, ARQ

Esquema dúplex

Proporción TDD: Dinámico o fijo; trans/recep por la misma frecuencia o por dos distintas.

Antena: tipo/ganancia/ancho de banda **Modelo integrado:** Placa plana integrada 23 dBi / 7°.

Modelo conectorizado: Aprobado para operar con placa plana hasta 28 dBi o antena parabólica hasta 37.7

dBi; conexión con 2 conectores hembra tipo N.

Alcance

Hasta 124 millas (200 km)^{***}

Seguridad y cifrado

Mecanismo de codificación patentado, cifrado AES opcional de 128 y 256 bits.

** Es preciso corroborar las condiciones reglamentarias para las bandas de radiofrecuencia antes de adquirir el sistema.*

*** La ganancia y potencia de transmisión máxima pueden variar dependiendo del dominio reglamentario.*

Dimensiones

Unidad exterior modelo integrado:
Ancho 14.5" (370 mm), Altura 14.5" (370 mm), Profundidad 3.75" (95 mm).

Unidad exterior modelo conectorizado: Ancho 12.2" (309 mm), Altura 12.2" (309 mm), Profundidad 4.1" (105 mm).

Unidad interior potenciada (PIDU Plus): Ancho 9.75" (250 mm), Altura 1.5" (40 mm), Profundidad 3" (80 mm).

Peso

Unidad exterior modelo integrado: 12.1 lbs (5.5 kg) incluyendo soporte.

Unidad exterior modelo conectorizado: 9.1 lbs (4.3 kg) incluyendo soporte
PIDU Plus: 1.9 lbs (864 g).

Interfaz

10 / 100 / 1000 Base T (RJ-45) – auto MDI/MDIX, opción 1000 Base SX.

Fuente de alimentación

90–240 VCA, 50–60 Hz / 36-60V CC;

se ofrecen configuraciones de energía redundante.

Consumo eléctrico

55 W máx.

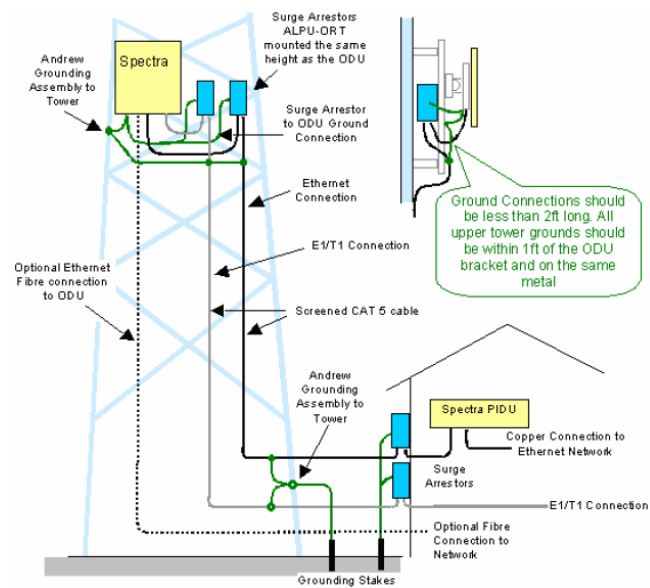
A 2.1 Tabla de Regulación y Códigos de Región para equipos Motorola

PTP600

Region Code	Frequency Band	Regulations / Countries	Max Tx Power	EIRP Limit	Operational Restrictions (see Section 5.3)
1	5.8 GHz	FCC Compliant (e.g. USA, Canada, Taiwan, Brazil)	25dBm	None	Reduced TX Power at Band Edges see Section 5.6.2 "Transmit Power Reduction at the Band Edges"
2	5.8 GHz	China	10dBm	33dBm	
3	5.8 GHz	Australia , Hong Kong	13dBm	36dBm	
4	5.8 GHz	UK	13dBm	36dBm	Radar and RTTT (Road Transport and Traffic Telematics, 5795 to 5815 MHz) Radar Avoidance Enabled
5	5.8 GHz	Singapore	-3dBm	20dBm	
6	5.8 GHz	Eire	10dBm	33dBm	
7	5.8 GHz	Unregulated	25dBm	53dBm	Radar and RTTT (Road Transport and Traffic Telematics, 5795 to 5815 MHz) Radar Avoidance Enabled
8	5.4 / 5.8 GHz	Unregulated /Internal Use	25dBm	None	
11	5.4 GHz	Korea	20dBm	43dBm	Band restricted : 5725 MHz to 5825 MHz

A3 Conexiones Físicas y eléctricas de los equipos Motorola

PTP600



Instalación del sistema en los puntos de Telepuerto San Cristóbal, Cerro el Niño, Cerro Camote y Nodo Santa Cruz.

A4 Rendimiento actual de enlaces

Motorola PTP 54600 Lite - Status (IP=1... Motorola PTP 54600 Lite - Status...

MOTOROLA POINT-TO-POINT WIRELESS SOLUTIONS

Home

Status

« System Administration

» Configuration

» Statistics

« Installation Wizard

Graphical Install

Software Upgrade

Spectrum Management

» Remote Management

» Diagnostics Plotter

Change Password

License Key

Properties

Reboot

System Status - Master

Equipment			Wireless		
Attributes	Value	Units	Attributes	Value	Units
Link Name	Telepuerto-El nino		Wireless Link Status	Up	
Link Location	Telepuerto		Maximum Transmit Power	25	dBm
Software Version	54600-06-00		Remote Maximum Transmit Power	20	dBm
Hardware Version	D05-R01-C		Transmit Power	18.0, 18.0, 18.0, 18.0	dBm
Region Code	Region Code 8		Receive Power	-59.7, -60.6, -61.2, -60.8	dBm
Elapsed Time Indicator	12 Days 12:39:45		Vector Error	-24.6, -25.8, -28.8, -25.9	dB
Ethernet / Internet			Link Loss	135.2, 134.8, 134.5, 134.9	dB
Ethernet Link Status	Copper Link Up		Transmit Data Rate	55.32, 55.32, 55.32, 55.32	Mbps
Ethernet Speed And Duplex	100 Mbps Full Duplex		Receive Data Rate	65.66, 61.39, 55.32, 57.49	Mbps
MAC Address	00:04:56:80:4e:9f		Link Capacity	135.57	Mbps
Remote IP Address	172.18.29.17		Transmit Modulation Mode	64QAM 0.92 (Dual) (30 MHz)	
Telecoms			Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 (Dual) (30 MHz)	
Channel A	Disabled		Receive Modulation Mode Detail	Running At Maximum Receive Mode	
			Range	9.7	km

A4.1 Rendimiento del enlace con equipos Motorola PTP 600 entre los cerros El niño y Camote

MOTOROLA POINT-TO-POINT WIRELESS SOLUTIONS

System Status - Master

Equipment			Wireless		
Attributes	Value	Units	Attributes	Value	Units
Link Name	El niño-Santa Cruz		Wireless Link Status	Up	
Link Location	El niño		Maximum Transmit Power	25	dBm
Software Version	54600-05-04		Remote Maximum Transmit Power	25	dBm
Hardware Version	D05-R01-C		Transmit Power	25.0, 19.7, 18.0, 20.0	dBm
Region Code	Region Code 8		Receive Power	-60.6, -69.1, -86.5, -67.1	dBm
Elapsed Time Indicator	14 Days 04:26:03		Vector Error	-2.0, -22.0, -28.3, -23.8	dB
Ethernet / Internet			Link Loss	174.6, 156.3, 145.9, 152.3	dB
Ethernet Link Status	Copper Link Up		Transmit Data Rate	26.19, 17.20, 1.49, 16.65	Mbps
Ethernet Speed And Duplex	100 Mbps Full Duplex		Receive Data Rate	26.19, 15.27, 1.49, 21.40	Mbps
MAC Address	00:04:56:80:45:b3		Link Capacity	42.81	Mbps
Remote IP Address	172.18.29.19		Transmit Modulation Mode	64QAM 0.75 (Dual) (15 MHz)	
Telecoms			Receive Modulation Mode	64QAM 0.75 (Dual) (15 MHz)	
Channel A	Disabled		Receive Modulation Mode Detail	Limited By The Wireless Conditions	
			Range	90.5	km

A 4.2 Simulación del enlace con equipos Motorola PTP 600 entre los cerros El niño y Camote

Link: El ninol-Camote

Equipment

Region and Equipment Selection

Band: 5.4 GHz License: Full Power Product: PTP54600

PTP54600 Configuration

Bandwidth: 15 MHz E1/T1: None Optimisation: IP Sync: Disabled Symmetry: Adaptive Master: El nino

Profile: 90.3 kilometers, Line-of-Sight

Configuration at Each End

El nino	Camote
Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS (34.2dBi)	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS (34.2dBi)
Antenna Height : 15 meters	Antenna Height : 30 meters
Cable Loss : 1.4 dB <input checked="" type="checkbox"/> Calculate LMR400 4.0 meters	Cable Loss : 1.4 dB <input checked="" type="checkbox"/> Calculate LMR400 4.0 meters
Maximum EIRP : 57.8 dBm <input type="checkbox"/> User limit	Maximum EIRP : 57.8 dBm <input type="checkbox"/> User limit
Maximum Power : 25.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit	Maximum Power : 25.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit
<input checked="" type="checkbox"/> Interference : -80.0 dBm in 15MHz channel	<input checked="" type="checkbox"/> Interference : -80.0 dBm in 15MHz channel

Performance Summary

Throughput to El nino	Link Summary	Throughput to Camote
Mean IP Predicted : 25.63 Mbps	Aggregate IP Throughput : 51.25 Mbps	Mean IP Predicted : 25.63 Mbps
Mean IP Required : 5.0 Mbps	Lowest Mode Availability : 99.6062 %	Mean IP Required : 5.0 Mbps
% of Required IP : 513 %	System Gain Margin : 20.95 dB	% of Required IP : 513 %
Min IP Required : 1.0 Mbps	Free Space Path Loss : 146.52 dB	Min IP Required : 1.0 Mbps
Min IP Availability Required : 99.9999 %	Excess Path Loss : 0.00 dB	Min IP Availability Required : 99.9999 %
	Total Path Loss : 146.52 dB	

A5 Mapa Orográfico de las islas San Cristóbal y Santa Cruz



A6 Funciones y personal responsable del Plan de contingencia eléctrico

- 1) Mantener el tanque de gasolina del automóvil lleno. Los vales pueden ser solicitados al jefe eléctrico Nacional o Gerente Telconet Galápagos.

Responsable: Jorge Touriz/ Ivonne Castro.

- 2) Realizar mantenimiento general de la planta eléctrica de emergencia.

Responsable: Jorge Touriz.

- 3) Tener un tambo de Diesel lleno.

Responsable: Ing. Ivonne Castro.

- 4) Tener a la mano el mapa eléctrico de la Coordinación.

Responsable: Jorge Touriz / Ivonne Castro.

- 5) Mantenimiento anual de mayo a junio de las torres de comunicaciones.

Responsable: Carlos Talledo

- 6) Tener disponibles los números telefónicos del personal de la coordinación Administrativa y de los responsables de la red Galápagos.

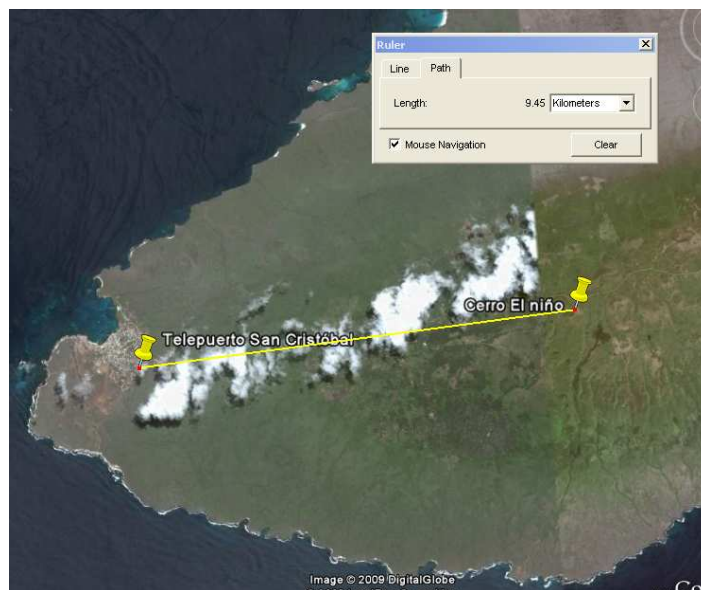
Responsable: Ivonne Castro/ Noc Telconet GYE.

- 7) Tener los celulares cargados.

Responsables: Todos

A7 Estructura de la Torre

Central en San Cristóbal Telepuerto.



Diseño de Tierra centrales San Cristóbal Puerto Baquerizo Moreno

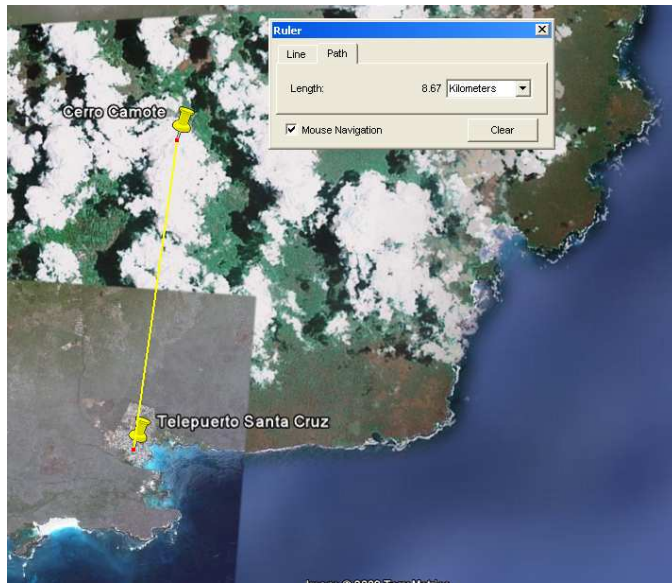
Central en Cerro el Niño en Isla San Cristóbal



Central en Santa Cruz Cerro Camote



Enlace Puerto Ayora Santa Cruz - Cerro Camote



A.8 Ley y Reglamentos de Telecomunicaciones Situación en el Ecuador

Ley Especial de Telecomunicaciones

Art. 2. Espectro Radioeléctrico. El espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponde al Estado

Art. 3. Administración del Espectro. Las facultades de gestión, administración y control del espectro radioeléctrico comprenden, entre otras, las actividades de planificación y coordinación, la atribución del cuadro de frecuencias, el otorgamiento de autorizaciones para su utilización, la protección y defensa del espectro, la comprobación técnica de emisiones radioeléctrica, la identificación, localización y eliminación de interferencias perjudiciales, el establecimiento de condiciones técnicas de equipos terminales y redes que utilicen en cualquier forma el espectro, la detección de infracciones, irregularidades y perturbaciones, y la adopción de medidas tendientes a establecer el correcto y racional uso del espectro y a restablecerlo en caso de perturbación o irregularidades

BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA DOMÍNGUEZ ARMANDO, Cálculo de Antenas, 3ª Edición, Editorial: MARCOMBO, S.A., Barcelona, España 1994.
2. FERNANDO ANDREU, IZASKUN PELLEJERO, AMAIA LESTA Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN 1ª Edición, Editorial: MARCOMBO, S.A. España, 2006.
3. PLANET3 WIRELESS, CWNA Certified Wireless Network Administrator Exam PW0-100 Second edition USA 2003.
4. MOTOROLA, CPT Curso Técnico Canopy & OFDM, USA 2002.
5. MOTOROLA, OFDM_Backhaul_training_Materials (5[1].4 GHz, 5.7 GHz), USA 2002.