



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

TEMA:

**“DISEÑO DE UNA RED INALAMBRICA DE DATOS PARA
INTERCONECTAR EL MUNICIPIO DE PELILEO CON SUS PARROQUIAS”**

Proyecto de Pasantía de Grado, previo a la obtención del título de Ingeniero en
Electrónica y Comunicaciones.

AUTOR: Franklin Patricio Guananga Morales

TUTOR: Ing. Geovanni Brito

Ambato – Ecuador

Septiembre -2009

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema:

“DISEÑO DE UNA RED INALAMBRICA DE DATOS PARA INTERCONECTAR EL MUNICIPIO DE PELILEO CON SUS PARROQUIAS”, de Franklin Patricio Guananga Morales , estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para que continúe con los tramites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 57 del capítulo IV Pasantías, del Reglamento de Graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato septiembre 20,2009

EL TUTOR

Ing. Giovanni Brito

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación **“DISEÑO DE UNA RED INALAMBRICA DE DATOS PARA INTERCONECTAR EL MUNICIPIO DE PELILEO CON SUS PARROQUIAS”** Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato septiembre 20, 2009

Franklin Patricio Guananga Morales
C.I. 180307737-7

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

La Comisión Calificadora del presente trabajo de graduación conformada por los señores docentes Ing. Julio Cuji, Ing. Juan Pablo Pallo, aprueban el presente trabajo de graduación titulado “DISEÑO DE UNA RED INALAMBRICA DE DATOS PARA INTERCONECTAR EL MUNICIPIO DE PELILEO CON SUS PARROQUIAS”, presentado por el Sr. Franklin Patricio Guananga Morales; de acuerdo al Art. 57 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Septiembre 2009

.....

Ing. Msc. Alexis Sánchez Miño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

Ing. Julio Cuji
DOCENTE CALIFICADOR

.....

Ing. Juna Pablo Pallo
DOCENTE CALIFICADOR

Dedicatoria

A mis padres Francisco Cristóbal Guananga Campoverde y Martha Eugenia Morales, por su apoyo constante en todos los momentos de la vida que con efecto y amor profundo, me encaminaron por un sendero correcto

A los buenos amigos que acompañaron el trayecto recorrido, brindando siempre comprensión y cariño.

A mi esposa Sonia Guadalupe que siempre estuvo junto a mí brindándome su amor y amistad.

Y una dedicatoria especial a Daniela, fuente de inspiración para seguir siempre adelante.

Franklin Patricio Guananga Morales

Agradecimiento

A la Universidad Técnica de Ambato, por todo lo que me ha brindado.

Al Ing. Geovanni Brito por todo su tiempo y colaboración para el desarrollo de este proyecto y en su nombre también a todos os excelentes maestros que con mística comparten con sus estudiantes mas allá de una teoría, una filosofía para vivir.

Al Ilustre Municipio de Pelileo, y en su nombre a las excelentes personas que la conforman, que en base a sus directrices impulsan el desarrollo de los jóvenes profesionales y por ende el de nuestro país.

Franklin Patricio Guananga Morales

RESUMEN EJECUTIVO

La cantón Pelileo en las últimas dos décadas ha tenido un proceso de crecimiento acelerado, debido básicamente a la ubicación geográfica, comercial, artesanal e industrial, lo que ha provocado que se articule una trama urbana no planificada hacia sus respectivas parroquias. De esta forma se han incorporado a la urbe nuevos sectores con proyección a la formación de barrios, los cuales demandan los principales servicios básicos

El Ilustre Municipio de Pelileo maneja gran cantidad de información referente a cobros prediales se refiere, con la problemática de que existe aglomeración de personas que reciben este servicio, dificultando y retrasando las labores en la institución.

Con la finalidad de tener un mejor servicio y mayor calidad en tecnología, se tuvo en mente el diseño de una red de datos inalámbrica de esta manera la institución dará servicios a diferentes puntos en cada una de las parroquias del cantón Pelileo.

En este proyecto se detalla todos los aspectos relativos para el desarrollo del enlace inalámbrico, realizando un estudio metódico y el cálculo correspondiente de todos los factores e importantes características como perfil topográfico, interferencias, atenuaciones, intensidad de campo, potencia, etc. que deben cumplir con todos los requerimientos para una transmisión satisfactoria.

Mediante los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que se utilizaran los equipos con tecnología Motorola (Canopy) que abarca las características necesarias y cumple con los requisitos para este tipo de enlace lo cual permite brindar un sistema de red para la distribución de datos ofreciendo servicios de banda ancha inalámbrica de alto desempeño.

Así conseguiríamos descongestionar la ciudad de Pelileo con una planeación adecuada implicando por consiguiente un ahorro de tiempo y dinero

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El Ilustre Municipio de Pelileo ubicado en la Provincia de Tungurahua es un ente gubernamental que se dedica a brindar servicios a la comunidad, actualmente posee pocos equipos en cuanto a telecomunicaciones se refiere.

Toda información que requiere ser enviada a un sitio lejano necesita de un medio que le permita transportarse, es así como en la actualidad se dispone de medios guiados (alámbricos) y medios no guiados (inalámbricos).

Los medios de transporte son transparentes a la información, por ello indiferentemente puede viajar la información en menor o mayor cantidad ya sea por un par de cobre, fibra óptica, microondas, etc.

Con el paso del tiempo se ha ido incrementando el número de servicios de telecomunicaciones en todo el mundo y como no puede ser de otra manera también se ha incrementado en el Ecuador

Lo que se pretende con este proyecto es facilitar y agilizar el manejo de algunas de las transacciones que a diario se realiza dentro de la institución. El Municipio de Pelileo surge con este problema desde el año 2006 y cada autoridad que ha estado al mando no ha enfrentado el problema debidamente.

Ya que no existe otros proyectos con el mismo propósito se ha tomado la decisión de presentar este trabajo el cual se realizó por medios no guiados (inalámbricos) y lo más importante se puso en práctica los conocimientos adquiridos durante el periodo de aprendizaje.

A pesar que en el Municipio de Pelileo existe personal capacitado para realizar dichos trabajos no se ha podido realizarlo por falta de organización y tiempo. Al realizar este proyecto se cubrió la mayoría de necesidades de la institución en el envío y recepción de datos desde el cantón Pelileo a las diferentes parroquias.

Por lo cual la presente investigación consta de seis capítulos los mismos que cito a continuación:

Capítulo I: toda investigación parte de un problema, el mismo que se analiza y se contextualiza realizando un análisis crítico del mismo. Además toda investigación percibe un objetivo que para el presente estudio se encuentra dividido en objetivo general y objetivos específicos, mismos que sirven de guía para el desarrollo de la investigación.

Capítulo II: la investigación debe fundamentarse sobre bases teóricas, además debe constar la normativa legal de la institución, se realiza también la categorización y la determinación de variables, aspecto importante para la formulación de la hipótesis a probar en el presente trabajo investigativo.

Capítulo III: hace referencia a la metodología que se aplica en el trabajo de investigación, además señala los métodos y técnicas de recolección y procesamiento de la información para posteriores análisis.

Capítulo IV: se realizó un estudio de campo, encuestas y se analizó los resultados para así asegurar y confirmar la necesidad de dar una solución al problema planteado.

Capítulo V: es importante obtener conclusiones y recomendaciones en base a los capítulos anteriores, ya que de esta manera empezamos con el desarrollo de nuestra propuesta.

Capítulo VI: toda investigación no estaría completa sin que el investigador realice una propuesta de solución al problema encontrado, es por ello que en este capítulo se realiza el análisis del sistema, de riesgo, de factibilidades, fortalezas y debilidades y la estructuración del sistema propuesto.

Preliminares

	Pág.
Carátula.....	i
Página de aprobación del tutor.....	ii
Página de autoría.....	iii
Aprobación del tribunal de grado.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen Ejecutivo.....	vii
Introducción.....	viii
Índice General.....	viii

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I EL PROBLEMA

1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.1.1	Contextualización.....	1
1.1.2	Análisis Critico.....	3
1.1.3	Prognosis	3
1.2	Formulación del Problema.....	3
1.2.1	Preguntas directrices.....	4
1.2.2	Delimitación del problema.....	4
1.3	Justificación.....	4
1.4	Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1	Objetivo General.....	5
1.4.2	Objetivos Específicos.....	5

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes Investigativos.....	6
2.2.	Fundamentación Legal.....	6
2.3	Categoría Fundamental.....	6
2.3.1	Principios básicos de propagación.....	6
2.3.1.1	Ondas Electromagnéticas.....	6
2.3.1.1.1	Propagación.....	7
2.3.1.1.2	Polarización.....	8
2.3.1.1.3	Medios de Transmisión.....	9
2.3.1.1.4	Bandas de frecuencias.....	10
2.3.1.2	Conceptos de refractividad, obstrucción y reflexiones.....	11
2.3.1.2.1	Refracción atmosférica.....	11
2.3.1.2.2	Análisis de refractividad y el factor K.....	13
2.3.1.2.3	Propagación.....	13
2.3.1.2.4	Zonas de Fresnell.....	16
2.3.1.2.5	Elipsoide de Fresnell.....	16
2.3.1.2.6	Efectos del terreno en la propagación.....	17

2.3.1.2.7 Efectos de un obstáculo en el radio enlace.....	18
2.3.1.3 Atenuación.....	20
2.3.1.3.1 Propagación en el espacio libre.....	21
2.3.1.3.2 Atenuación por lluvia.....	22
2.3.1.3.3 Absorción atmosférica.....	23
2.3.1.4 Desvanecimiento.....	24
2.3.1.5 Interferencias más importantes.....	24
2.3.1.5.1 Ruido.....	24
2.3.1.5.2 Fuentes de interferencia.....	26
2.3.2 Tecnologías Inalámbricas.....	27
2.3.3 Tecnología Spread Spectrum.....	27
2.3.3.1 Aplicaciones de la Tecnología Spread Spectrum.....	29
2.3.4 Motorola Canopy banda ancha inalámbrica fija.....	29
2.3.4.1 Sistema de red canopy.....	29
2.3.4.2 Principales componentes.....	30
2.3.4.3 Principales características.....	30

2.3.4.4	Transmisión punto - multipunto.....	30
2.3.4.5	Transmisión punto – punto.....	31
2.3.4.6	Capacidad vs. Distancia.....	31
2.3.4.7	Alcance de Canopy.....	32
2.3.4.8	Interferencia.....	32
2.3.4.9	Aplicaciones de Canopy.....	33
2.4	Hipótesis.....	33
2.5	Variables.....	33
2.5.1	Variable Independiente.....	33
2.5.2	Variable Dependiente.....	33

CAPITULO III
METODOLOGIA

3.1	Enfoque.....	34
3.2	Modalidad básica de la investigación.....	34
3.3	Nivel o tipo de investigación.....	35
3.4	Población y muestra.....	35

3.4.1	Población.....	35
3.5	Recolección de la Información.....	35
3.6	Procesamiento y análisis de la Información.....	36

CAPITULO IV
ANALISIS DE RESULTADOS

4.1	Estudio de Campo.....	37
4.1.1	Antecedentes.....	37
4.1.2	Crecimiento de la población de San Pedro de Pelileo.....	39
4.1.3	Distribución de la Población del Cantón por Parroquias.....	40
4.1.4	Numero de cobros prediales que realizo el Municipio en el 2008.....	40
4.2	Encuestas.....	41
4.2.1	Análisis de los resultados de las encuestas.....	41

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	44
5.2	Recomendaciones.....	46

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Desarrollo del enlace.....	49
6.1.1 Ubicaciones Geográficas.....	50
6.1.1.1 Diagrama Básico de la Red.....	51
6.1.2 Fórmulas.....	52
6.1.3 Cálculos del enlace.....	53
6.1.3.1 Longitud de onda.....	53
6.1.3.2 Pérdidas por dispersión.....	53
6.1.3.3 Atenuación por absorción.....	54
6.1.3.4 Intensidad de campo eléctrico.....	56
6.1.3.5 Potencia de recepción.....	57
6.1.3.6 Radio Horizonte.....	58
6.1.3.7 Umbral de recepción del Enlace.....	58
6.1.3.8 Margen de desvanecimiento.....	58

6.1.4	Perfil Topogràfic.....	61
6.2	Equipos a utilitzar.....	72
	BIBLIOGRAFIA.....	74
	ANEXOS.....	75

CAPITULO I

EL PROBLEMA

En el Municipio de Pelileo se maneja gran cantidad de información en cuanto a cobros a la comunidad, la misma que acude principalmente en días feriados causando congestiones y aglomeraciones. Esto dificulta y retrasa las actividades de dicha institución por lo cual se requiere implementar en cada parroquia una sucursal que se dedique a esta actividad, las mismas que estarán enlazadas mediante una red inalámbrica de datos.

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

Con el paso del tiempo se ha ido incrementando el número de servicios de telecomunicaciones en todo el mundo. Así han aparecido servicios tales como: telefonía convencional, radio troncalizado, luego telefonía celular con sus diferentes tecnologías.

Los cables submarinos de fibra óptica que se están implementando constituyen la red de telecomunicaciones más importante de unión de los países latinoamericanos del Pacífico y del Caribe con Estados Unidos, Europa y el resto del mundo, siendo su objetivo la nueva conceptualización y regulación en la prestación de los servicios de telecomunicaciones aumentando el ancho de banda para brindar servicios multimedia.

En el Ecuador al igual que en el mundo entero tanto la telefonía fija como la móvil cada día se va incrementando por la demanda existente. Además Ecuador dispone de dos sistemas de microondas y tres estaciones terrestres con tecnología de punta que permiten transmisiones directas de televisión y datos desde cualquier parte del mundo.

Posee, además, sistemas de radio enlace UHF, VHF y bandas microondas conectadas automáticamente a la mayoría de las capitales provinciales, lo que permite una eficiente comunicación de larga distancia.

Las telecomunicaciones militares en general y de la Armada en particular, han representado un puntal importante en el destino de nuestro país, contribuyendo a su desarrollo y aportando en la planificación y ejecución de proyectos y acciones operativas dentro del tiempo estipulado.

Para el acceso a las redes de telecomunicaciones mundiales, en especial al backbone de Internet de los Estados Unidos, el Gobierno Nacional deberá contemplar el establecimiento de accesos a cables de fibra óptica submarinos que pasen cerca de las playas ecuatorianas, con la asignación de fibras autónomas para el país, la construcción de cabezas de playa, una conexión adecuada conforme a la demanda del mercado actual

En lo particular sin duda alguna se puede observar el carácter dinámico que presentan las telecomunicaciones, dada la influencia en todos los estratos y sectores que comprenden el tejido industrial del país.

El conjunto de nuestro sistema productivo por el lado de la oferta, y el consumo de las economías domésticas desde el punto de vista de la demanda, se apoyan cada vez más y en mayor medida sobre factores relacionados muy cerca con la información y comunicación, elementos definitorios de la hoy llamada Sociedad de la Información.

1.1.2. Análisis Crítico

Se ha llegado a determinar que es necesario que se implemente la red inalámbrica de datos ya que al estar en contacto con las autoridades de la institución se ha podido deducir cual es el origen del problema

La parte económica ha jugado un papel fundamental para que no se de paso el desarrollo de este tipo de redes, ya que las autoridades anteriores del municipio tenían la percepción de que el gasto a realizarse no tendría beneficios posteriores para la misma.

La falta de capacitación o la de personal especializado en el área de telecomunicaciones, no ha permitido que la institución cuente con este tipo de tecnología por falta de organización y tiempo.

1.1.3. Prognosis

Es muy importante la implementación de este proyecto ya que es una solución debido al crecimiento poblacional del Cantón Pelileo y por ende a la cantidad de cobros que se deben realizar.

Al no resolver el Municipio de Pelileo este problema, entonces la institución tendrá que contratar más personal y aumentar su edificación, lo cual es casi imposible por lo que se encuentra ubicado dentro del perímetro urbano.

1.2. Formulación Del Problema

¿Es importante el diseño e implementación de una red inalámbrica de datos entre el cantón Pelileo y sus parroquias?

1.2.1. Preguntas Directrices

- ¿Qué tecnología se utilizará para realizar el enlace de datos?
- ¿Qué tipos de datos se van a transmitir?
- ¿La topografía del sector facilita la implementación del enlace?
- ¿Qué cantidad de información se va a transmitir?
- ¿Cuál es la confiabilidad que presenta el sistema?

1.2.2. Delimitación

Este proyecto esta enfocado al diseño de una red inalámbrica para el Municipio de Pelileo ubicado en el Cantón Pelileo en la Provincia del Tungurahua, en la Avenida 22 de Junio, el presente trabajo se realizara en el periodo de Noviembre 2008 – Febrero 2009.

1.3. Justificación

Este proyecto es aplicable dentro de la institución porque permite intercomunicar los datos y aplicaciones existentes en el edificio central, con sus parroquias aledañas. Consiguiendo de esta manera descentralizar la atención a los usuarios y brindando al mismo tiempo un servicio mucho más eficaz.

La importancia de este trabajo es que permite a la institución ser cada vez más competitiva frente a otras, para que esta pueda superarse como tal, y de igual manera será más reconocida.

Los beneficios que brinda el implantar este sistema tienen un alto índice de confiabilidad ya que se ha realizado un estudio minucioso del problema por el que atraviesa la institución y se ha detectado que en realidad es necesario aplicar este sistema con todos los reglamentos que la ley rige y los reglamentos internos de la Institución.

Para el desarrollo de la red se ha seleccionado sitios comúnmente utilizados y que prestan las condiciones más favorables en cuanto a: infraestructura, alcance de los enlaces, acceso, etc.

De esta manera se espera contribuir y mejorar el nivel de producción y competitividad en la industria, proporcionando áreas de trabajo que permitan mejorar la economía actual de nuestro país.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una red inalámbrica de datos que permita interconectar el Municipio de Pelileo con sus parroquias para descentralizar la atención a los usuarios y brindando al mismo tiempo un servicio mucho más eficaz.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar el análisis y cálculos de propagación para un enlace.
- Investigar bibliográficamente los tipos de enlaces inalámbricos existentes.
- Determinar las aplicaciones de campo a utilizarse en los enlaces inalámbricos.
- Seleccionar la frecuencia con la que funcionará el enlace.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Luego de una investigación realizada en los archivos de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato se puede manifestar que no existe ningún proyecto similar al tema de Investigación.

2.2 Fundamentación Legal

Pelileo, inicia su vida municipal el 31 de julio de 1860, luego de ocho días de haber sido erigido como cantón.

El Gobierno Municipal de Pelileo, está ubicado en la Avenida 22 de Junio y Pedro Chacón en el Cantón Pelileo.

Según el acuerdo ministerial certifica que el Gobierno Municipal de Pelileo ha sido registrado legalmente en el año de 1860

Posee el RUC 1860000640001

2.3 Categoría Fundamental

2.3.1 Principios básicos de propagación

2.3.1.1 Ondas Electromagnéticas

Las ondas de radio que se propagan entre las antenas del transmisor y el receptor se denominan ondas electromagnéticas. La figura 1.1 representa un esquema

simplificado de un enlace de radio en donde una antena transmisora convierte las variaciones de tensión y de corriente en ondas electromagnéticas que son radiadas al espacio.

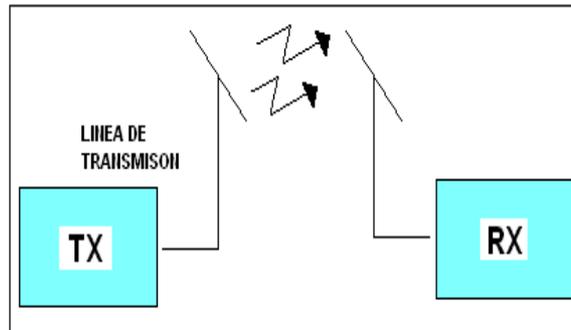


Fig. 1.1 Diagrama simplificado de un enlace de radio
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

La antena receptora desempeña el papel contrario, transformando las ondas electromagnéticas recibidas en variaciones de tensión y de corriente necesarias para el funcionamiento del equipo.

2.3.1.1.1 Propagación

El concepto de onda electromagnética está directamente relacionado con el campo eléctrico y el campo magnético. El campo eléctrico resulta de las alteraciones en las propiedades del espacio vecino a una carga. El efecto de un campo magnético puede ser visualizado a través de un transformador.

La circulación de la corriente por el devanado de un primario del transformador produce una circulación de corriente en el secundario del transformador y este efecto se da gracias al campo magnético que se genera por la circulación de corriente en el devanado del primario, el cual afectando las propiedades del espacio vecino genera una circulación de corriente en el devanado del secundario.

Las modificaciones del espacio ocasionados por el campo magnético o por el campo eléctrico no se hacen sentir instantáneamente, por lo que se tiene que considerar una velocidad de propagación.

Se debe notar la relación existente entre el campo magnético y el campo eléctrico, pues un campo eléctrico variable produce un campo magnético y viceversa.

Las ondas electromagnéticas son representadas normalmente por funciones senoidales, una para el campo eléctrico “E” y otra para el campo magnético “H”.

Estos campos al ser representados por ondas senoidales tienen los parámetros de amplitud, frecuencia y fase. La velocidad de propagación es independiente de la fuente generadora y viene dada por:

$$v = \lambda * f \quad (1.1)$$

Donde λ representa la longitud de onda y f la frecuencia.

Cuando se considera la propagación en el vacío la velocidad es de 3×10^8 m/s, en otro medio cualesquiera la velocidad de propagación será inferior a la velocidad de la luz.

Entonces una onda electromagnética esta constituida por un campo eléctrico y un campo magnético perpendiculares entre si y a su vez perpendiculares a la dirección de propagación, como se muestra en la fig 1.2

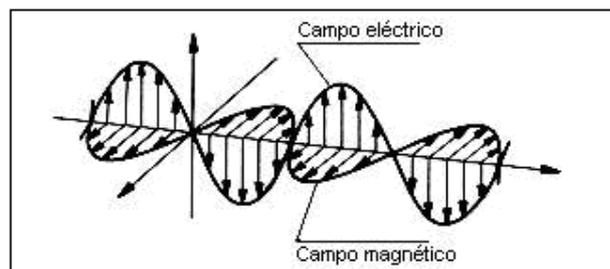


Fig. 1.2 Onda electromagnética
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

2.3.1.1.2 Polarización

Es la manera como los campos se orientan con relación a la tierra. Se toma como referencia el vector campo eléctrico, es decir:

- a) Si el valor E es perpendicular a la superficie de la tierra se tiene una polarización vertical de la onda.
- b) Si el vector E es paralelo a la superficie de la tierra se tiene una polarización horizontal de la onda.

2.3.1.1.3 Medio de transmisión

El medio de transmisión para los enlaces de microondas esta compuesto por la superficie terrestre y la atmósfera en la figura 1.3 se observa la distribución de capas que constituyen la atmósfera.

La influencia de la superficie terrestre se va sentir en la propagación de diferentes maneras, entre ellas se puede tener: obstrucción, difracción, reflexiones entre otras.

En cuanto a las obstrucciones de la superficie de la tierra los enlaces en frecuencias superiores a los 800 MHz tienen que ser planeados considerando por lo menos la existencia de línea de vista directa entre las antenas.

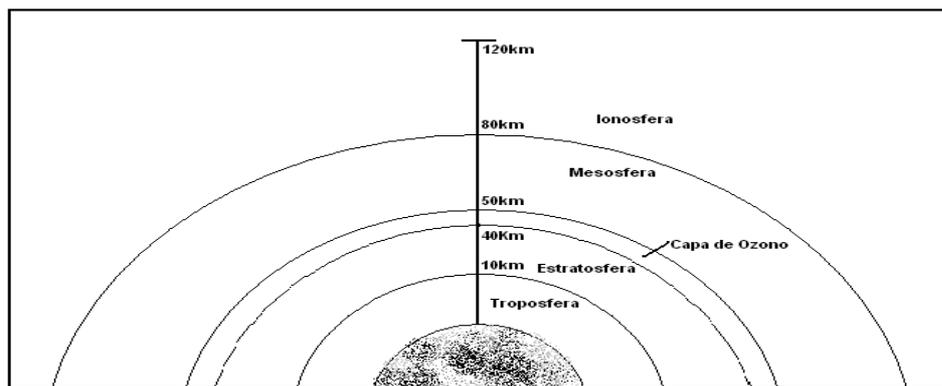


Fig. 1.3 Capas que constituyen la atmósfera
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

Se puede considerar puntos de reflexión cuando los enlaces pasen por zonas donde existan concentraciones de agua como por ejemplo el mar, camaroneras, zonas planas y desérticas.

2.3.1.1.4 Bandas de Frecuencias

En la tabla 1.1 y 1.2 se muestran una clasificación de las ondas de interés para este estudio de acuerdo a su frecuencia y su principal utilización:

SIGLAS	SIGNIFICADO
E.L.F	Extremadamente baja frecuencia
V.L.F	Muy baja frecuencia
L.F	Baja frecuencia
M.F	Media frecuencia
H.F	Alta frecuencia
V.H.F	Muy alta frecuencia
U.H.F	Ultra alta frecuencia
S.H.F	Súper alta frecuencia
E.H.F	Extremadamente alta frecuencia

Tabla 1.1 Clasificación de las ondas de acuerdo a su frecuencia
Fuente: TOMASI Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas

Las bandas de frecuencia que principalmente se toca en este trabajo son: VHF, UHF, SHF por encontrarse en estas bandas principalmente los enlaces de microonda digital.

Por la frecuencia a la que se encuentran se puede considerar que son ondas directivas, es decir que requieren línea de vista entre las antenas para su propagación.

Fajas de Frecuencias	Siglas	Ejemplo de utilización
300 Hz a 3000 Hz	E.L.F	Comunicaciones submarinas
3 KHz a 30 KHz	V.L.F	
30 KHz a 300 KHz	L.F	

300 KHz a 3000 KHz	M.F	Auxilio a navegación aérea, Servicios marítimos, Radio AM
3 MHz a 30 MHz	H.F	Radio FM, Servicios Marítimos,
30 MHz a 300 MHz	V.H.F	Transmisiones de TV,
300 MHz a 3000 MHz	U.H.F	Sistemas Comerciales - Particulares de Comunicación
3 GHz a 30 GHz	S.H.F	Comunicaciones Públicas a la larga distancia,
30 GHz a 300 GHz	E.H.F	Sistemas interurbanos e internacionales

Tabla 1.2 Utilización del Espectro Radioeléctrico
Fuente: TOMASI Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas

2.3.1.2 Conceptos de refractividad, obstrucción y reflexiones

2.3.1.2.1 Refracción Atmosférica

Cuando una onda de luz incide en un medio que tiene distinto índice de refracción parte de este radio de luz será reflejado (esto significa que regresa al primer medio), mientras que otra parte será refractado (atraviesa el segundo medio pero sufre un desvío en su trayectoria).

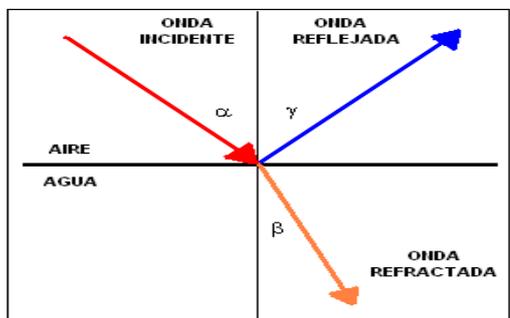


Fig. 1.4 Onda de luz Reflejada y Refractada cuando cambia de medio de propagación

Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

Si una onda cambia de un medio de propagación que tiene un índice de refracción a uno de distinto índice de refracción se produce el efecto mostrado en la figura 1.5

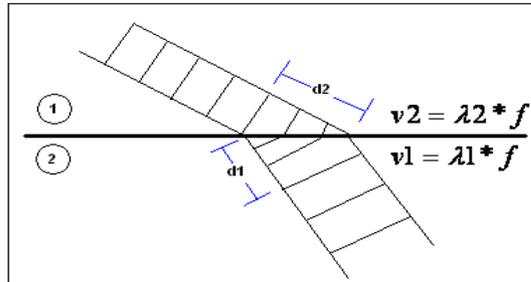


Fig. 1.5 Distancia recorrida por el frente de onda cuando cambia de medio ($v_2 > v_1$ este efecto hace que la onda se curve)
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

Aquí se observa como la parte del frente de onda que no ingresa al segundo medio de propagación tiene una velocidad v_2 mayor que la parte del frente de onda que ya se está propagando en el medio dos con velocidad v_1 .

Cuando se habla de enlaces de microondas que pasan de un medio constituido por aire a un medio constituido por partículas de agua, como es el caso en zonas con neblina, se produce exactamente el mismo efecto de refracción. Como se puede apreciar en la figura 1.6, la propagación se vería como un rayo curvo, esto es debido a las continuas refracciones a las que se ve sometida la onda en su trayecto. En este caso se tiene que jugar con la inclinación de las antenas para poder alinear el enlace.

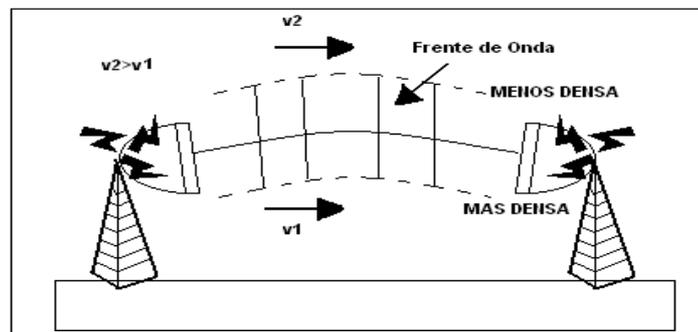


Fig. 1.6 Refracción de las ondas de radio en la atmósfera
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

2.3.1.2.2 Análisis de refractividad y el factor k

En las cámaras inferiores de la troposfera los enlaces de microondas generalmente siguen una trayectoria curva hacia abajo, y junto a la curvatura de la tierra; son dos factores que se debe tomar en cuenta para garantizar el despeje de la línea de vista.

Para simplificar el análisis de la propagación se considera a la microonda como si fuera una línea recta, pero esto conlleva a que se tenga que corregir el radio de la tierra con un radio virtual, a fin de compensar las consideraciones antes realizadas.

Una corrección del radio terrestre lo realiza el factor **k** que es justamente una relación entre el radio real **R** (aproximadamente 6370 Km.) y el radio ficticio **R'**. Un valor normal de **K** es de 4/3 lo que quiere decir que el radio de la tierra sería de 8490 Km. pero esto es para una región dada y no debe ser generalizado para todos los escenarios donde se instalan enlaces de microondas.

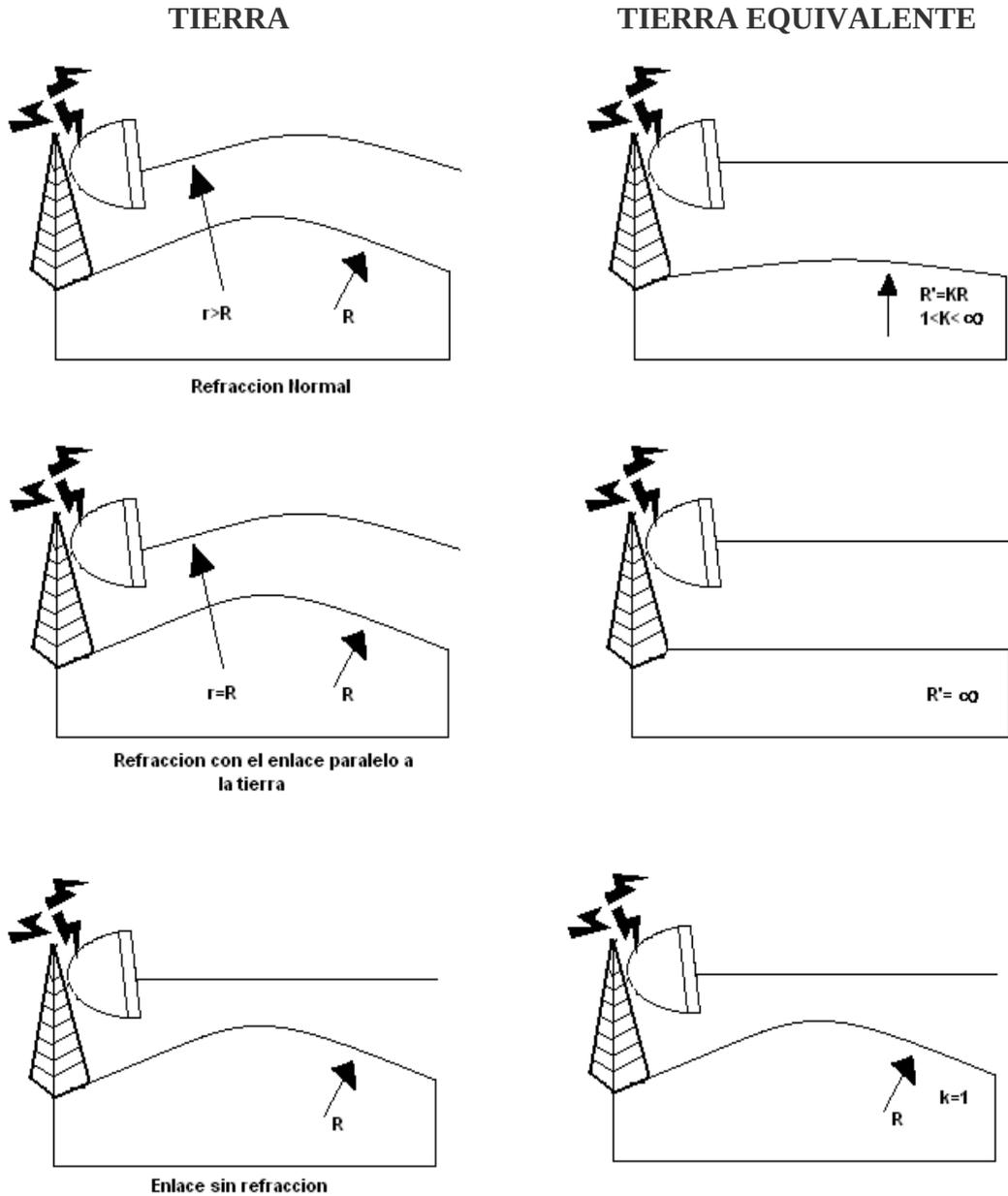
2.3.1.2.3 Propagación

Considerando los diferentes casos de refracción que se pueden presentar, en la figura 1.7 se indican las diferentes trayectorias que un enlace de microondas puede tomar:

- En el primer caso se puede observar una propagación normal, en que el índice de refracción decrece con la altura, de tal manera que el radio de microondas se curva en el sentido de curvatura de la tierra. En este caso el enlace tiene un sobre alcance en relación con la línea de vista, y el radio ficticio de la tierra viene dado por: $R' = K * R$ (1.2)
- En el segundo caso se presenta una situación límite en el que el índice de refracción va decreciendo con la altura, provocando que el radio enlace

tenga una curvatura similar al de la tierra, en este caso se trabaja con una superficie terrestre plana.

- En la tercera grafica se supone un índice de refracción constante con la altitud, y para este caso no se considera una curvatura de la tierra, en consecuencia la tierra ficticia es igual a la tierra real.



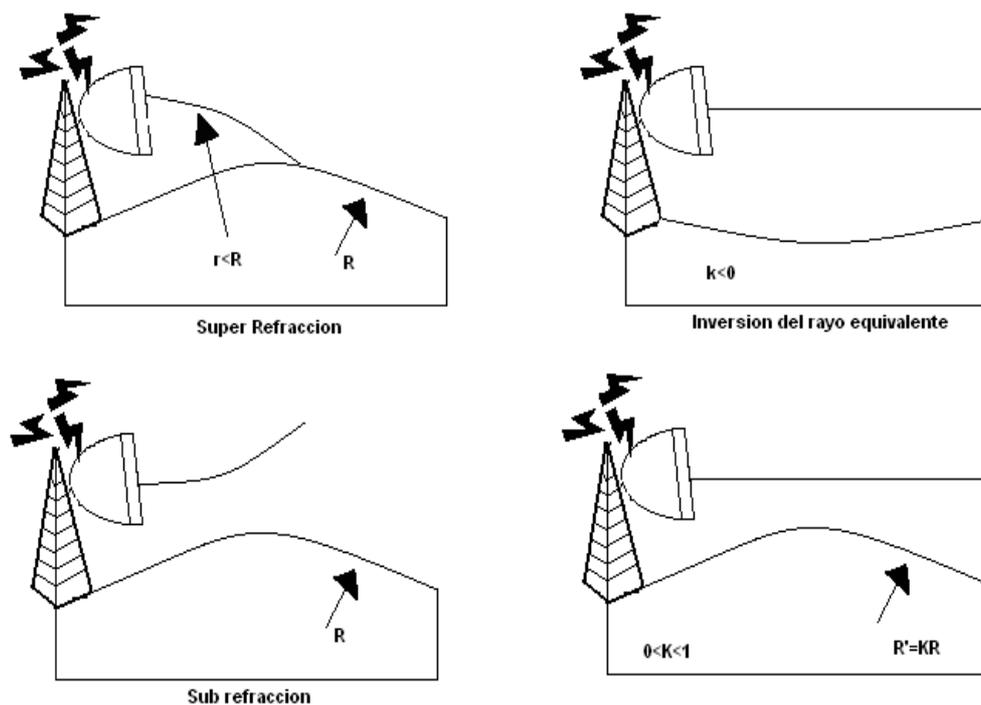


Fig. 1.7 Diferentes casos de refracción (r=radio del haz de microonda)
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

- En la grafica cuarta se presenta un caso en el que el índice de refracción decrece acentuadamente con la altitud. En esta consideración el radio enlace tiene una mayor curvatura que la tierra. Para esta situación la tierra ficticia se curva en el sentido contrario, significando un valor de $k < 0$, siendo esta situación muy común.
- En el último caso se presenta una inversión en el comportamiento del índice de refracción, es decir crece con la altitud. Se puede observar entonces como el radio enlace se curva hacia arriba.

Como resultado de la curvatura del radio enlace se tiene las siguientes consecuencias:

- Obstrucción parcial de las ondas debido a obstáculos.
- Desvío de la energía irradiada por la antena transmisora.

- Anomalías en la propagación, como es el caso de múltiples trayectorias y la formación de ductos.

Modificaciones en las condiciones de reflexiones de las ondas.

2.3.1.2.4 Zonas de Fresnell

Se denominan zonas de Fresnell a las coronas circulares concéntricas determinadas por las rayos difractados que se suman en fase y en contrafase en forma alternada. Dentro del elipsoide de revolución la primer zona de Fresnell se caracteriza por el radio F1 a una determinada distancia de la antena.

2.3.1.2.5 Elipsoide de Fresnell

Si se considera un frente de onda a una cierta distancia de la fuente, si luego se supone que la distancia de este frente de onda varia.

Para cada uno de estos frentes de onda se pueden aplicar el mismo razonamiento anterior, así por ejemplo AA', BB', CC' y DD' representa en cada frente de onda la primera zona de Fresnell. Se puede demostrar que si se conectan los puntos que limitan l a primera zona de Fresnell, en cada frente de onda se define una elipse con focos en F y en P, con el eje mayor en $d + \lambda$ y el eje menor expresado por:

$$\frac{\sqrt{\lambda \cdot d}}{2} \quad (1.3)$$

Esta grafica se muestra en la figura 1.8

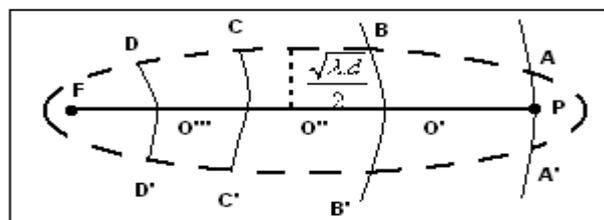


Fig. 1.8 Elipsoide de Fresnell
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

De manera análoga se presentan para las zonas de Fresnell de mayor orden: 2ª, 3ª, etc. Entonces tomando en cuenta las condiciones señaladas anteriormente como también la curvatura de la tierra, se pueden presentar las siguientes formulas, con las que se define las alturas a las que se deben colocar las antenas para que no se obstruya la primera zona de Fresnell y no se presenten atenuaciones:

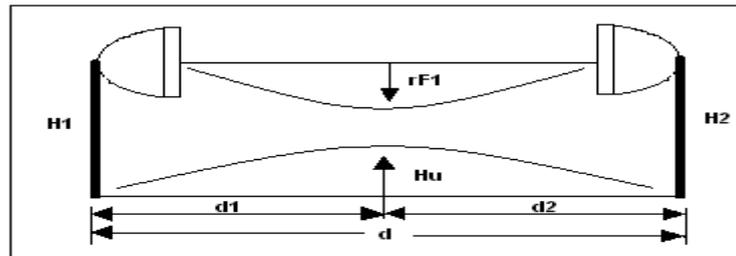


Fig. 1.9 Condiciones de refracción del radio enlace y curvatura de la tierra
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

$$r_{F1} = 17.4 \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{d \cdot f}} \quad n = \left(\frac{r_{Fn}}{r_{F1}} \right)^2 \quad H_u = \frac{d1 \cdot d2}{12.7 \cdot K} [5] \quad (1.4)$$

d, d1 y d2 en Km, f en GHz

n= numero de la zona de Fresnell considerada.

Hu= Factor de corrección del perfil terrestre

2.3.1.2.6 Efectos del terreno en la propagación

En lo referente al suelo por el que esta propagando un enlace se puede tener las siguientes consideraciones:

1. Propagación sobre áreas cubiertas por árboles, estas a su vez se pueden clasificar en zonas con:
 - a. Árboles grandes 35m.
 - b. Árboles medianos 20m.
 - c. Árboles frutales 20m.
 - d. Cafetales 3m.

2. Propagación sobre áreas pobladas, estas a su vez se pueden clasificar en zonas con:

- a. Casas de suburbios de ciudades 5m.
- b. Ciudades pequeñas 10 a 20m.
- c. Centros de ciudades 20 a 50m.

Otro factor importante en cuanto a la superficie por donde se propaga el enlace es la rugosidad que presenta el suelo, ya que de ello depende que se provoque o no onda reflejada. Esta onda reflejada a su vez puede ser beneficiosa o perjudicial, dependiendo de la fase con que llegue a la antena de recepción.

2.3.1.2.7 Efectos de un obstáculo en el radio enlace

Se considera ahora la fuente F, sustituida por una antena transmisora, y en el punto P la antena receptora, como se muestra en la figura 1.10

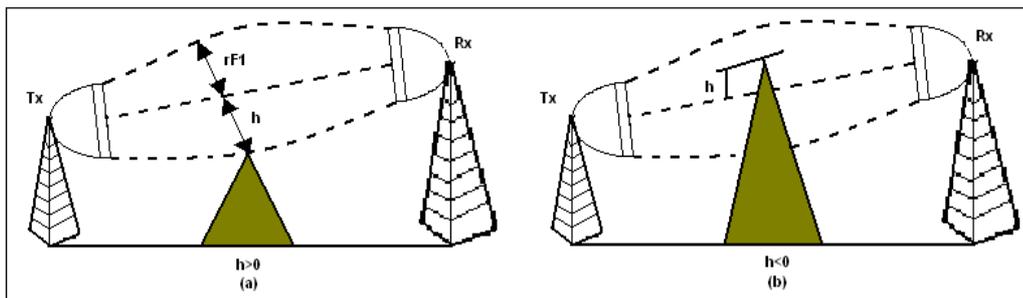


Fig. 1.10 Obstrucción tipo filo de navaja en un radio enlace
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

Por el estudio anterior se puede determinar que la potencia recibida por la antena estará en función de la obstrucción causada por el terreno en el que la onda se propaga. En los enlaces reales, en donde las torres están limitadas a una altura, por motivos prácticos y económicos, se debe aplicar criterios de obstrucción que permitan garantizar una adecuada recepción con torres de alturas convenientes.

Se tiene que, dependiendo de la obstrucción existente se alcanza valores de ganancia inclusive mayores a los de espacios libres, Esto por el principio de

Huygens. Los criterios que permite definir las alturas de las torres se basan en energía recibida con un grado de obstrucción presente.

Entonces considerando que una obstrucción puede ser principalmente de dos tipos, una tipo redondeada como una loma u otro tipo filo de navaja como un pico; para cada una de estas obstrucciones se tiene una atenuación suplementaria a la de espacio libre de acuerdo a la figura 1.11, en la que se presenta una relación entre la atenuación y (h/r_{F1})

a) Para $(h/r_1) > 2.6$ la onda refractada da lugar aproximadamente al mismo campo que se obtendría en espacio libre.

Una interpretación de este efecto puede ser de la siguiente manera: puesto que el radio del elipsoide de orden n puede ser escrito como $r_n = \sqrt{n}r_1$, la relación $(h/r_1) > 2.6$ corresponde a una desobstrucción de por lo menos las 7 primeras de fresnel $(\sqrt{7} \cong 2.6)$. (1.5)

Como era de esperarse una desobstrucción de zonas mas allá de la séptima zona de fresnell tiene una muy pequeña contribución en el campo recibido en la antena.

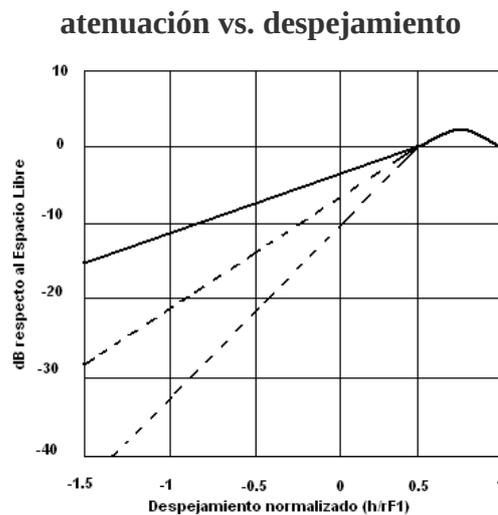


Fig. 1.11 Atenuación en función de la obstrucción
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

Como se puede observar de la grafica se presentan los siguientes casos:

- b)** Para $h/r_1 = 0$ ($h = 0$ el obstáculo es tangente a la línea de vista.
- c)** Para $h/r_1 = 0.6$ (Despejado aproximadamente el 60% de la primera zona de Fresnel) el campo tiene el mismo valor de aquel recibido en espacio libre.
- d)** El máximo de campo recibido se da para $h/r_1 = 0.8$, el campo recibido en esta situación es aproximadamente 1.4 dB superior al de espacio libre.

Entonces de acuerdo a lo propuesto, se puede concluir que con un despeje de 0.6 r se tiene un pequeña atenuación semejantes a la de espacio libre. También se puede señalar que a mayor obstrucción se tiene una mayor atenuación. Como en la práctica no existe un valor preciso de k, existen varios criterios de despojamiento adoptados como función de las variaciones esperadas de las condiciones de refracción de acuerdo a la región en estudio.

2.3.1.3 Atenuaciones

Como se ha visto anteriormente, la onda irradiada por la antena se propaga a través del espacio, transportando la energía necesaria para el establecimiento del enlace del radio.

Las condiciones de propagación de esa onda dependen del medio de transmisión. Para tener un análisis real de la propagación se deben considerar todas las influencias posibles que el medio pueda ejercer.

Un procedimiento más adecuado consiste en considerar un medio de transmisión ideal (espacio vacío) luego de conocer el mecanismo de propagación en esas condiciones se analiza las modificaciones producidas por las características de un medio real.

La propagación que se realiza en condiciones ideales se denomina propagación en espacio libre, los principales cambios que ese da cuando se analiza el caso real son los introducidos por las condiciones atmosféricas y la presencia de posibles obstáculos en el transcurso de propagación.

2.3.1.3.1 Propagación en espacio libre

La potencia que llega a la antena receptora es una pequeña fracción de la energía entregada por la antena transmisora, siendo la restante dispersada en el espacio. Si la antena es isotrópica la potencia emitida por unidad de área de la superficie de una esfera (Densidad de potencia) es:

$$Pd = \frac{Pt}{4\pi d^2} \quad (1.5)$$

Donde P_t es la potencia transmitida por la antena y d es la distancia entre la antena y el punto de estudio (radio de la esfera)

El área efectiva de una antena receptora se define como la superficie de frente de onda plano con densidad de potencia P_d que dispone a una potencia equivalente a la entregada por la antena, para la antena isotrópica el área efectiva es:

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (1.6)$$

Donde λ es la longitud de onda del campo radio eléctrico. Por ejemplo: para una frecuencia de 3 Ghz con longitud de onda de 10 cm. el área efectiva es de 7.96 cm^2 . Se entiende así el hecho de la baja potencia captada. Entonces relacionando ambos elementos se tiene la potencia captada P_r en función de la potencia

transmitida P_t para antenas isotrópicas:
$$P_r = P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1.7)$$

La potencia recibida es inferior a la transmitida debida a la imposibilidad de captar toda la potencia generada. Se puede expresar como una atenuación

producto de la propagación en el espacio libre entre antenas isotrópicas, entonces se tiene la siguiente expresión para esta atenuación:

$$A_o(dB) = 92.4dB + 20\log(fd) \quad (1.8)$$

Donde:

A_o = atenuación de espacio libre

f = frecuencia de operación en Ghz

d = distancia entre antenas en Km.

Así, se puede decir que habrá una misma atenuación de espacio libre para un enlace trabajando a 23 Ghz con 5 Km que para un enlace a 5 Ghz con 23 Km.

Las antenas utilizadas en microondas no irradian o captan uniformemente la energía de un frente de onda. Estas antenas presentan una propiedad de concentrar la energía irradiada en haces muy estrechos en torno a la línea de vista de manera de aumentar la potencia recibida con relación a lo que se recibirá con radiadores isotrópicos.

Este incremento de potencia es matemáticamente traducido como una ganancia de las antenas:

G_{Tx} -ganancia de la antena de transmisión (dBi)

G_{Rx} -ganancia de la antena en recepción (dBi)

2.3.1.3.2 Atenuación por lluvia

Cuando se utiliza frecuencias superiores a los 10 GHz se tiene que tomar en cuenta la atenuación que producen los hidrometeoros, estas frecuencias sufren un efecto de absorción por el oxígeno, vapor de agua etc.

Lluvias intensas constituyen una de las principales causas de interrupción de sistemas de radio enlaces por ello que es importante tomar en cuenta en el planeamiento de una red de microondas los parámetros de disponibilidad mínima

que la señal la utiliza en caso de inexistencia de datos locales las cartas pluviométricas.

2.3.1.3.3 Absorción atmosférica

El fenómeno de absorción es provocado por la transición de un nivel de energía en el interior de una molécula de gas atmosférico. En una atmósfera no condensada, el oxígeno y el vapor de agua son los principales responsables de la absorción de energía.

La interacción del oxígeno con la radiación incidente da origen a líneas de absorción en 118.74 Ghz y en torno a los 50 Ghz a 70 Ghz como se muestra en la figura 1.12

Para el vapor de agua que tiene características moleculares se presentan tres importantes líneas de absorción en las frecuencias de 22Ghz, 183.3 Ghz, y 323.8 Ghz.

Se ha verificado que la absorción atmosférica puede ser despreciada en enlaces menores a 80 Km y para frecuencias entre 2 y 8 Ghz , también se aplica la consideración anterior para enlaces menores a 30 Km y con frecuencias entre 10 y 14 Ghz.

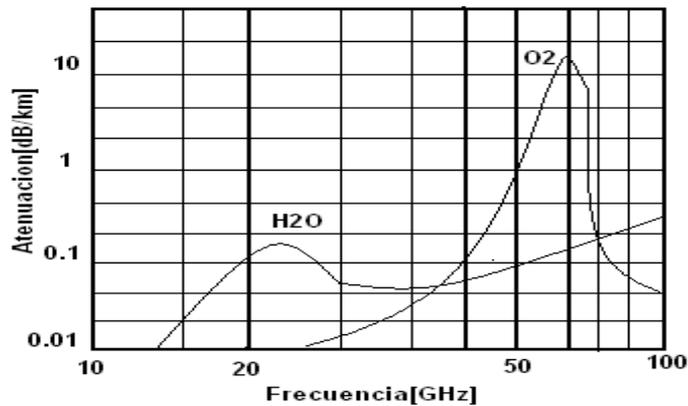


Fig. 1.12 Atenuación atmosférica
Fuente: ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios

2.3.1.4 Desvanecimientos

El término desvanecimiento es utilizado para caracterizar un aumento de atenuación. Así mismo, desvanecimiento, se debe comprender como oscilaciones en la intensidad de la señal, causada por el medio de Tx y no por el equipo.

Los desvanecimientos pueden generalmente ser divididos en insignificantes, selectivos y planos. Los dos últimos pueden ocurrir en condiciones de troposfera estratificada.

Los conceptos de desvanecimiento plano y selectivo son muy diferentes sin embargo sus consecuencias son básicamente las mismas: producen incremento en la tasa de bits errados.

A pesar de esto no se puede considerar que una determinada franja de frecuencia está sujeta a solamente un tipo de desvanecimiento en un momento dado, pues ambos pueden estar ocurriendo.

2.3.1.5 Interferencias más importantes:

En los sistemas de radio enlace se tiene tres causas de degradación:

- El ruido térmico
- Las distorsiones internas y externas
- Las interferencias

2.3.1.5.1 Ruido

En el medio ambiente y en el ámbito de la comunicación sonora, se define como ruido todo sonido no deseado. Cuando se utiliza la expresión ruido como sinónimo de contaminación acústica, se está haciendo referencia a un ruido (sonido), con una intensidad alta, que interfiere en la comunicación entre las

personas o en sus actividades y que puede resultar incluso perjudicial para la salud humana.

En Informática, de modo general, el ruido puede ser considerado como datos sin significado; esto es, datos que no se están utilizando para transmitir una señal, sino que se producen simplemente como un subproducto no deseado de otras actividades. En Teoría de la información, sin embargo, se considera al ruido como información.

Al hablar del ruido en relación a sonidos, se define frecuentemente el ruido como un sonido sin sentido y generalmente de un volumen mayor que el normal. Así una actividad industrial que produce sonidos elevados puede ser considerada como ruidosa. Sin embargo, las conversaciones de la gente se pueden llamar ruido por la gente no implicada en ninguna de estas conversaciones.

El ruido en Electrónica y Telecomunicación, en estos campos el ruido también es considerado como una señal indeseable que puede alterar los resultados deseados. En cualquier dato transmitido, la señal recibida consistirá en la señal transmitida modificada debido a las distorsiones introducidas por el sistema de comunicación y a las señales no deseadas que se insertarán entre algún punto entre el emisor y el receptor.

A estas últimas señales no deseadas se les denomina ruido, es decir, el ruido es toda aquella señal que se inserta entre el receptor y el emisor y que no es deseada. El ruido es el factor de mayor importancia cuando se limitan las prestaciones del sistema de transmisión.

El ruido se puede clasificar en cuatro categorías:

- a)** Ruido Térmico: Es producido por la agitación térmica de electrones dentro del medio conductor.

- b)** Ruido de Intermodulación: Consiste en que cuando distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión provocan entre sí señales de ruido.

- c)** Diafonía: Se produce cuando hay un acoplamiento entre líneas que transportan las señales.

- d)** Ruido Impulsivo: Se trata de impulsos discontinuos de poca duración y de gran amplitud que afectan a la señal.

2.3.1.5.2 Fuentes de interferencia

La interferencia básicamente es hecha por el hombre excepto por condiciones atmosféricas y del clima. La más notable son las descargas eléctricas (rayos). A continuación se mencionan algunos ejemplos de fuentes de interferencia:

- Sistema de encendido de vehículos,
- Motores eléctricos, líneas de alta tensión,
- Luces de neón y fluorescentes
- Computadoras,
- Otros tipos de transmisión, tales como la radio amateur, CB (Banda Civil), radio de la policía y otros servicios públicos, inclusive otras estaciones de FM o TV.

Generalmente las fuentes que radian señales periódicas e intermitentes son llamadas fuentes de impulso. Algunos ejemplos son: interruptores eléctricos, luces de neón destellando, encendido de automóvil, rayos, etc. Los impulsos son de corta duración (microsegundos) y frecuentemente tienen amplitudes mas grandes que la señal que esta siendo recibida.

La interferencia puede ser radiada como interferencia electromagnética (EMI), o

conducida sobre las líneas eléctricas, en el caso del equipo con alimentación de Corriente alterna (AC).

2.3.2 Tecnologías inalámbricas.

Hoy en día es clara la alta dependencia en las actividades empresariales e institucionales de las redes de comunicación. Por ello la posibilidad de compartir información sin que sea necesario buscar una conexión física permite mayor movilidad y comodidad. Así mismo la red puede ser más extensa sin tener que mover o instalar cables.

De esta manera los enlaces inalámbricos por medio de microondas tienen una gran acogida para la transmisión de datos a larga distancia, tomado en cuenta que en el diseño de una red de microondas se encuentran involucrados varios factores que intervienen en la propagación.

Las investigaciones realizadas anteriormente siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas, donde se utilizaba el esquema del spread spectrum (espectro extendido), siempre a nivel de laboratorio.

En mayo de 1985, y tras cuatro años de estudio, el FCC (Federal Communications Comisión), la Agencia Federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas IMS (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 Mhz. 2,400-2,4835 Ghz, 5,725-5,850 Ghz a las redes inalámbricas basadas en spread spectrum. (IMS es una banda para uso comercial sin licencia).

2.3.3 Tecnología Spread Spectrum

La tecnología del espectro ensanchado (Spread Spectrum) se originó como una solución para contrarrestar la interferencia intencional (jamming) y ocultar las comunicaciones propias de escuchas no deseadas. Su origen puede remontarse hacia finales de la Segunda Guerra Mundial.

Con esas dos importantes características, los primeros desarrollos fueron orientados hacia aplicaciones militares, hasta que en 1989 se comenzó a utilizar en el ámbito civil, cuando esta tecnología fue liberada por el gobierno de los Estados Unidos.

Seguramente hemos escuchado en innumerables ocasiones la terminología de espectro ensanchado en radio enlaces, telefonía inalámbrica, enlaces satelitales, sistema de posicionamiento global, sistemas de comunicaciones militares, en sistemas celulares (acceso múltiple por división de códigos, CDMA), etc. Y a mi entender cada vez va a ser mayor su uso en el área de telecomunicaciones.

El **espectro ensanchado** (también llamado **espectro esparcido**, **espectro disperso**, **spread spectrum** o **SS**) es una técnica por la cual la señal transmitida se ensancha a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias, mucho más amplia, de hecho, que el ancho de banda mínimo requerido para transmitir la información que se quiere enviar.

No se puede decir que las comunicaciones mediante espectro ensanchado son medios eficientes de utilización del ancho de banda. Sin embargo, rinden al máximo cuando se los combina con sistemas existentes que hacen uso de la frecuencia. La señal de espectro ensanchado, una vez ensanchada puede coexistir con señales en banda estrecha, ya que sólo les aportan un pequeño incremento en el ruido.

En lo que se refiere al receptor de espectro ensanchado, él no ve las señales de banda estrecha, ya que está escuchando un ancho de banda mucho más amplio gracias a una secuencia de código preestablecido.

Podemos concluir diciendo que todos los sistemas de espectro ensanchado satisfacen dos criterios:

- El ancho de banda de la señal que se va a transmitir es mucho mayor que el ancho de banda de la señal original.

- El ancho de banda transmitido se determina mediante alguna función independiente del mensaje y conocida por el receptor

2.3.3.1 Aplicaciones de la Tecnología Spread Spectrum

La banda de frecuencias en las que trabajan los equipos de espectro ensanchado (902-928 Mhz, 2,4-2,483 Ghz y 5,7-5,8 Ghz) son licenciadas en el Ecuador por la SENATEL.

Esta tecnología hoy en día es empleada para dar soluciones de banda ancha, Internet dedicado, aplicaciones de datos, aplicaciones industriales, las mismas que son asignadas dentro de las bandas ICM (Industriales Científicas Médicas). etc., razón por la cual en las ciudades este espacio del espectro se esta saturando; incluso hoy en día, las bandas de 900 Mhz y 2.4 Ghz en ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Manta, entre otras, tienen problemas de interferencia entre enlaces de espectro ensanchado, por tal motivo estas mismas proveedoras de servicios están migrando a la tercera banda (5,7 Ghz).

2.3.4 Motorola canopy banda ancha inalámbrica fija

2.3.4.1 Sistema de red canopy

Es un sistema de red para distribución de datos que ofrece servicios de banda ancha inalámbrica de alto desempeño.

Canopy ha sido diseñado para:

- Acceso y Distribución Exterior.
 - Ofrece velocidades equivalentes a las alternativas cableadas.
 - Sobrepasa obstáculos físicos y problemas de derechos de acceso.
 - Permite implementaciones más fáciles, más rápidas, ya a menores costos

compatibles con el retorno.

- Permite extender redes alámbricas existentes.

2.3.4.2 Principales Componentes

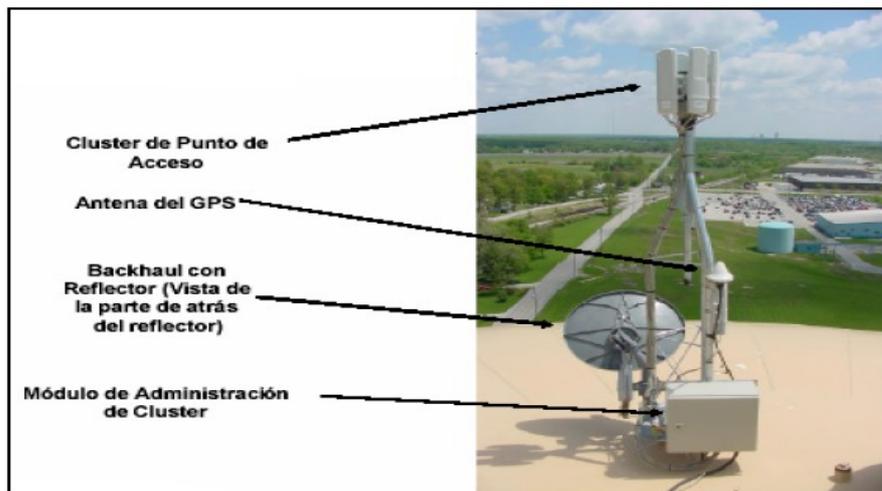


Fig.1.13 Componentes del sistema canopy

Fuente: <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/antennas.html>

2.3.4.3 Principales Características

- Canopy está disponible en 5.2GHz & 5.7GHz.
- Canopy tiene antenas incorporadas direccionales (Patrón de 60 grados).
- Se puede incrementar la ganancia y el alcance con un reflector pasivo disponible -(Patrón de 6 grados).
- Canopy tiene una interfaz incorporada Ethernet (10/100baseT).

2.3.4.4 Transmisión Punto-Multipunto (PMP)

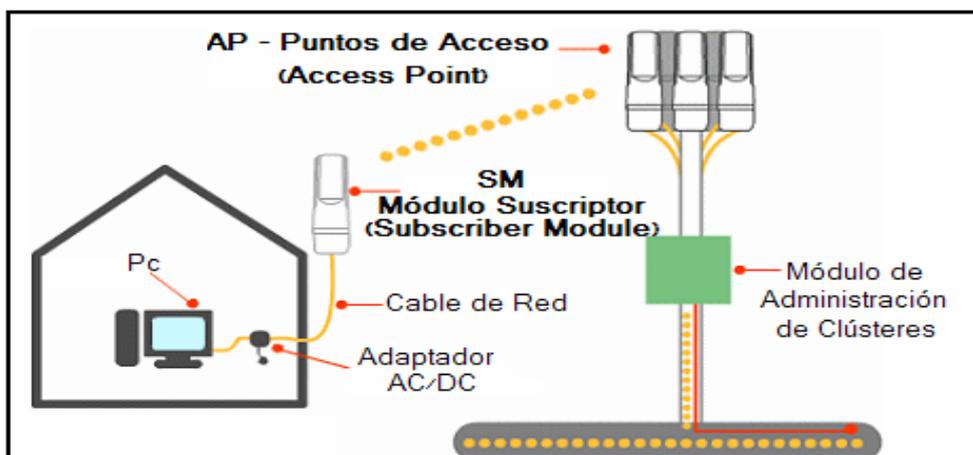


Fig.1.14 Transmisión punto multipunto
 Fuente: <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/antennas.html>

2.3.4.5 Transmisión Punto a Punto

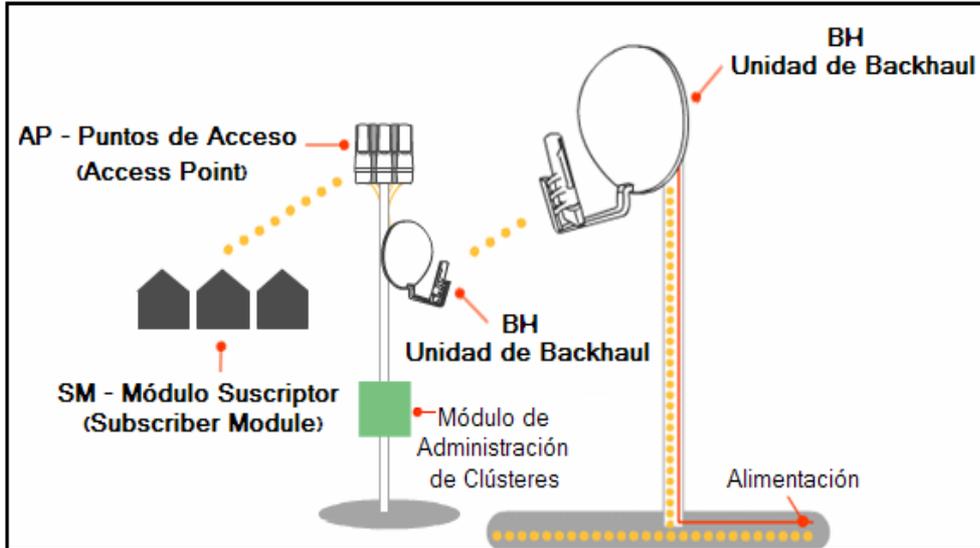


Fig.1.15 Transmisión punto a punto
 Fuente: <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/antennas.html>

2.3.4.6 Capacidad vs. Distancia

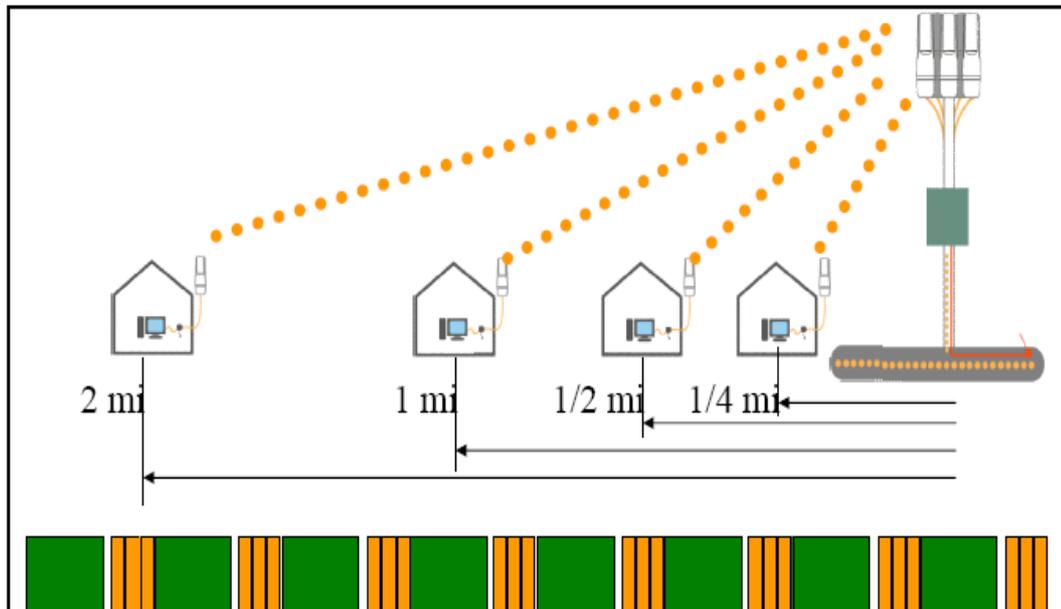


Fig.1.16 Capacidad vs. Distancia
 Fuente: <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/antennas.html>

La capacidad **NO** se degrada con la distancia. Esto es posible gracias al protocolo TDMA (time division multiple access) utilizado.

2.3.4.7 Alcance de Canopy

El Alcance de Canopy depende de su configuración

- Patch -3 km

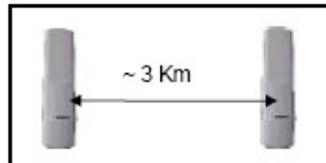


Fig.1.17 Alcance 3Km

Fuente: http://www.rcm.com.mx/precios_listas/canopy/Precios%20Canopy

- Patch & reflector-16 km

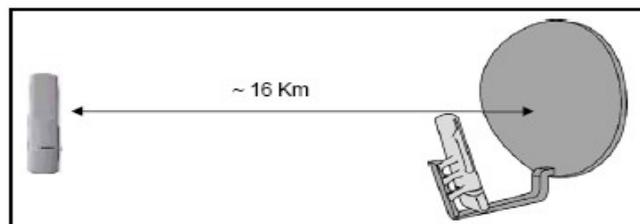


Fig.1.18 Alcance 16 Km

Fuente: http://www.rcm.com.mx/precios_listas/canopy/Precios%20Canopy

- 2 reflectores: 55 km

Solo para PaP

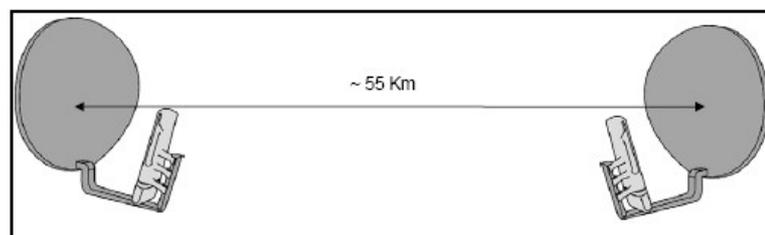


Fig.1.19 Alcance 55 Km

Fuente: http://www.rcm.com.mx/precios_listas/canopy/Precios%20Canopy

2.3.4.8 Interferencia

- Canopy virtualmente ignora la interferencia externa
- Canopy ha sido optimizado para ignorar la interferencia externa.
- Relación señal-ruido nominal (C/I) de 3 dB.
- Competencia presenta requerimientos de C/I entre 8db –25 dB.
- Canopy prácticamente no crea interferencia auto destructiva
- Canopy evita auto-interferencia a través da utilización de sincronización GPS.
- El CMM -Cluster Management Module posee un receptor GPS que suministra el sync de GPS a los APs y BHs.

2.3.4.9 Aplicaciones de Canopy

- Extensión de LAN
- Servicio de Internet
- Conexiones punto a punto de alta velocidad
- Multicast de Video(entrenamiento)
- Back-up de redundancia para la red
- Extensión de PABX
- Vigilancia por video
- Voz sobre IP

2.4 Hipótesis

¿El diseño de una red inalámbrica de datos que interconecte el Municipio de Pelileo con sus parroquias permitirá descentralizar las oficinas de recaudación que se encuentran en el Gobierno Municipal de Pelileo (principal) y optimizará recursos?

2.5 Variables

2.5.1 Variable Independiente

Diseño de una red inalámbrica de datos.

2.5.2 Variable Dependiente

Municipio de Pelileo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

La investigación se enfoca en el paradigma cuali-cuantitativo, que se evidencia a través de las propiedades del objeto de estudio inmerso dentro del problema que se ha planteado.

La investigación se encuentra dentro del enfoque cualitativo porque se confirma la información necesaria para resolver el problema dentro de la institución, utilizando técnicas como la observación de la información.

Además se encuentra dentro del enfoque cuantitativo debido a que se evidencia el problema de investigación desde fuera de la institución obteniendo criterios y palpando realidades con las personas directamente inmiscuidas con el proceso del enlace inalámbrico.

3.2. Modalidad básica de la investigación.

La investigación que se ha realizado es una investigación de campo porque se recolectó información en el lugar donde se produce el fenómeno, se trabajó en la institución y evidenció resultados con los clientes y empleados.

Con esta modalidad se tomó contacto en forma directa con la realidad para tener información de acuerdo con los objetivos del proyecto, es decir se estuvo inmerso en forma directa con el problema.

Se utilizó también la investigación bibliográfica ya con ella se logró profundizar, ampliar y comparar varios temas que son muy importantes, sobre los enlaces inalámbricos.

Este proyecto se enmarca dentro de un proyecto factible, porque se ha propuesto un modelo práctico, que permita solucionar el problema de forma eficiente y además obteniendo buenos resultados.

3.3.- Nivel o tipo de investigación.

El nivel de esta investigación partió del nivel exploratorio ya que ha permitido estudiar y analizar un problema en concreto; luego se llegó al nivel descriptivo porque se pudo determinar en forma detallada como se originó, como está, a quien afecta dicho problema, de tal manera que permitió determinar los procesos adecuados para la solución del problema.

El nivel correlacional, ha permitido realizar previsiones, ajustes de interpretaciones que controlen causa - efectos; se llegara al nivel explicativo cuando se proponga conclusiones.

3.4.- Población y muestra.

3.4.1.- Población

Como el presente proyecto es sólo diseño, no consta de una muestra por lo que no se realizó cálculos.

3.5.- Recolección de la información.

La técnica de recolección de datos permite la obtención sistemática de información acerca de los objetos de estudio (personas, objetos y fenómenos) y su entorno. Se utilizó las siguientes técnicas.

1. La información disponible.
2. La observación.
3. Encuesta

Frecuentemente existen datos recolectados por otros, que no necesariamente han sido analizados o publicados. Localizar las fuentes y recuperar la información es un buen punto de partida en cualquier esfuerzo de recolección de datos.

La observación es una técnica que implica seleccionar, ver y registrar sistemáticamente la conducta y características de seres vivos, objetos o fenómenos. Pueden dar información adicional y más confiable que las entrevistas o los cuestionarios. Con la observación se puede entonces, verificar la información recolectada.

Las encuestas serán dirigidas al personal directamente involucrado con el proyecto cuyo formato se adjunta en el capítulo v.

3.6.- Procesamiento y análisis de la información.

Una vez aplicados los instrumentos y analizada la validez se procederá a la tabulación de los datos los cuales se presentarán en gráficos, en términos de porcentaje para facilitar la información.

Se realizará el análisis integral en base a juicios críticos desprendidos del marco teórico, objetivos y variables de la investigación.

A continuación se estructurarán las conclusiones y recomendaciones que organizadas secuencialmente, permitió dar solución al problema planteado.

Finalmente como parte fundamental de la investigación crítica y propositiva se planteará una propuesta pertinente a la investigación.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Estudio de Campo

4.1.1 Antecedentes

Pelileo es un cantón ubicado entre Ambato y Baños, sus localidades se encuentran en altitudes que van desde 2100 a 4700 msnm.

Se encuentra en la Provincia de Tungurahua, muy cerca de la Cordillera Occidental, a 17 km al noreste de Ambato, es territorio del pueblo Salasaca, tanto la ciudad como sus alrededores, en donde existen diferentes asentamientos y comunidades.

La pobreza y las oportunidades de desarrollo se viven de manera diferente según el estrato socioeconómico, el grupo étnico cultural y el género al que pertenecen las personas.

En cuanto al género, los hombres y las mujeres tienen una posición diferente en la sociedad, economía y el mercado, siendo este un factor importante y definitorio de

las estrategias familiares de sobrevivencia, así como la capacidad de las familias para asumir oportunidades de desarrollo.

Esta ciudad en los últimos años ha demostrado un crecimiento rápido, debido básicamente al comercio artesanal e industrial, lo que ha provocado que se articule una trama urbana no planificada hacia los sectores de El Tambo, Tambo Central, parte de La Paz, Pamatúg, García Moreno y La Libertad.

De esta forma se han incorporado a la urbe nuevos sectores con proyección a la formación de barrios, los cuales demandan los principales servicios básicos.

La diversificación productiva de Pelileo constituye uno de los elementos característicos del cantón, esta multiplicidad de actividades abarca toda la economía cantonal tanto el sector primario como la industria y el comercio.

Económicamente el 25% de los habitantes de Pelileo dependen directamente de las actividades de confección, lavado y comercialización de prendas textiles. De este total, 75% se dedica a la producción de artículos de tela jean, 91% de esa producción se destina a la confección de pantalones.

Los nuevos enfoques del desarrollo exigen que los gobiernos locales adopten mecanismos de coordinación interinstitucional, alianzas y complementariedad en la ejecución de programas y proyectos, siendo imprescindible la planificación estratégica local desde el ámbito comunitario y parroquial.

La Ilustre Municipalidad de San Pedro de Pelileo a través de un proceso integral de desarrollo cantonal, ha impulsado el proceso de planificación estratégica en todas sus parroquias rurales complementándose así el proceso de organización a nivel cantonal.

Con esta nueva visión de planificación, el presente plan estratégico a nivel parroquial, constituye una herramienta importante de negociación, y de gestión

ante instituciones nacionales e internaciones tanto públicas como privadas, para realizar acciones conjuntas en bien del desarrollo local.

4.1.2 Crecimiento de la población de San Pedro de Pelileo

Año	Población Cantonal
2005	53863
2006	55156
2007	56479
2008	57835
2009	59223
2010	60644
2011	62100
2012	63590
2013	65116
2014	66679
2015	68279

Tabla 1.3 Crecimiento de la Población Cantonal

Fuente: Ilustre Municipio de Pelileo



Fig. 1.20 Crecimiento Anual de la Población

Fuente: Ilustre Municipio de Pelileo

4.1.3 Distribución de la Población del Cantón por Parroquias

Distribución Poblacional	Habitantes	Tasa de Crecimiento Anual %	% del Cantón con la Provincia	Área km ²	Hbt/km ²
T. CANTONAL	48.988	2.4	10000%	202.4	242.04
Pelileo	20.778	2.4	42.41	57.2	363.25
Benítez	2.016	2.4	4.11	5.3	360.38
Bolívar	2.460	2.4	5.02	12.8	192.19
Cotaló	1.977	2.4	4.03	45.6	43.35
El Rosario	2.400	2.4	4.90	12.1	198.34
Chiquicha	1.957	2.4	3.99	14.3	136.85
García Moreno	5.211	2.4	10.64	15.4	338.37
Huambalò	6.994	2.4	14.28	27.4	255.25
Salasaca	5.195	2.4	10.60	12.3	422.35

Tabla 1.4 Distribución de la población
Fuente: Ilustre Municipio de Pelileo

4.1.4 Numero de cobros prediales que realizó el Municipio en el 2008

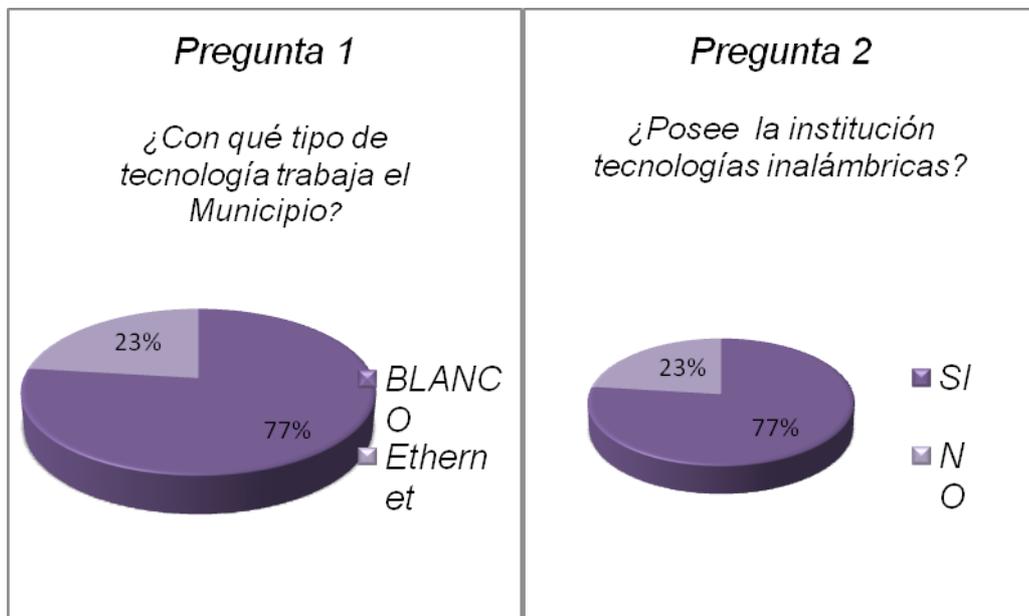
	Predios Procesados	Impuesto predial	Bomberos	Servicios Adm.	Valor Promedio del predio	Proyección total
Benítez	1954	5456,03	1379,49	1921	2,79	72894,89
Bolívar	4459	11090,88	2745,02	4426	2,49	18261,9
Cotalò	2594	5894,91	1478,79	2539	2,27	9912,7
Chiquicha	2547	6845,96	1660,20	2515	2,69	11021,16
Rosario	3961	3623,06	1298,87	3902	0,91	8823,93
García M.	6414	11219,26	3146,37	6357	1,75	20722,63
Huambalò	8733	39861,12	9059,82	8610	4,56	57530,94
Salasaca	10904	6991,40	2955,80	10832	0,64	20779,20
Pelileo G.	1068	3915,21	1856,12	1048	3,67	6819
Pelileo	4010	41692,81	19127,74	3961	10,40	70810,06

Tabla 1.5 Cobros prediales realizadas por el municipio
Fuente: Ilustre Municipio de Pelileo

4.2 Encuestas

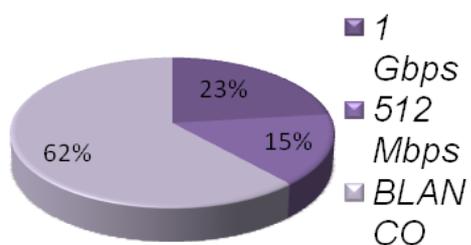
Se realizó las encuestas a 13 personas las cuales conforman distintos departamentos que están directamente involucrados en el diseño de este proyecto y cuyo formato se adjunta en Anexos.

4.2.1 Análisis de los resultados de las encuestas



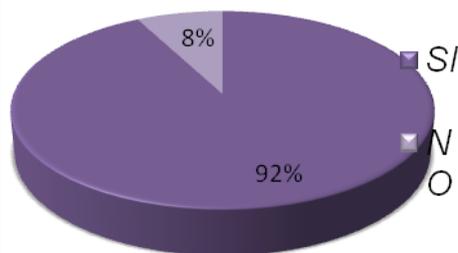
Pregunta 3

¿Qué capacidad de ancho de banda posee el Municipio?



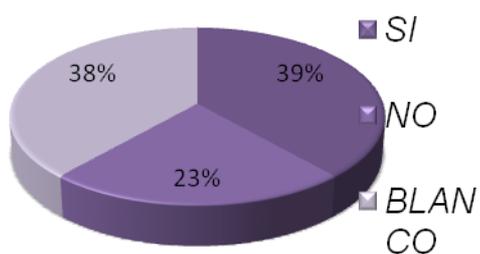
Pregunta 4

¿Cree usted que se agilizarían los cobros si se implementarían sucursales en las diferentes parroquias?



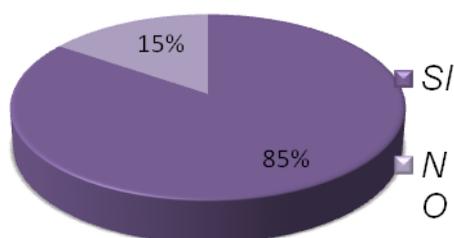
Pregunta 5

¿Permite el perfil topográfico realizar el estudio y la implementación de dicho enlace?



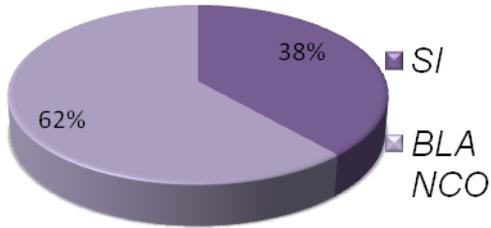
Pregunta 6

¿Si se implementaría sucursales cree usted que se descongestionaría el área física del Municipio tanto al exterior como al interior?



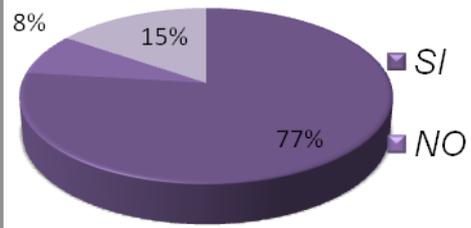
Pregunta 7

¿Piensa usted que con la incorporación de la red inalámbrica al sistema de la institución se podrían agregar nuevos servicios?
¿Cuales?



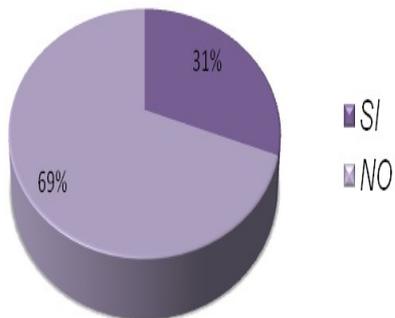
Pregunta 8

¿Al implementarse la red posee el municipio personal técnico capacitado para brindar mantenimiento en los respectivos equipos?



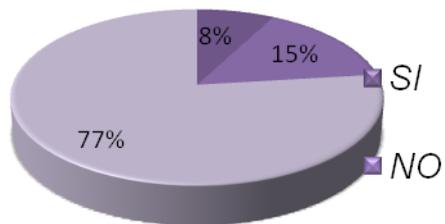
Pregunta 9

¿Conoce en qué consiste el sistema de funcionamiento de un enlace inalámbrico?



Pregunta 10

¿Cuenta el Municipio con los suficientes recursos económicos para la implementación de este proyecto?



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se puede apreciar del estudio de propagación de microondas, que los radio enlaces se comportan de manera diferente de acuerdo al tipo de atmósfera por la que se este transmitiendo. Es decir que a mas del factor conocido de atenuación de espacio libre, se tiene que considerar la incidencia de la atmósfera debido a que esta no es homogénea en todo el trayecto y esta sujeta a continuas variaciones, el haz de microondas que enlaza dos estaciones se curva, esta curvatura se visualiza mediante el factor de corrección de la curvatura de la tierra k .
- Por lo expuesto anteriormente se puede decir que para enlaces que trabajan en frecuencias sobre los 2 Ghz, las mejores condiciones de propagación se dan:
 - a) Cuando entre estaciones se tiene una gran diferencia de alturas, pues en esta situación se reduce el efecto que puede tener los ductos de propagación.
 - b) Cuando la propagación se da a través de una atmósfera que no sufre severos cambios en su estructura.
- Una vez desarrollado el presente trabajo, se puede concluir que una planificación adecuada del espectro radioeléctrico permite un procedimiento más ágil y seguro en el diseño e implementación de un

proyecto que contempla enlaces de microondas; implica por consiguiente un ahorro en tiempo y dinero, puesto que si se da el caso que en el momento de la implementación, ocurran mediciones de degradación debidas a interferencias, dependiendo de la magnitud de la interferencia, se tendrá que:

- o Tratar de reducir la interferencia generada mediante el cambio de polarización de las ondas transmitidas.
 - o Reducir la potencia de transmisión de los equipos hasta donde sea posible.
 - o Reubicar los equipos para tratar de reducir los efectos de interferencia y por ende la degradación en el umbral de recepción de los radios
 - o En caso de no ser posible una mejora con los procedimientos anteriores, irremediablemente se deberá cambiar de frecuencia de operación.
-
- En el transcurso del diseño de la red motivo de este estudio, se puede apreciar que, en la actualidad el diseño de un radio enlace no debe ser tomado como un ente único aislado, sino que se tiene que considerar los enlaces que existen en cada sitio y las interacciones que entre ellos se producen. Este análisis se hace necesario dada la creciente cantidad de radio enlaces que se hallan instalados y la mayoría en sitios comúnmente utilizados.
 - Se observa que la interferencia produce en los receptores un efecto de subir el umbral de recepción, por ende hace que el margen de desvanecimiento disminuya. Sin embargo si el margen de desvanecimiento resultante es lo suficientemente grande para garantizar que los enlaces cumplan con los objetivo de calidad que señala la recomendación ITU-T.

- Se debe notar como una conclusión que, cuando se utilizan frecuencias que están fuera de lo que señala la recomendación vigente se pierde capacidad nodal en los sitios que se produzca este particular. En este ámbito se puede presentar que:
 - o Que las frecuencias utilizadas no estén centradas en los valores que señala la recomendación, con lo que, en el momento que se planifique utilizar una determinada frecuencia se va a presentar el hecho que el espectro radioeléctrico que le corresponde utilizar a una frecuencia se encuentre parcialmente ocupado, obligando a desplazar la frecuencia a otro sector del espectro y dejando un espacio desperdiciado.
- Mediante el estudio de campo realizado se dedujo que el crecimiento poblacional en el cantón Pelileo va en aumento así como la demanda de servicio básico, esto implica que en el futuro habrá mayor número de cobros, es decir el espacio físico de la institución cada vez será más reducido. Por esta razón que el Municipio requiere implementar sucursales en sus respectivas parroquias.
- El perfil topográfico brinda factibilidad para realizar este tipo de enlace ya que el cantón se encuentra rodeado por cerros de gran altura donde se pueden colocar los diferentes equipos siempre y cuando exista sus respectivas líneas de vista

5.2 Recomendaciones

- Si se tiene estaciones en las que la congestión de los radios enlaces impide que se pueda seguir creciendo en la capacidad nodal. Cuando se prevé que se va a tener una gran cantidad de enlaces operando en un mismo sitio se

recomienda la utilización de antenas con haces muy directivos de manera que se reduzca la interferencia con enlaces vecinos.

- Algo muy importante que se debe tener en cuenta es la fijación de las torres donde se va a ubicar los equipos así mismo como el correcto direccionamiento de estos. Además las torres deben tener pararrayos ya que estos protegerán a los equipos de comunicación de las descargas eléctricas.
- Una recomendación para los organismos que regulan el campo de las telecomunicaciones en el ámbito nacional, es considerar la creación y publicación en el Internet de una base de datos en la que consten los enlaces que han sido registrados a nivel nacional, indicando las frecuencias de operación, la capacidad de transmisión y ubicaciones geográficas. Para efectos de mantener la confidencialidad de los operadores propietarios de las frecuencias, se puede omitir indicar a quien corresponda la ocupación de una determinada parte del espectro. Esta base de datos facilitaría mucho la tarea de todos los entes que están involucrados en el campo de las telecomunicaciones a nivel nacional.
- En los sitios en los que se presenten radio enlaces operando con frecuencias diferentes a las señaladas por las canalizaciones aprobadas en el CONATEL se recomienda que paulatinamente se vaya cambiando los equipos o programar estos a la frecuencia que menos ruido tenga y se vaya retomando las canalizaciones permitidas, ya que esto ayudara a optimizar el crecimiento en la capacidad nodal de los sitios utilizados para la transmisión, asegurando la calidad y confiabilidad del sistema
- En el caso de congestionarse las rutas que se van a emplear o utilizar para este proyecto se recomienda la búsqueda de nuevos trayectos para los enlaces, ya que si esto sucede se puede tener una saturación en la ocupación del espectro radioeléctrico, por lo cual para cualquier operador

que desee instalar un nuevo equipo se va a encontrar con el inconveniente de la interferencia producida por los enlaces que se encuentran ya en operación.

- Dentro del diseño de este proyecto es muy importante considerar o tener en cuenta que los cerros que van a ser utilizados como punto de salto tengan la infraestructura necesaria como por ejemplo electricidad, vías de acceso, espacio disponible, etc. Además debe existir línea de vista entre estos y el municipio, de esta manera optimizaríamos recursos para la institución.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Desarrollo del enlace

Para iniciar el desarrollo de este enlace primero recolectamos datos de las cartas topográficas tales como: coordenadas geográficas, alturas y el perfil del terreno con sus respectivas distancias.

En este enlace se utilizó cuatro cartas topográficas que son las siguientes:

- Ambato
- Baños
- Quero
- Sucre

Obtenido los datos procedemos a realizar los diferentes cálculos, con sus formulas respectivas para lo cual utilizamos el programa Excel.

Una vez realizados los cálculos analizamos los resultados para verificar si cumplen con todos los requerimientos hacia una transmisión satisfactoria. Se realiza las gráficas correspondientes, caso contrario se deberá escoger otra ruta que permita la transmisión sin ningún inconveniente.

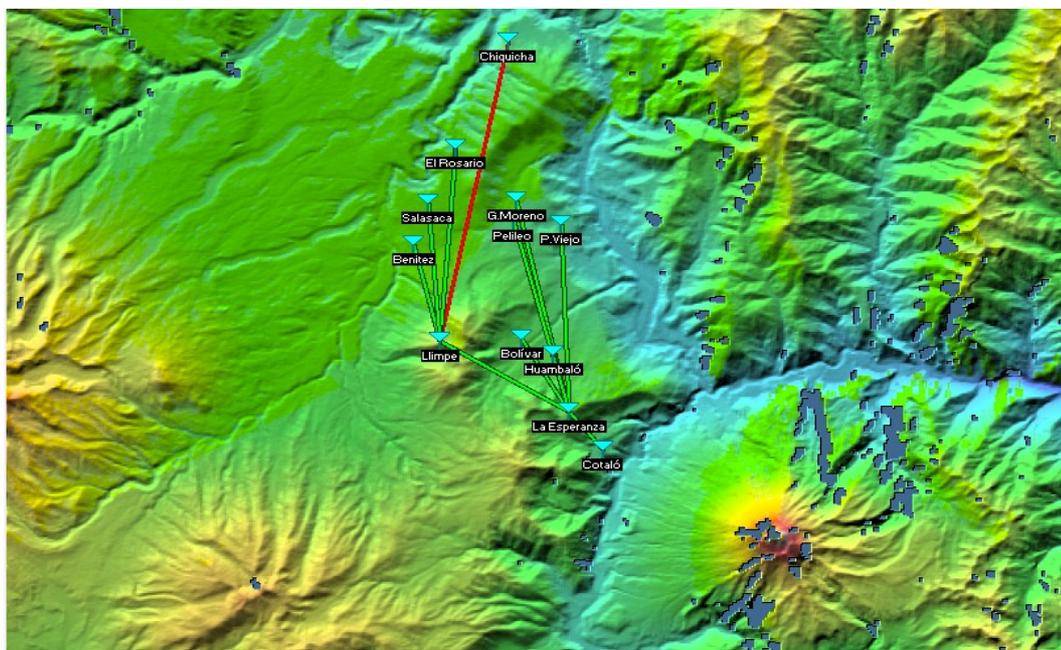
Inicialmente indicamos que para nuestro enlace nos encontramos con algunas complicaciones por tal motivo se hizo un estudio previo analizando las condiciones topográficas del terreno, como nos encontramos en una región montañosa que resulta imposible realizar un enlace directo desde El Municipio de

Pelileo- hacia sus parroquias, en tal virtud necesitaremos de rutas alternas para alcanzar nuestro objetivo de manera eficiente, para ello tomando muy en cuenta la facilidad de acceder a puntos estratégicos ya sea por carretera, caminos secundarios, senderos, etc.

Los puntos estratégicos a enlazarse se mencionan a continuación:

6.1.1 Ubicaciones Geográficas

Nombre	Latitud	Longitud	Altura(m.n.m)
Cerro Llimpe	01° 22' 55,9"	078° 34' 24,7"	3685,7
Cerro la Esperanza	01° 24' 48,9"	078° 31' 28,1"	3331
Benítez	01° 20' 20,5"	078° 35' 01,5"	2763,3
Bolívar	01° 22' 51,0"	078° 32' 32,9"	2826,1
Chiquicha	01° 15' 7,3"	078° 31' 27,6"	2579
Cotaló	01° 25' 50,3"	078° 30' 41,7"	2579
El Rosario	01° 17' 45,1"	078° 34' 03,2"	2677,5
García Moreno	01° 19' 10,2"	078° 32' 40,8"	2546,2
Huambaló	01° 23' 17,3"	078° 31' 50,4"	2814,1
Pelileo Viejo	01° 19' 47,0"	078° 31' 38,7"	2471,7
Pelileo	01° 19' 41,7"	078° 32' 43,3"	2596,7
Salasaca	01° 19' 13,5"	078° 34' 41,2"	2720,3

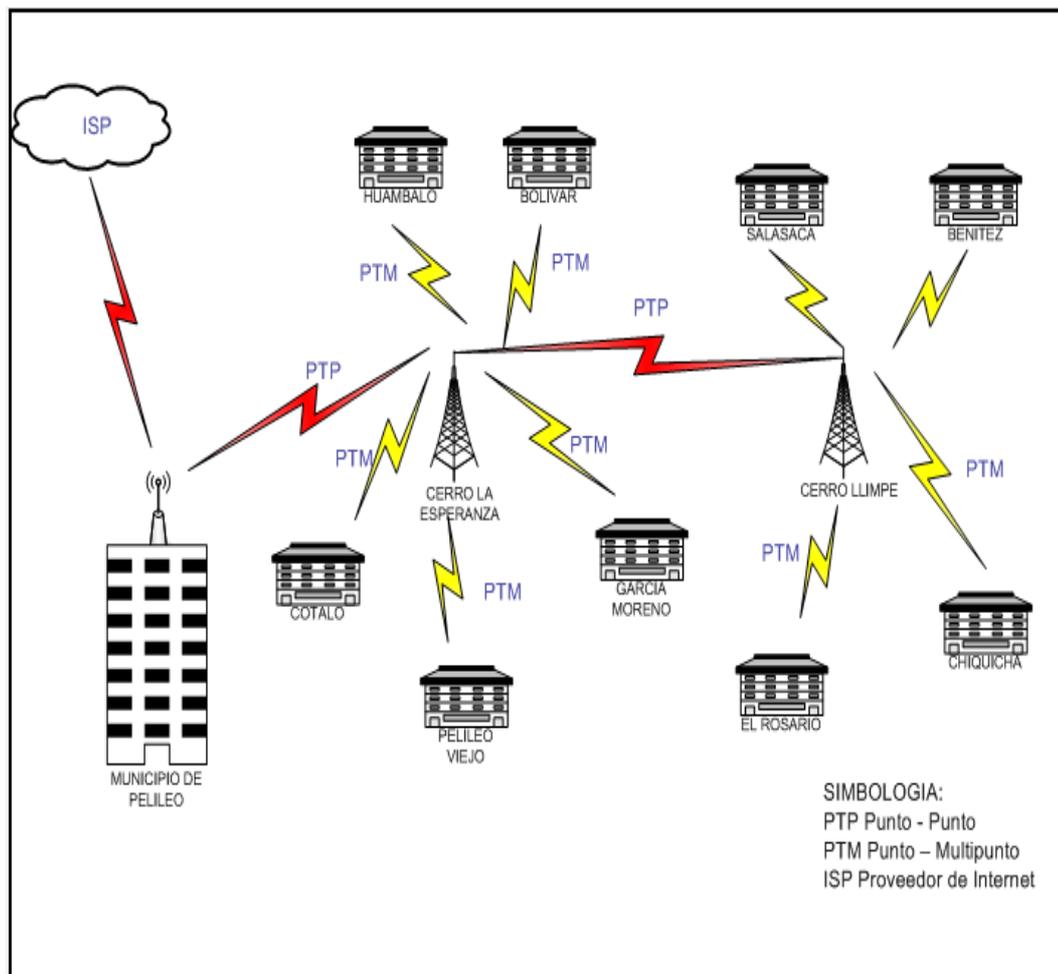


Las distancias fueron obtenidas de las cartas topográficas y de igual manera verificadas mediante el software Radio Móvil.

Para nuestro enlace utilizaremos tecnología Canopy Motorola la cual tienen las siguientes características:

- Una potencia de transmisión de 1W
- Una ganancia de 7dB
- Factor de ruido de transmisión 3dB
- Una atenuación de transmisión 2dB
- Una atenuación de recepción de 0.5dB
- Un rango de operación de 5,25 – 5,35 Ghz y 5,75 – 5,85 Ghz

6.1.1.1 Diagrama Básico de la Red



6.1.2 Fórmulas

Las formulas que utilizamos en los cálculos de los diversos factores que inciden en el enlace son las siguientes:

a) Longitud de onda

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

Frecuencia en MHZ y $c = 3 \times 10^8$ m/s

b) Atenuación por espacio libre en dB (α_{el})

$$\alpha_{el} = -32.44 - 20 \log f - 20 \log r$$

Con la frecuencia en MHz y la distancia (r) en km.

c) Intensidad del campo en el espacio libre

$$Eo(dB\mu) = 74.77 + P_{Tx}(dB) + G_{Tx}(dB) - 20 \log(d)$$

Distancia (d) en km.

$$Eo(mV/m) = \frac{\sqrt{30 P_{TX} * g_{TX}}}{d}$$

Distancia (d) en m.

d) Potencia de recepción (P_{Rx})

$$P_{Rx}(dB) = P_{Tx}(dB) + G_{Tx}(dB) + G_{Rx}(dB) - 32.44 - 20 \log f - 20 \log r$$

Con la frecuencia en MHz y la distancia (r) en km.

e) Radio Horizonte (dg)

$$a = 6370 \text{ km}$$

$$dg = \sqrt{2a * h_{TX}} \quad ? \quad 1,15$$

f) Radio de la Primera zona de Fresnell

$$r_{F1} = 31.62 \sqrt{\frac{d_1 d_2 \lambda}{d}}$$

Distancias (d, d1, d2) en km.

g) Altura de abultamiento

$$h_{ab}(m) = \frac{d_1(Km) * d_2(Km)}{17}$$

h) Altura total

$$h_{tot}(m) = h(m) + h_{ab}(m)$$

i) Umbral De Recepción

$$U_{Rx}(dBm) = -174 + 10 \log B(Hz) + 3 + 10 + F$$

j) Margen de desvanecimiento

$$MD(dB) = PRx - URX$$

6.1.3 Cálculos del enlace

6.1.3.1 Longitud de onda

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

$$\lambda_1 = \frac{3 \times 10^8 (m / seg)}{5700 (Mhz)}$$

$$\lambda_1 = 0,05m$$

6.1.3.2 Pérdidas por dispersión

$$\alpha_{el(dB)} = -32.44 - 20 \log f - 20 \log r$$

Frecuencia = 5700 MHz

Enlace	Distancia	Atenuación en Espacio Libre
--------	-----------	-----------------------------

	(Km)	$\alpha_{el}(dB)$
La Esperanza - Pelileo	9,76	-127,33
La Esperanza – Pelileo Viejo	9,33	-126,94
La Esperanza - García Moreno	10,69	-128,12
La Esperanza - Huambaló	2,91	- 116,82
La Esperanza - Cotaló	2,37	- 115,04
La Esperanza - Bolívar	4,15	- 119,91
La Esperanza - Llimpe	6,47	- 123,76
Llimpe - Salasaca	6,89	- 124,31
Llimpe - Benítez	4,93	- 121,40
Llimpe – El Rosario	9,62	- 127,21
Llimpe – Chiquicha	15,18	-131,18

6.1.3.3 Atenuación por absorción

Para calcular la atenuación por absorción debemos tomar en cuenta muchos factores; para esto como la zona de nuestro enlace se considera lluvia moderada entonces poseerá atenuación por absorción considerando la lluvia y la neblina.

$$\alpha_T = \alpha_{TX} + \alpha_{RX} + \alpha_{abs}$$

$$\alpha_{abs} = \alpha_{lluvia} + \alpha_{neblina}$$

$$\alpha_{abs} = \gamma_{lluvia} (r2 - r1) + \gamma_{neblina} (r2 - r1)$$

En donde: γ = coeficiente de absorción.

$$\gamma_{Lluvia} = 0.05 \frac{dB}{km}$$

$$\gamma_{Neblina} = 0.032 \frac{dB}{km}$$

- **Atenuación por absorción en el enlace La Esperanza – Pelileo.**

$$\alpha_{abs} = 0.05(9,76) + 0.032(9,76)$$

$$\alpha_{abs} = 0,80(dB)$$

$$\alpha_T (dB) = 2 + 0.5 + 0,8$$

$$\alpha_T (dB) = 3.3(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace La Esperanza – Pelileo Viejo.**

$$\alpha_{abs} = 0.05(9,33) + 0.032(9,33)$$

$$\alpha_{abs} = 0,765(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 0,765$$

$$\alpha_T(dB) = 3,26(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace La Esperanza – García Moreno.**

$$\alpha_{abs} = 0.05(10,69) + 0.032(10,69)$$

$$\alpha_{abs} = 0,876(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 0,876$$

$$\alpha_T(dB) = 3,37(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace La Esperanza – Huambaló.**

$$\alpha_{abs} = 0.05(2,91) + 0.032(2,91)$$

$$\alpha_{abs} = 0,238(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 0,238$$

$$\alpha_T(dB) = 2,73(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace La Esperanza – Cotaló**

$$\alpha_{abs} = 0.05(2,37) + 0.032(2,37)$$

$$\alpha_{abs} = 0,19(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 0,19$$

$$\alpha_T(dB) = 2,69(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace La Esperanza - Bolívar**

$$\alpha_{abs} = 0.05(4,15) + 0.032(4,15)$$

$$\alpha_{abs} = 0,34(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 0,34$$

$$\alpha_T(dB) = 2,84(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace La Esperanza - Llimpe**

$$\alpha_{abs} = 0.05(6,47) + 0.032(6,47)$$

$$\alpha_{abs} = 0,53(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 0,53$$

$$\alpha_T(dB) = 3,03(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace Llimpe – Salasaca**

$$\alpha_{abs} = 0.05(6,89) + 0.032(6,89)$$

$$\alpha_{abs} = 0,564(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 0,564$$

$$\alpha_T(dB) = 3,06(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace Llimpe - Benítez**

$$\alpha_{abs} = 0.05(4,93) + 0.032(4,93)$$

$$\alpha_{abs} = 0,404(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 0,404$$

$$\alpha_T(dB) = 2,9(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace Llimpe – El Rosario**

$$\alpha_{abs} = 0.05(9,62) + 0.032(9,62)$$

$$\alpha_{abs} = 0,788(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 0,788$$

$$\alpha_T(dB) = 3,28(dB)$$

- **Atenuación por absorción en el enlace Llimpe – Chiquicha**

$$\alpha_{abs} = 0.05(15,18) + 0.032(15,18)$$

$$\alpha_{abs} = 1,244(dB)$$

$$\alpha_T(dB) = 2 + 0.5 + 1,244$$

$$\alpha_T(dB) = 3,74(dB)$$

6.1.3.4 Intensidad de campo eléctrico

$$Eo(dB\mu) = 74.77 + P_{Tx}(dB) + G_{Tx}(dB) - 20\log(d)$$

$$E_0(mV/m) = \frac{\sqrt{30P_{TX} * g_{TX}}}{d}$$

Enlace	Distancia (Km)	PTx (w)	GTx (dB)	gTx	E0 (dBu)	E0 (mV/m)
La Esperanza - Pelileo	9,76	1	7	5,011	61,98	1,25
La Esperanza – Pelileo Viejo	9,33	1	7	5,011	62,37	1,31
La Esperanza - García Moreno	10,69	1	7	5,011	61,19	1,14
La Esperanza - Huambaló	2,91	1	7	5,011	72,49	4,2
La Esperanza - Cotaló	2,37	1	7	5,011	74,27	5,16
La Esperanza - Bolívar	4,15	1	7	5,011	69,40	2,95
La Esperanza - Llimpe	6,47	1	7	5,011	65,55	1,89
Llimpe - Salasaca	6,89	1	7	5,011	65	1,77
Llimpe - Benítez	4,93	1	7	5,011	67,91	2,48
Llimpe – El Rosario	9,62	1	7	5,011	62,10	1,27
Llimpe- Chiquicha	15,18	1	7	5,011	58,14	0,8

6.1.3.5 Potencia de recepción

$$P_{Rx} (dB) = P_{Tx} (dB) + G_{Tx} (dB) + G_{Rx} (dB) - 32.44 - 20 \log f - 20 \log r - \alpha_T$$

$$P_{Rx} (dB) = P_{Tx} (dB) + G_{Tx} (dB) + G_{Rx} (dB) + \alpha_{(el)} (dB) - \alpha_T (dB)$$

Enlace	Ptx (dBm)	Gtx (dBm)	Grx (dBm)	$\alpha_{(el)}$ (dBm)	$\alpha_{(T)}$ (dBm)	Prx (dBm)
La Esperanza - Pelileo	30	37	37	-97,33	33,3	-26,63
La Esperanza – Pelileo Viejo	30	37	37	-96,94	33,26	-26,20
La Esperanza - García Moreno	30	37	37	-98,12	33,37	-27,49
La Esperanza - Huambaló	30	37	37	- 86,82	32,73	-15,55
La Esperanza - Cotaló	30	37	37	- 85,04	32,69	-13,73

La Esperanza - Bolívar	30	37	37	- 89,91	32,84	-18,75
La Esperanza - Llimpe	30	37	37	- 93,76	33,03	-22,79
Llimpe - Salasaca	30	37	37	- 94,31	33,06	-23,37
Llimpe - Benítez	30	37	37	- 91,40	32,09	-19,49
Llimpe – El Rosario	30	37	37	- 97,21	33,28	-26.49
Llimpe-Chiquicha	30	37	37	-101,18	33,74	-30,92

6.1.3.6 Radio Horizonte

$$a = 6370 \text{ km}$$

$$dg = \sqrt{2a * h_{TX}}$$

$$dg = 2 * \sqrt{2 * 6370 \text{ km} * 0.010 \text{ km}}$$

$$dg = 2 * 11,28 \text{ Km}$$

$$dg = 22,57 \text{ km}$$

$$dg = 1,15 \quad 22,57 \text{ Km}$$

$$dg = 25,96 \text{ Km}$$

6.1.3.7 Umbral de recepción del Enlace

$$U_{Rx} \text{ (dBm)} = -174 + 10 \log B(\text{Hz}) + 3 + 10 + F$$

$$U_{Rx} \text{ (dBm)} = -174 + 10 \log(7 \cdot 10^6) + 3 + 10$$

$$U_{Rx} \text{ (dBm)} = -92,54 \text{ dB}$$

6.1.3.8 Margen de desvanecimiento

- Margen de desvanecimiento La Esperanza – Pelileo

$$MD \text{ (dB)} = PRx - URX$$

$$MD \text{ (dB)} = (-26,63 - 30) \text{ dB} + 92,54 \text{ dB}$$

$$MD \text{ (dB)} = 36.01 \text{ dB}$$

- Margen de desvanecimiento La Esperanza – Pelileo viejo

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-26,2 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 36,34dB$$

- **Margen de desvanecimiento La Esperanza – García Moreno**

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-27,49 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 35,05dB$$

- **Margen de desvanecimiento La Esperanza – Huambaló**

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-15,55 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 46,99dB$$

- **Margen de desvanecimiento La Esperanza – Cotaló**

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-13,73 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 48,81dB$$

- **Margen de desvanecimiento La Esperanza – Bolívar**

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-18,75 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 43,79dB$$

- **Margen de desvanecimiento La Esperanza – Llimpe**

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-22,79 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 39,75dB$$

- **Margen de desvanecimiento Llimpe – Salasaca**

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-23,37 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 39,17dB$$

- **Margen de desvanecimiento Llimpe – Benítez**

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-19,41 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 43,13dB$$

- **Margen de desvanecimiento Llimpe – El Rosario**

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-26,49 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 36,05dB$$

- **Margen de desvanecimiento Llimpe – Chiquicha**

$$MD (dB) = PR_x - URX$$

$$MD (dB) = (-30,92 - 30)dB + 92,54dB$$

$$MD (dB) = 31,62dB$$

Promedio del margen de desvanecimiento del enlace

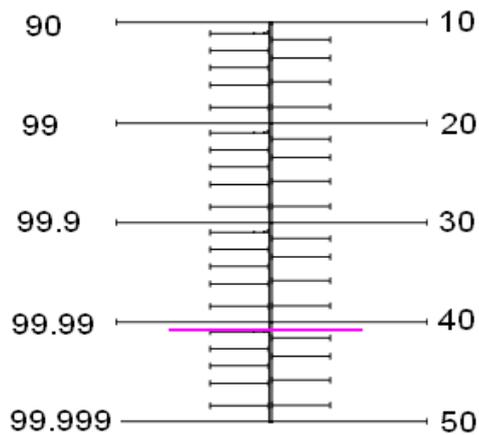


Tabla de Confiabilidad

Confiableabilidad %	M.D. dB
90	10
99	20
99.9	30
99.99	40
99.999	50

El sistema es confiable aproximadamente en un 99.99% y no va a tener fallas teóricamente 365 días al año

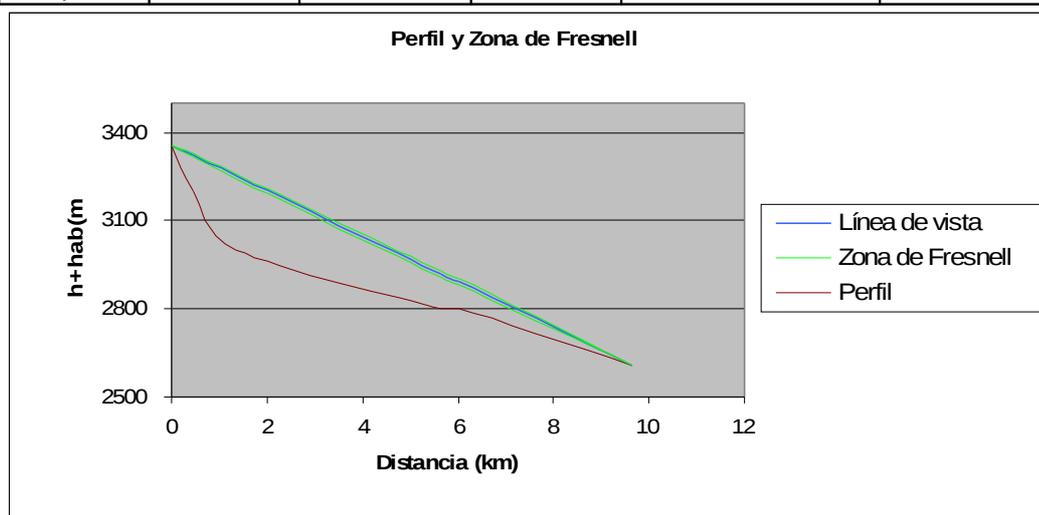
6.1.4 Perfil Topográfico

Datos: cartas topográficas, calculados y simulación con el software

Radio Movil

Cerro La Esperanza - Pelileo

d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3356	0	9,65	0	3356
0,45	3200	0,24352941	9,2	4,631498375	3200,24353
1,35	3000	0,65911765	8,3	7,61951408	3000,65912
5,65	2800	1,32941176	4	10,82120352	2801,32941
6	2800	1,28823529	3,65	10,65230034	2801,28824
9,65	2607	0	0	0	2607



Azimut=346,2°	Ang. de elevación=-4,327°	Despeje a 0,06km	Peor Fresnel=1,0F1	Distancia=9,76km
Pérdidas=131,3dB	Campo E=57,6dBμV/m	Nivel Rx=-88,3dBm	Nivel Rx=8,5650μV	Rx relativo=18,7dB

Transmisor

La Esperanza

Rol: Master

Nombre del sistema Tx: Motorola

Potencia Tx: 1 W 30 dBm

Pérdida de línea: 0,5 dB

Ganancia de antena: 7 dBi 4,85 dBd

Potencia radiada: PIRE=4,47 W PRE=2,72 W

Altura de antena (m): 2

Receptor

Pelileo

Rol: Esclavo

Nombre del sistema Rx: Motorola

Campo E requerido: 38,9 dBμV/m

Ganancia de antena: 7 dBi 4,85 dBd

Pérdida de línea: 0,5 dB

Sensibilidad Rx: 1 μV -107 dBm

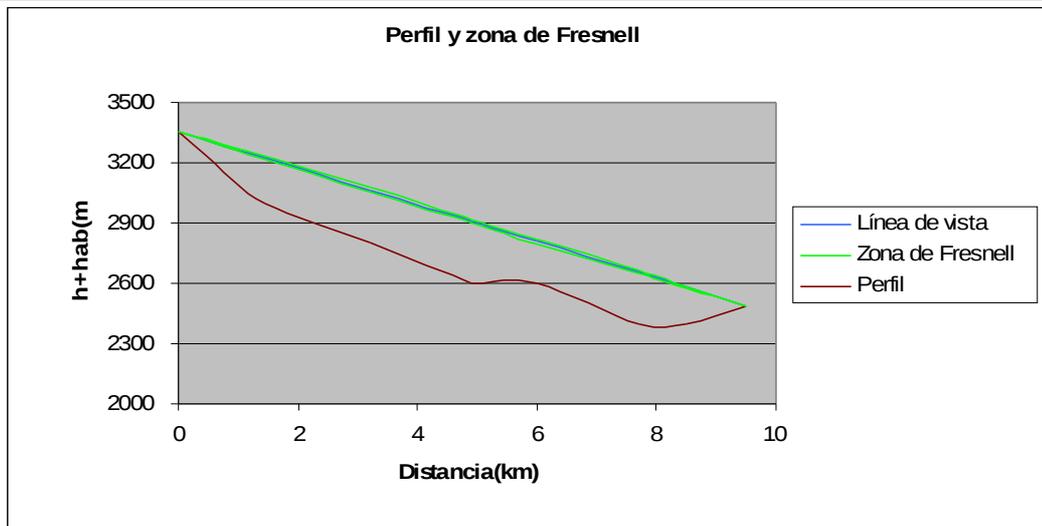
Altura de antena (m): 2

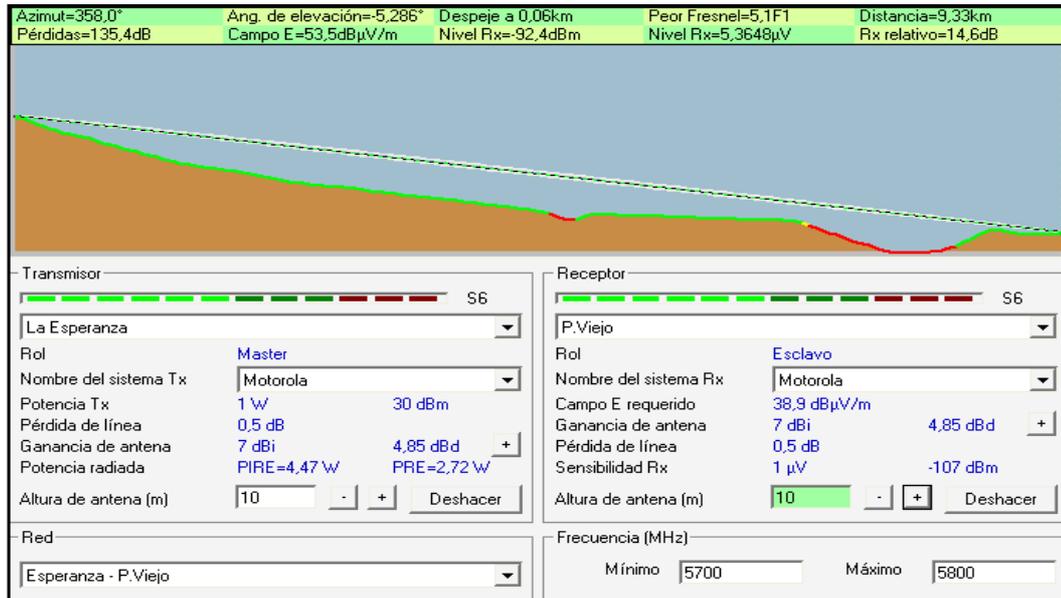
Red: Esperanza - Pelileo

Frecuencia (MHz): Mínimo 5700 Máximo 5800

Cerro La Esperanza – Pelileo Viejo

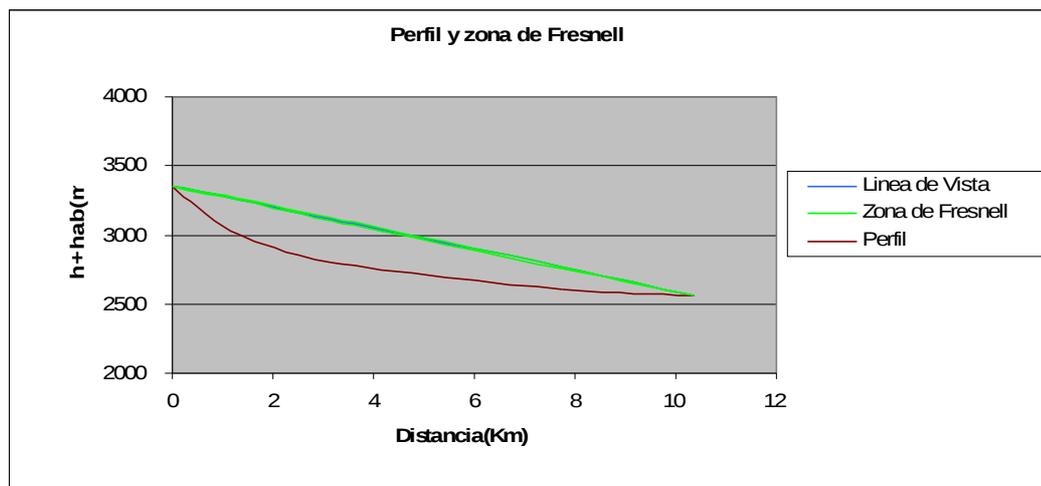
d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3356	0	9,5	0	3356
0,6	3200	0,314117647	8,9	5,301439725	3200,31412
1,45	3000	0,686617647	8,05	7,837997865	3000,68662
3,2	2800	1,185882353	6,3	10,3007409	2801,18588
4,9	2600	1,325882353	4,6	10,89181247	2601,32588
5,1	2600	1,32	4,4	10,86762454	2601,32
6	2600	1,235294118	3,5	10,51314966	2601,23529
7,7	2400	0,815294118	1,8	8,54092316	2400,81529
8,5	2400	0,5	1	6,688560541	2400,5
9,5	2490	0	0	0	2490

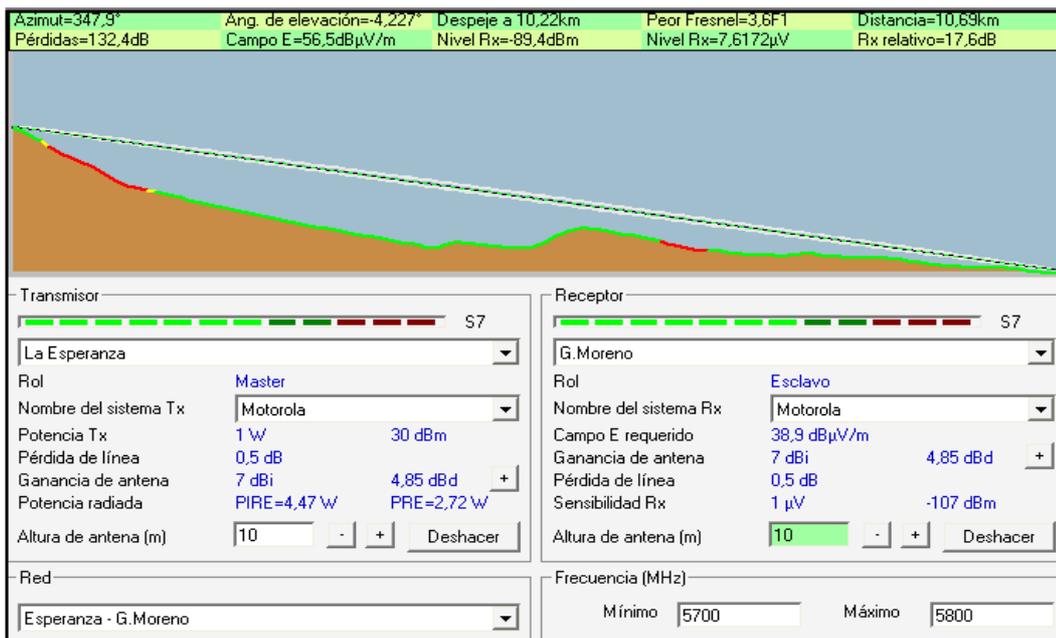




Cerro La Esperanza – García Moreno

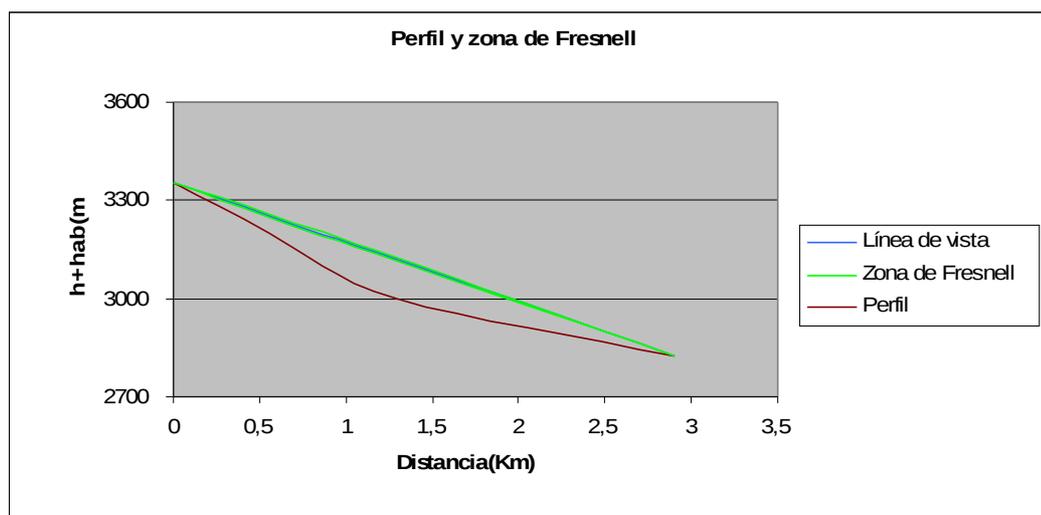
d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3356	0	10,35	0	3356
0,5	3200	0,289705882	9,85	4,877732109	3200,28971
1,3	3000	0,692058824	9,05	7,538948786	3000,69206
3,15	2800	1,334117647	7,2	10,46734051	2801,33412
7,75	2600	1,185294118	2,6	9,866255377	2601,18529
10,35	2564	0	0	0	2564

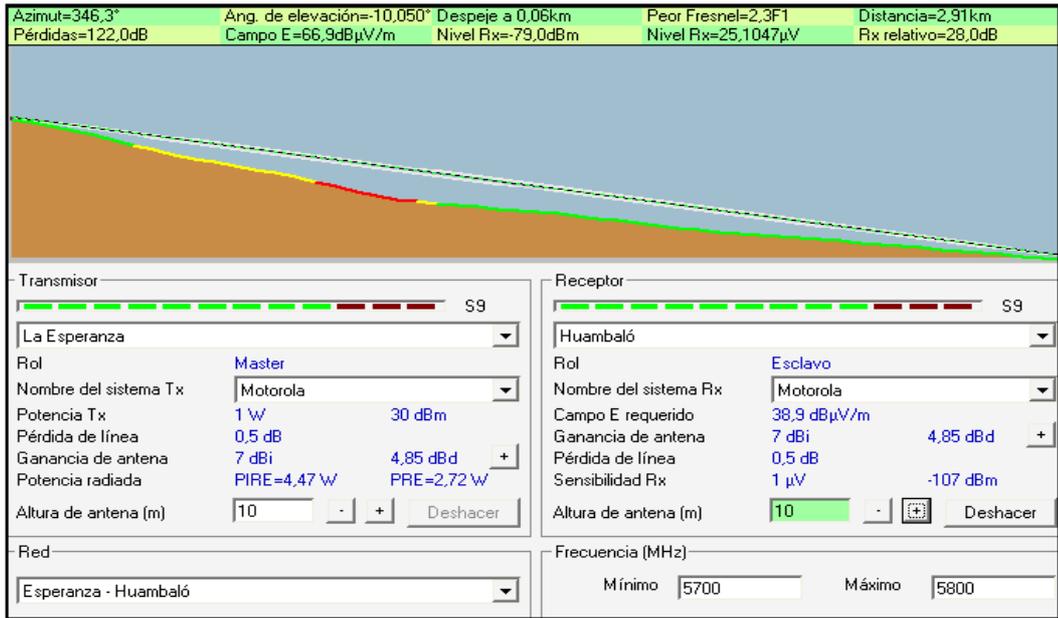




Cerro La Esperanza – Huambaló

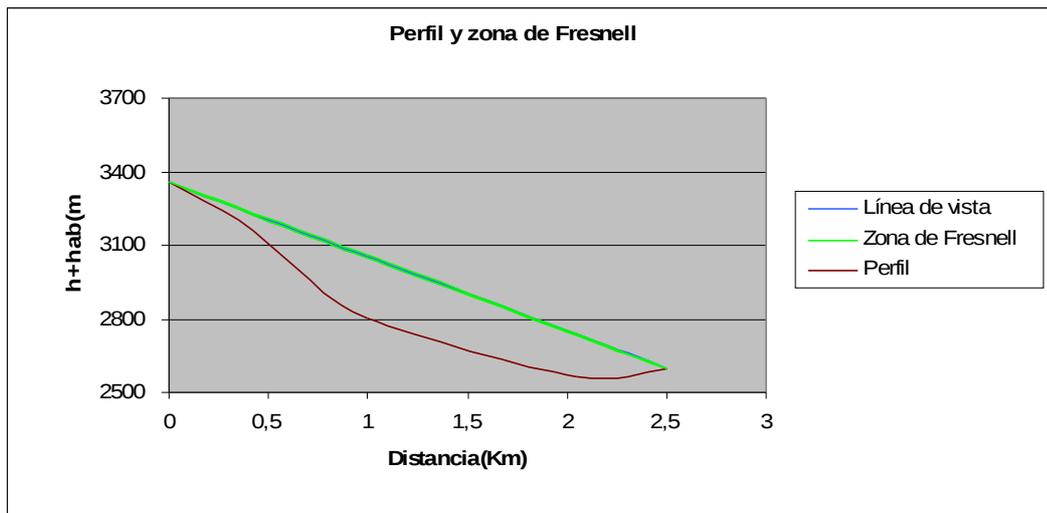
d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3356	0	2,9	0	3356
0,55	3200	0,076029412	2,35	4,720644316	3200,07603
1,3	3000	0,122352941	1,6	5,988494716	3000,12235
2,9	2826	0	0	0	2826

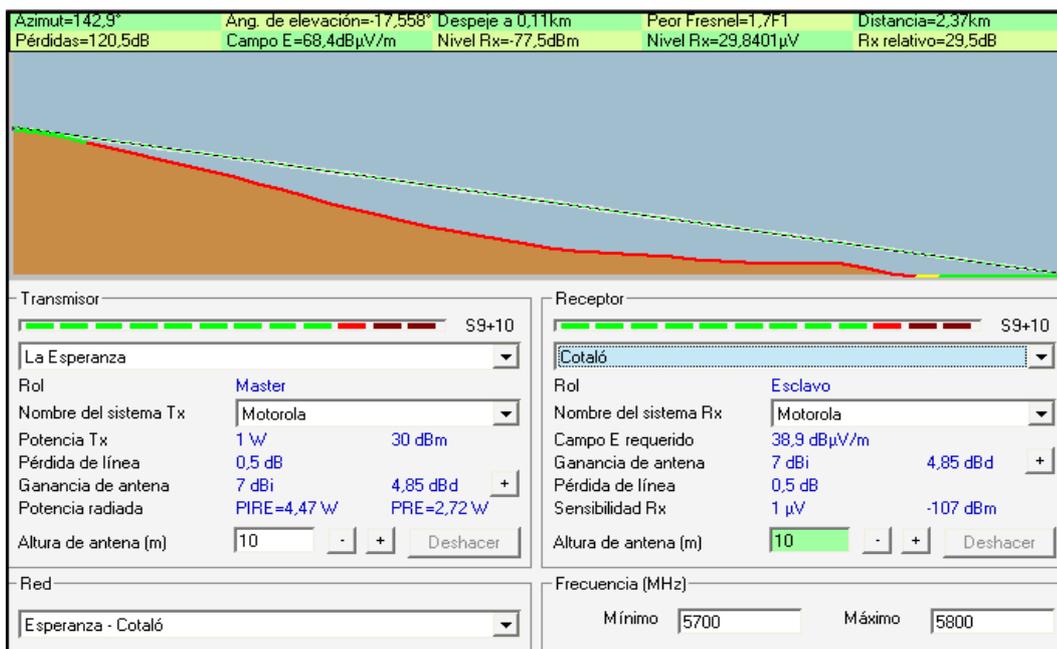




Cerro La Esperanza – Cotaló

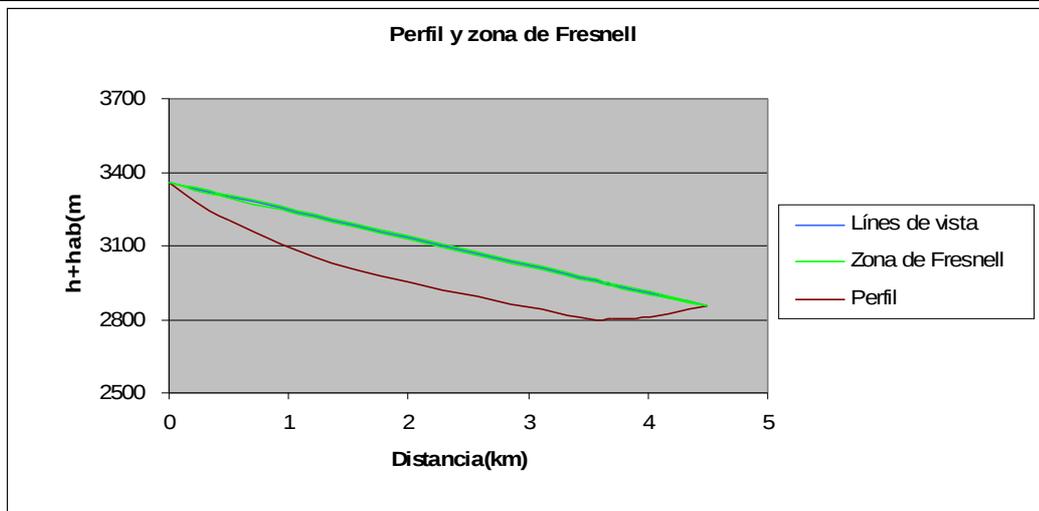
d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3356	0	2,5	0	3356
0,35	3200	0,044264706	2,15	3,879432948	3200,04426
0,65	3000	0,070735294	1,85	4,904079934	3000,07074
1	2800	0,088235294	1,5	5,477225575	2800,08824
2,05	2562	0,054264706	0,45	4,295346319	2562,05426
2,5	2600	0	0	0	2600

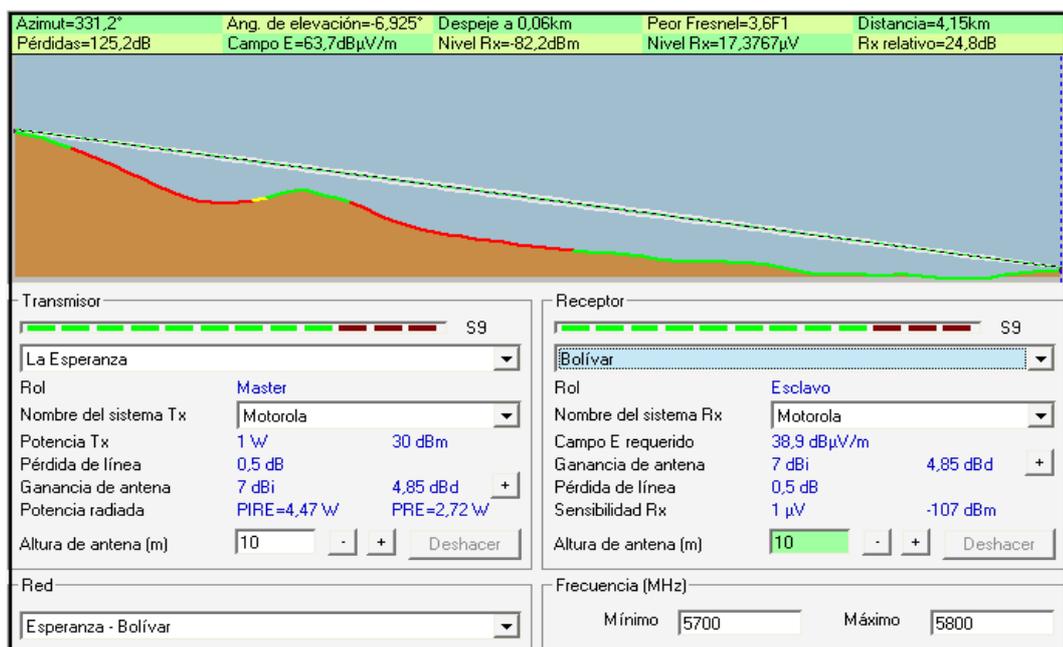




Cerro La Esperanza – Bolívar

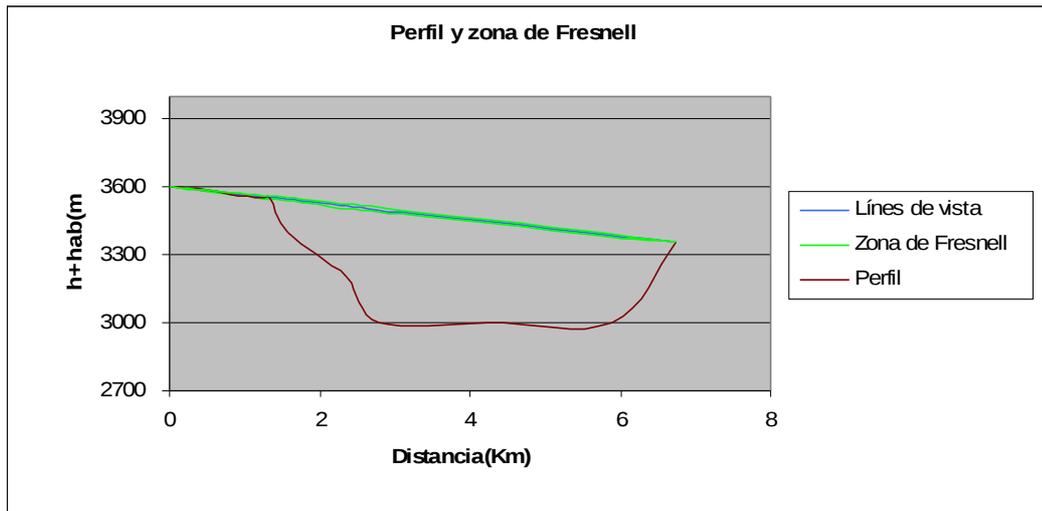
d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3356	0	4,5	0	3356
0,5	3200	0,117647059	4	4,714045208	3200,11765
1,55	3000	0,268970588	2,95	7,127801593	3000,26897
3,5	2800	0,205882353	1	6,236095645	2800,20588
3,7	2800	0,174117647	0,8	5,734883511	2800,17412
3,9	2800	0,137647059	0,6	5,099019514	2800,13765
4,5	2852	0	0	0	2852





Cerro Llimpe – Cerro La Esperanza

d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3600	0	6,75	0	3600
0,15	3600	0,058235294	6,6	2,708012802	3600,05824
1,15	3550	0,378823529	5,6	6,906786786	3550,37882
1,325	3550	0,422830882	5,425	7,296942536	3550,42283
1,575	3400	0,479448529	5,175	7,770135134	3400,47945
2,35	3200	0,608235294	4,4	8,751719408	3200,60824
2,8	3000	0,650588235	3,95	9,051294158	3000,65059
4,25	3000	0,625	2,5	8,87151079	3000,625
5,9	3000	0,295	0,85	6,094928068	3000,295
6,75	3356	0	0	0	3356



Azimut=122,6° Ang. de elevación=-3,164° Despeje a 0,06km Peor Fresnel=4,3F1 Distancia=6,47km
 Pérdidas=132,8dB Campo E=56,1dBμV/m Nivel Rx=-94,8dBm Nivel Rx=4,0837μV Rx relativo=12,2dB

Transmisor

Llimpe
 Rol: Master
 Nombre del sistema Tx: Motorola
 Potencia Tx: 1 W 30 dBm
 Pérdida de línea: 0,5 dB
 Ganancia de antena: 7 dBi 4,85 dBd
 Potencia radiada: PIRE=4,47 W PRE=2,72 W
 Altura de antena (m): 10

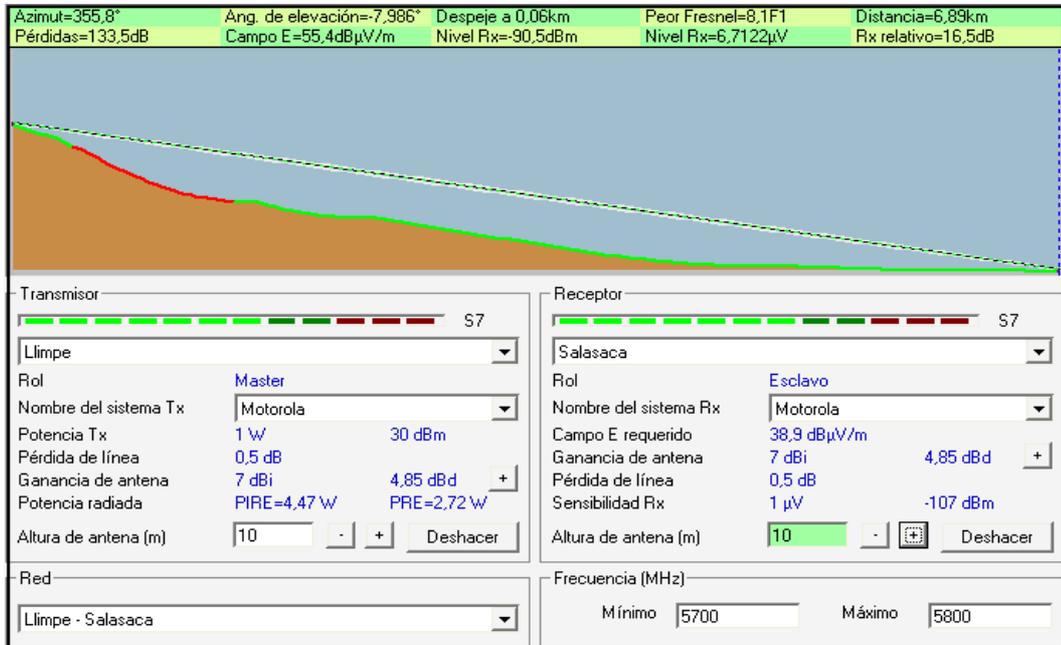
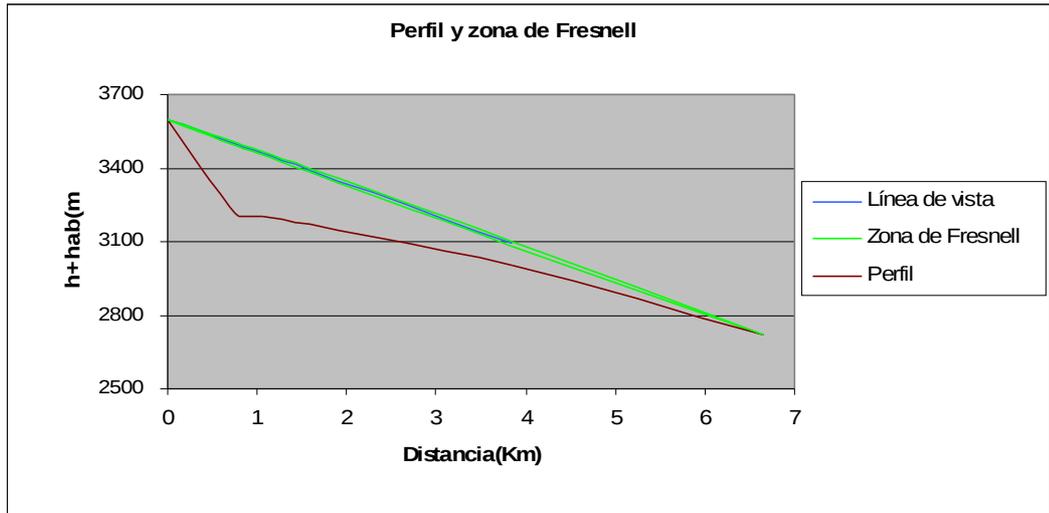
Receptor

La Esperanza
 Rol: Esclavo
 Nombre del sistema Rx: Sistema 2
 Campo E requerido: 43,9 dBμV/m
 Ganancia de antena: 2 dBi -0,15 dBd
 Pérdida de línea: 0,5 dB
 Sensibilidad Rx: 1 μV -107 dBm
 Altura de antena (m): 10

Red: Llimpe - Esperanza Frecuencia (MHz): Mínimo 5700 Máximo 5800

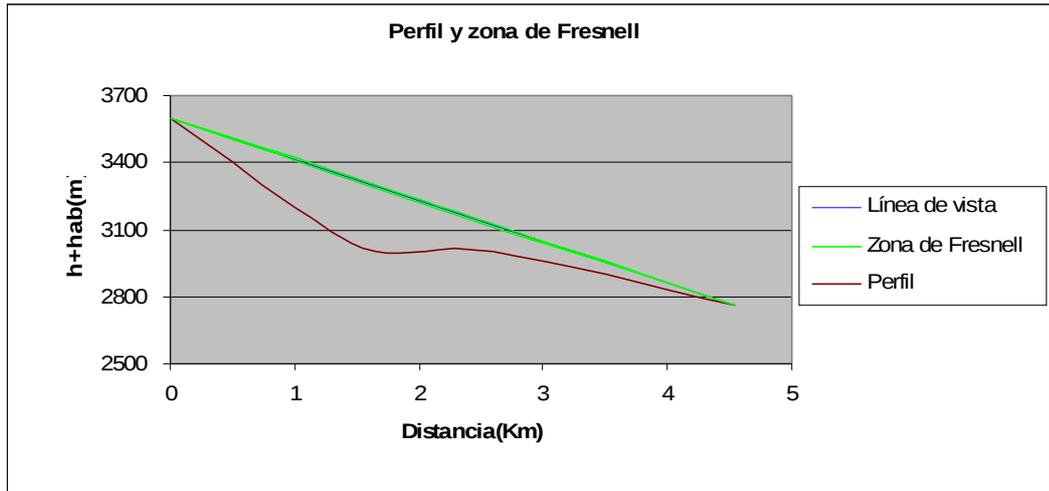
Cerro Llimpe – Salasaca

d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3600	0	6,65	0	3600
0,375	3400	0,138419118	6,275	4,206265466	3400,13842
0,8	3200	0,275294118	5,85	5,931944869	3200,27529
1,05	3200	0,345882353	5,6	6,649099662	3200,34588
3,85	3000	0,634117647	2,8	9,002923502	3000,63412
6,65	2720	0	0	0	2720



Cerro Llimpe – Benítez

d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3600	0	4,55	0	3600
0,5	3400	0,119117647	4,05	4,717281765	3400,11912
1	3200	0,208823529	3,55	6,245877761	3200,20882
1,65	3000	0,281470588	2,9	7,251373496	3000,28147
2,6	3000	0,298235294	1,95	7,464200273	3000,29824
4,55	2762	0	0	0	2762



Azimet=346,7° Ang. de elevación=-10,589° Despeje a 0,06km Peor Fresnel=7,2F1 Distancia=4,93km
 Pérdidas=129,6dB Campo E=59,3dBμV/m Nivel Rx=-86,6dBm Nivel Rx=10,4475μV Rx relativo=20,4dB

Transmisor

- Modelo: S8
- Rol: Master
- Nombre del sistema Tx: Motorola
- Potencia Tx: 1 W (30 dBm)
- Pérdida de línea: 0,5 dB
- Ganancia de antena: 7 dBi (4,85 dBd)
- Potencia radiada: PIRE=4,47 W (PRE=2,72 W)
- Altura de antena (m): 10

Receptor

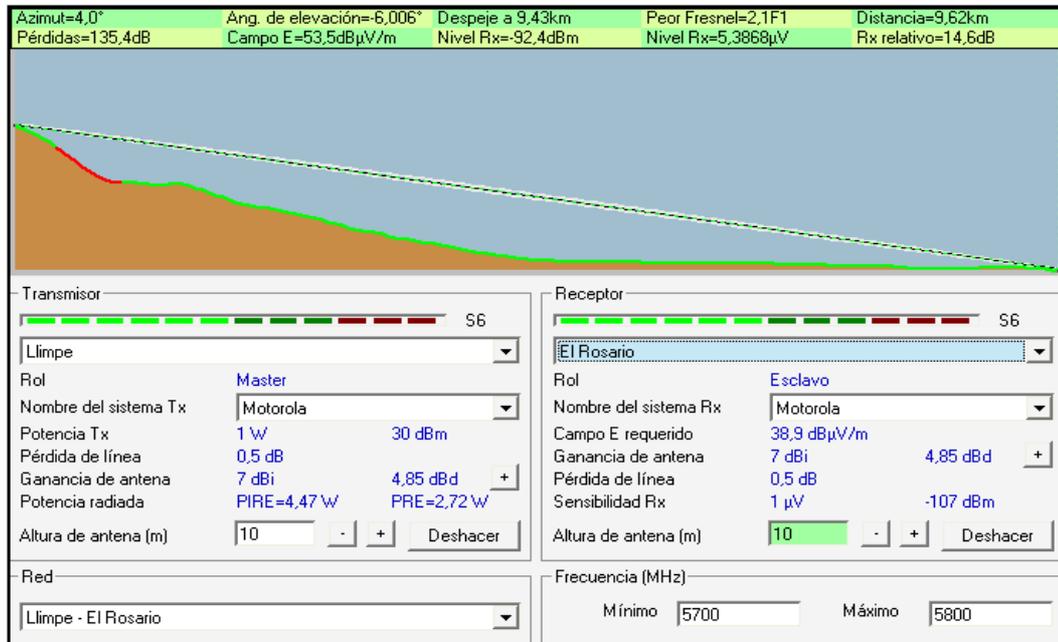
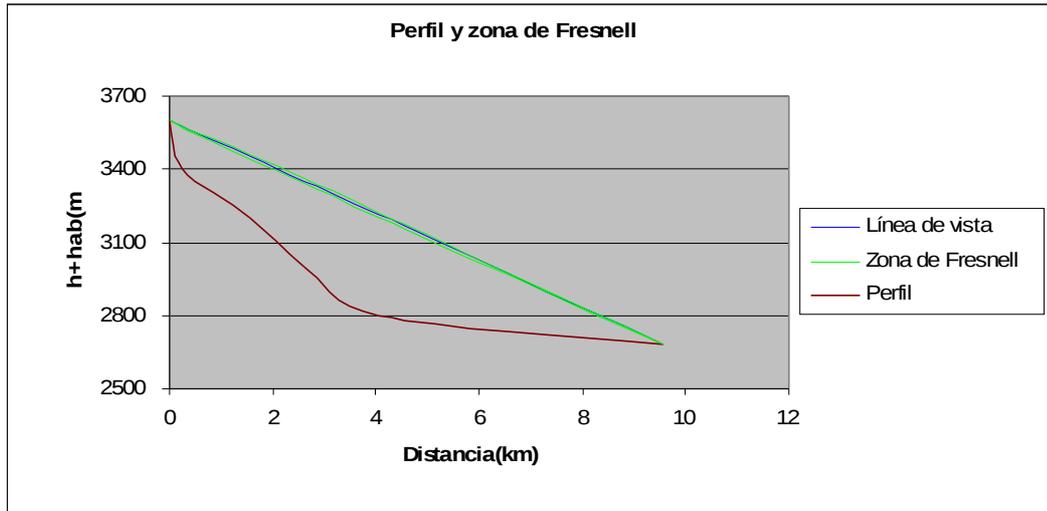
- Modelo: S8
- Rol: Esclavo
- Nombre del sistema Rx: Motorola
- Campo E requerido: 38,9 dBμV/m
- Ganancia de antena: 7 dBi (4,85 dBd)
- Pérdida de línea: 0,5 dB
- Sensibilidad Rx: 1 μV (-107 dBm)
- Altura de antena (m): 10

Red: Limpe - Benitez

Frecuencia (MHz): Mínimo 5700, Máximo 5800

Cerro Llimpe – El Rosario

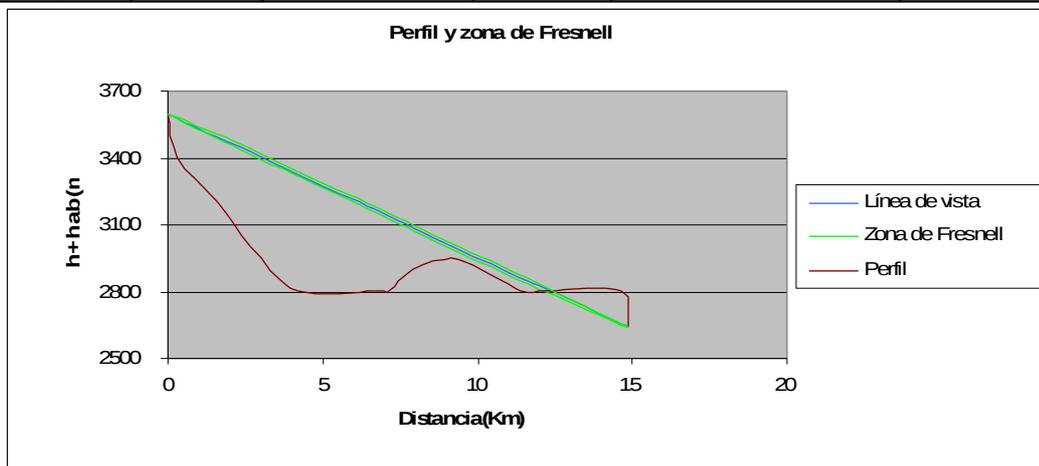
d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3600	0	9,55	0	3600
0,25	3400	0,136764706	9,3	3,488950396	3400,13676
1,55	3200	0,729411765	8	8,057385802	3200,72941
2,6	3000	1,062941176	6,95	9,726629932	3001,06294
4,05	2800	1,310294118	5,5	10,79921463	2801,31029
9,55	2683	0	0	0	2683



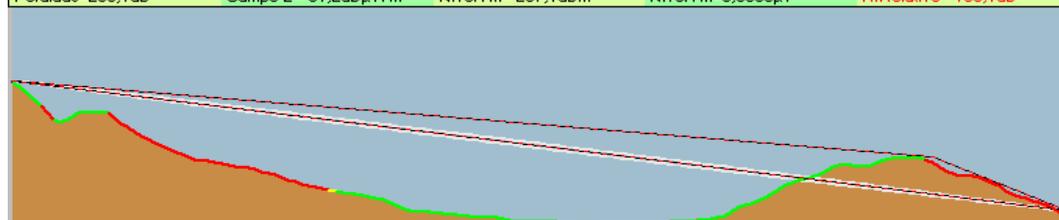
Cerro Llimpe – Chiquicha

d1 (km)	h(m)	hab(m)	d2(km)	Radio de la primera Zona de Fresnell	h+hab
0	3600	0	14,85	0	3600
0,3	3400	0,256764706	14,55	3,8336627	3400,25676
1,6	3200	1,247058824	13,25	8,448696431	3201,24706
2,65	3000	1,901764706	12,2	10,43337045	3001,90176
4,2	2800	2,631176471	10,65	12,27216609	2802,63118
6,65	2800	3,207647059	8,2	13,55000714	2803,20765
7,15	2800	3,238529412	7,7	13,61507879	2803,23853

7,9	2896	3,229705882	6,95	13,59651867	2899,22971
9,4	2944	3,013529412	5,45	13,13360508	2947,01353
11,4	2800	2,313529412	3,45	11,50757326	2802,31353
12,25	2800	1,873529412	2,6	10,35562925	2801,87353
14,65	2800	0,172352941	0,2	3,140910675	2800,17235
14,85	2640	0	0	0	2640



Azimet=20,7° Ang. de elevación=-4,029° Obstrucción a 13,30km Peor Fresnel=-30,7F1 Distancia=15,46km
 Pérdidas=250,1dB Campo E=-61,2dBμV/m Nivel Rx=-207,1dBm Nivel Rx=0,0000μV Rx relativo=-100,1dB



Transmisor Rol: Master Nombre del sistema Tx: Motorola Potencia Tx: 1 W 30 dBm Pérdida de línea: 0,5 dB Ganancia de antena: 7 dBi 4,85 dBd Potencia radiada: PIRE=4,47 W PRE=2,72 W Altura de antena (m): 10		Receptor Rol: Esclavo Nombre del sistema Rx: Motorola Campo E requerido: 38,9 dBμV/m Ganancia de antena: 7 dBi 4,85 dBd Pérdida de línea: 0,5 dB Sensibilidad Rx: 1 μV -107 dBm Altura de antena (m): 20	
Red Limpe-Chiquicha		Frecuencia (MHz) Mínimo: 5700 Máximo: 5800	

6.2 Equipos a utilizarse



Enlace: punto - punto

Equipo: Backhaul PTP 54100 Full

Cantidad: 4

Número de Parte: 5400BH20DD

Precio: \$1,076.00 c/u



Enlace: punto-punto (modulación 16 QAM)

Equipo: OFDM PTP 58300

Cantidad: 2

Número de Parte: WB3146

Precio: \$3,220.00c/u



Equipo transmisores: Puntos de Acceso Advantage 5.7 GHz

Cantidad: 8

Numero de parte: 5750AP

Precio: \$ 1,187.00 c/u

Equipos receptor: Modulos Supscriptores Advantage 5.7 Ghz
Cantidad: 8



Numero de parte: 5750SM

Precio: \$ 400.00 c/u



Equipos: Modulo administrador de cluster
CMM incluido antena GPS

Cantidad: 2

Precio: \$1,535.00 c/u



Equipo de Protección: Supresores de
variaciones ethernet

Cantidad: 22

Precio: \$80.00 c/u

BIBLIOGRAFÍA:

ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios, Edición 1998 Revisada y
ampliada

COUCH W. León, Sistemas de Comunicaciones Digitales y Analógicos, 5ª ed.
Pearson Educación, México, 1998.

BRUCE A. Carlson, Sistemas de Comunicaciones, 4ª ed. Mc Grau Hill, México,
2002.

RANDALL K. Nichols, Seguridad para Comunicaciones Inalámbricas, Mc Grau
Hill, Madrid, 2003.

TOMASI Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ª ed, Pearson
Educación, México, 2003.

FUENTES DE INTERNET

<http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/antennas.html>

<http://www.wifi-shootout.com/node/83.html>

http://www.radiocomchile.cl/index_archivos/consulte.htm

<http://www.tsn.com.mx/Enlaces%20Punto-Multipunto.pdf>

http://www.rcm.com.mx/precios_listas/canopy/Precios%20Canopy%20%202006.pdf

ANEXOS:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

CARRERA DE ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

Encuesta dirigida a Técnicos del Departamento de Informática, Contabilidad y Cobros para recabar información referente al **Diseño de la red inalámbrica de datos que permita interconectar el Municipio de Pelileo con sus parroquias.**

Cuestionario

1. ¿Con qué tipo de tecnología trabaja el Municipio?
.....

2. ¿Posee la institución tecnologías inalámbricas?
Si () No ()
Cuales.....

3. ¿Qué capacidad de ancho de banda posee el Municipio?
.....

4. ¿Cree usted que se agilizarían los cobros si se implementarían sucursales en las diferentes parroquias?
Si () No ()
Porque.....

5. ¿Permite el perfil topográfico realizar el estudio y la implementación de dicho enlace?
Si () No ()

6. ¿Si se implementaría sucursales cree usted que se descongestionaría el área física del Municipio tanto al exterior como al interior?

Si () No ()

Porque.....

7. ¿Piensa usted que con la incorporación de la red inalámbrica al sistema de la institución se podrían agregar nuevos servicios? ¿Cuales?

.....
.....

8. ¿Al implementarse la red posee el municipio personal técnico capacitado para brindar mantenimiento en los respectivos equipos?

Si () No ()

9. ¿Conoce en qué consiste el sistema de funcionamiento de un enlace inalámbrico?

.....

10. ¿Cuenta el Municipio con los suficientes recursos económicos para la implementación de este proyecto?

Si () No ()

Specifications Sheet

Motorola Canopy
PTP 54100 Full



Canopy Part Number	5400BH20DD
Description	PTP 54100 Full
Market Availability	not currently available in the US
Signaling Rate	20 Mbps
Typical LOS Range	1 mi (1.6 km)
Typical Aggregate Useful Throughput	14.0 Mbps
Frequency range of band	U-N II 5470-5725 M Hz
Non-overlapping Channels	3
Channel Width	20 M Hz
Modulation Type	High Index 4-level Frequency Shift Keying (FSK) optimized for interference
Channel Spacing	every 5 MHz
Encryption	DES capable
Latency	2.5 msec
Carrier to Interference ratio (C/I)	~3dB @ 10 Mbps, ~10dB @ 20 Mbps at -65dBm
Nominal Receiver Sensitivity (dbm typical)	-79 dB
Antenna Gain (dB)	7 dB
EIRP (dB)	30 dB
Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)	1W
DC Power (typical)	0.34 A @ 24 VDC = 8.2 W
Antenna Beam Width	3 dB antenna beam width 60 degrees, Azimuth and Elevation
Mean Time Between Failure (MTBF)	40 yr
Temperature	-40° C to +55° C (-40° F to +131° F)
Wind Survival	190 km/hr (118 miles/hr)
Dimensions	11.75 in H x 3.4 in W x 3.4 in D (29.9 cm H x 8.6 cm W x 8.6 cm D)
Weight	.45 kg (1 lb)
Access Method	Time Division Duplex (TDD)
Interface	10/100 Base T, half/full duplex. Rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPV4, UDP, TCP, ICM P, Telnet, HTTP, FTP, SNM P Version 2C
Network Management	HTTP, TELNET, FTP, SNM P Version 2c
CE	"CE" marked & compliant to EN301 893, Implements DFS & TPC. DoCs are available at http://www.canopywireless.com/doc.php

Specifications Sheet

Motorola Canopy
5.7 GHz Advantage AP



Canopy Part Number	5750AP
Description	5.7 GHz Advantage AP
Market Availability	North America, Europe, South America, Asia
Signaling Rate	20 Mbps Maximum
Typical LOS Range	2 mi (3.2 km)
Typical Aggregate Useful Throughput	14 Mbps Maximum
Frequency range of band	ISM 5725-5850 M Hz
Non-overlapping Channels	6
Channel Width	20 M Hz
Modulation Type	High Index 2-level and 4-level Frequency Shift Keying (FSK) optimized for
Channel Spacing	every 5 M Hz
Encryption	DES capable
Latency	5 - 7 msec
Carrier to Interference ratio (C/I)	~3dB @ 10 Mbps, ~10dB @ 20 Mbps at -65dBm
Nominal Receiver Sensitivity (dbm typical)	-86 dBm
Antenna Gain (dB)	7 dBi
EIRP (dB)	30 dBm
Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)	1 W
DC Power (typical)	0.3 A @ 24 VDC = 7.2 W
Antenna Beam Width	3 dB antenna beam width 60 degrees, Azimuth and Elevation
Mean Time Between Failure (MTBF)	40 yr
Temperature	-40° C to +55° C (-40° F to +131° F)
Wind Survival	190 km/hr (118 miles/hr)
Dimensions	11.75 in H x 3.4 in W x 3.4 in D (29.9 cm H x 8.6 cm W x 8.6 cm D)
Weight	.45 kg (1 lb)
Access Method	Time Division Duplexing/Time Division Multiple Access (TDD/TDMA)
Interface	10/100 Base T, half/full duplex. Rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPV4, UDP, TCP, ICM P, Telnet, HTTP, FTP, SNM P
Network Management	HTTP, TELNET, FTP, SNM P Version 2c
FCC ID	ABZ89FC5804
Industry Canada Certification Number	109W-5700
NYCE	0202CE08128

Specifications Sheet

Motorola Canopy
5.7 GHz Advantage SM



Canopy Part Number	5750SM
Description	5.7 GHz Advantage SM
Market Availability	North America, Latin America, Asia
Signaling Rate	20 M bps with Advantage AP
Typical LOS Range	2 mi (3.2 km), 10 mi (16 km) with reflector
Typical Aggregate Useful Throughput	14 Mbps to 1 Mi
Frequency range of band	ISM 5725-5850 M Hz
Non-overlapping Channels	6
Channel Width	20 Mhz
Modulation Type	High Index 2-level and 4-level Frequency Shift Keying (FSK) optimized for
Channel Spacing	configurable on 5 MHz increments
Encryption	DES capable
Latency	5 - 7 msec
Carrier to Interference ratio (C/I)	~3dB @ 10 Mbps, ~10dB @ 20 Mbps at -65dBm
Nominal Receiver Sensitivity (dbm typical)	-86 dBm
Antenna Gain (dB)	7 dBi
EIRP (dB)	30 dBm (48 dBm with reflector)
Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)	1W (63 W with reflector)
DC Power (typical)	0.3 A @ 24 VDC = 7.2 W
Antenna Beam Width	3 dB antenna beam width 60 degrees, Azimuth and Elevation
Mean Time Between Failure (MTBF)	40 yr
Temperature	-40° C to +55° C (-40° F to +131° F)
Wind Survival	190 km/hr (118 miles/hr)
Dimensions	11.75 in H x 3.4 in W x 3.4 in D (29.9 cm H x 8.6 cm W x 8.6 cm D)
Weight	.45 kg (1 lb)
Access Method	Time Division Duplexing/Time Division Multiple Access (TDD/TDMA)
Interface	10/100 Base T, half/full duplex. Rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPV4, UDP, TCP, ICM P, Telnet, HTTP, FTP, SNM P
Network Management	HTTP, TELNET, FTP, SNM P Version 2c
FCC ID	ABZ89FC5804
Industry Canada Certification Number	109W-5700
NYCE	0202CE08128