



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,**

**ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN REDES Y TELECOMUNICACIONES (II Versión)**

**Tema:**

---

**“DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PRIVADA CON TECNOLOGÍA  
IP PARA EL SERVICIO DE COMUNICACIONES ENTRE EL  
MUNICIPIO DE AMBATO Y SUS PARROQUIAS RURALES”**

---

Informe de Investigación previo a la obtención del Grado de Magíster en Redes y  
Telecomunicaciones

**Autor**

Ing. Vásquez Zurita Francisco Xavier

**Tutor**

Ing. Giovanni Brito, M.Sc.

Ambato – Ecuador

2011

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación, nombrado por el H. Consejo de Postgrado de la Universidad Técnica de Ambato

### **CERTIFICO:**

Que el Informe de Investigación: “DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PRIVADA CON TECNOLOGÍA IP PARA EL SERVICIO DE COMUNICACIONES ENTRE EL MUNICIPIO DE AMBATO Y SUS PARROQUIAS RURALES”, presentado por el maestrante: Francisco Vásquez, estudiante del programa de Maestría en Redes y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado examinador que el H. Consejo de Posgrado designe.

Ambato, 24 de enero del 2011

### **TUTOR**

---

Ing. Geovanni Brito M.Sc.

C.I: 180181397-1

## **AUTORÍA DE TESIS**

El abajo firmante, en calidad de estudiante de la Maestría en Redes y Telecomunicaciones, declaro que los contenidos de este Informe de Investigación Científica, requisito previo a la obtención del Grado de Magíster en Redes y Telecomunicaciones, son absolutamente originales, auténticos, personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 24 de enero del 2011

---

Ing. Vásquez Zurita Francisco  
C.I. 180334752-3

---

Ing. Brito Moncayo Geovanni M.Sc.  
C.I. 180181397-1

## **APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR**

El Informe de Investigación Científica, ha sido revisada, aprobada y autorizada su impresión y empastado, previa la obtención del Grado de Magíster en Redes y Telecomunicaciones; por lo tanto autorizamos al postulante a la presentación a efectos de su sustentación pública.

Ambato, 24 de enero del 2011

### **El Jurado**

---

**PRESIDENTE DEL JURADO**

Ing. Julio Cuji M. Sc.

---

**MIEMBRO DEL JURADO**

Ing. David Guevara M. Sc.

---

**MIEMBRO DEL JURADO**

Ing. Pilar Urrutia M. Sc.

## **DEDICATORIA**

A mi esposa, Paola, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y apoyo constante. A mi adorada hija Anita Paola quien me prestó el tiempo que le pertenecía. A mis padres, Martha y Vinicio y a mis hermanos Diego, Silvana y José, quienes me enseñaron desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas. Mi triunfo es el de ustedes, ¡los amo!

**Francisco Xavier**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su amor y bendiciones. A mi madre por su paciencia, comprensión y cariño. Un agradecimiento especial al Ing. Geovanni Brito porque sin su paciencia y sabiduría, este proyecto no se hubiera concluido.

**Francisco Xavier**

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
<u>APROBACIÓN DEL TUTOR.....</u>	<u>ii</u>
<u>AUTORÍA DE TESIS.....</u>	<u>iii</u>
<u>APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR.....</u>	<u>iv</u>
<u>DEDICATORIA.....</u>	<u>v</u>
<u>.....</u>	<u>v</u>
<u>AGRADECIMIENTO.....</u>	<u>vi</u>
<u>ÍNDICE GENERAL.....</u>	<u>vii</u>
<u>RESUMEN.....</u>	<u>xii</u>
<u>2.5.9. Tecnologías de Enlace.....</u>	<u>lv</u>
<u>a. Radio enlace por Microondas.....</u>	<u>lv</u>
<u>1) Estructura general de un Radio enlace por Microondas.....</u>	<u>lvi</u>
<u>2) Transmisión por Microondas.....</u>	<u>lviii</u>
<u>3) Propagación de las Microondas.....</u>	<u>lx</u>
<u>4) Zona de Fresnel.....</u>	<u>lxi</u>
<u>b. Enlace por Espectro Ensanchado.....</u>	<u>lxii</u>
<u>4) Desventajas de utilizar Espectro Ensanchado.....</u>	<u>lxv</u>
<u>2.5.10. Técnicas de Estudio para Radio enlaces.....</u>	<u>lxix</u>
<u>a. Localización de Sitios.....</u>	<u>lxix</u>
<u>b. Exploración en Mapas.....</u>	<u>lxx</u>
<u>e. Reutilización de Estaciones ya Existentes.....</u>	<u>lxxi</u>
<u>f. Estudio del Trayecto o Ruta.....</u>	<u>lxxi</u>
<u>i. Determinación de la Altura de un Obstáculo.....</u>	<u>lxxiii</u>
<u>j. Orientación del Enlace.....</u>	<u>lxxiii</u>
<u>k. Pruebas de Trayecto y de Propagación.....</u>	<u>lxxiv</u>
<u>l. Herramientas.....</u>	<u>lxxiv</u>
<u>m. Identificación de los Sitios que conformarán el Backbone.....</u>	<u>lxxv</u>
<u>n. Alternativa con Repetidoras Back to Back (Espalda a Espalda) y Repetidoras Activas.....</u>	<u>lxxv</u>
<u>a.Video Broadcast sobre IP.....</u>	<u>lxxxiv</u>
<u>b.Video on Demand (VOD) sobre IP.....</u>	<u>lxxxv</u>
<u>c.Videoconferencia sobre IP.....</u>	<u>lxxxv</u>
<u>d.Normas para Vídeo sobre IP.....</u>	<u>lxxxvi</u>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Relación Causa – Efecto.....	4
Figura 2.1 Inclusiones Conceptuales Variable Independiente.....	15
Figura 2.2 Inclusiones Conceptuales Variable Dependiente .....	15
Figura 2.3 Constelación de Ideas Variable Independiente .....	16
Figura 2.4 Constelación de Ideas Variable Dependiente .....	16

Figura 2.5 Red Punto a Punto .....	18
Figura 2.6 Red Punto a Multipunto .....	18
Figura 2.7 Red Multipunto a Multipunto .....	19
Figura 2.8 Tecnologías Inalámbricas .....	22
Figura 2.9 Longitud de Onda .....	25
Figura 2.10 Línea de vista LOS (Line of sight) .....	27
Figura 2.11 Propagación por trayectoria múltiple con línea de vista .....	27
Figura 2.12 Modos de Propagación .....	29
Figura 2.13 Modulación de Amplitud .....	32
Figura 2.14 Modulación de Frecuencia .....	33
Figura 2.15 Modulación de una señal de RF análoga con datos digitales .....	34
Figura 2.16 Red Privada Virtual (VPN) .....	41
Figura 2.17 Autenticación 802.1x .....	41
Figura 2.18 Espectro de frecuencias electromagnéticas .....	43
Figura 2.19 Enlace punto a punto sin repetidores .....	44
Figura 2.20 Enlace con repetidores .....	45
Figura 2.21 Repetidor Activo .....	45
Figura 2.22 Guías de onda .....	46
Figura 2.23 Zona de Fresnel .....	49
Figura 2.24 Señal de Espectro Disperso relación a la Señal de Banda Estrecha ..	51
Figura 2.25 Orientación de las Estaciones .....	61
Figura 2.26 Repetidora Back to Back .....	63
Figura 2.27 Paquete de voz .....	69
Figura 2.28 Filtrado .....	69
Figura 2.29 Muestreo .....	70
Figura 2.30 Cuantización y Codificación .....	70
Figura 4.1 Resultados de la Pregunta No. 1 de la Encuesta .....	86
Figura 4.2 Resultados de la Pregunta No.2 de la Encuesta .....	86
Figura 4.3 Resultados de la Pregunta No.3 de la Encuesta .....	87
Figura 4.4 Resultados de la Pregunta No.4 de la Encuesta .....	88
Figura 4.5 Resultados de la Pregunta No.5 de la Encuesta .....	88
Figura 4.6 Resultados de la Pregunta No.6 de la Encuesta .....	89
Figura 4.7 Resultados de la Pregunta No. 7 de la Encuesta .....	90
Figura 4.8 Resultados de la Pregunta No.8 de la Encuesta .....	90
Figura 4.9 Resultados de la Pregunta No.9 de la Encuesta .....	91
Figura 4.10 Gráfico de la distribución .....	94
Figura 4.11 Mapa de Tungurahua .....	96
Figura 4.12 Ilustre Municipio de Ambato .....	96
Figura 4.13 Organigrama Estructural del Municipio de Ambato .....	97
Figura 4.14 Red inalámbrica Comunicaciones en Departamentos Municipales ..	98
Figura 4.15 Actual Red Inalámbrica Comunicaciones de Municipio Ambato....	100
Figura 4.16 Junta Parroquial de Ambatillo .....	102
Figura 4.17 Junta Parroquial de Atahualpa .....	104
Figura 4.18 Junta Parroquial de Augusto N. Martínez .....	106
Figura 4.19 Junta Parroquial de Constantino Fernández .....	108
Figura 4.20 Junta Parroquial de Cunchibamba .....	109
Figura 4.21 Junta Parroquial de Huachi Grande .....	111
Figura 4.22 Junta Parroquial de Izamba .....	113



Figura 4.23 Junta Parroquial de Juan B. Vela .....	115
Figura 4.24 Junta Parroquial de Montalvo .....	117
Figura 4.25 Junta Parroquial de Pasa .....	119
Figura 4.26 Junta Parroquial de Picaihua .....	120
Figura 4.27 Junta Parroquial de Pilahuín .....	123
Figura 4.28 Junta Parroquial de Pinllo .....	125
Figura 4.29 Junta Parroquial de Quisapincha .....	127
Figura 4.30 Junta Parroquial de San Fernando .....	128
Figura 4.31 Junta Parroquial de Santa Rosa .....	130
Figura 4.32 Junta Parroquial de Totoras .....	132
Figura 4.33 Junta Parroquial de Unamuncho .....	133
Figura 6.1 Factor de Curvatura K .....	143
Figura 6.2 Libramiento de la Primera Zona de Fresnel .....	144
Figura 6.3 Componentes del Sistema Canopy de Motorola .....	147
Figura 6.4 Alcance de los Equipos Canopy según su configuración .....	148
Figura 6.5 Equipamiento Mikrotik .....	149
Figura 6.6 Equipos Alvarion .....	150
Figura 6.7 Topología en Malla .....	151
Figura 6.8 Topología en Estrella .....	152
Figura 6.9 GPS Garmin modelo etrex .....	154
Figura 6.10 Ubicación Geográfica de las Estaciones en Google Earth .....	155
Figura 6.11 Mapa Topográfico .....	156
Figura 6.12 Perfil Topográfico .....	156
Figura 6.13 Cobertura del Municipio de Ambato hacia las parroquias rurales ..	157
Figura 6.14 Propuesta de Red .....	158
Figura 6.15 Diagrama General de la Red .....	158
Figura 6.16 Enlaces Punto a Punto (PTP) .....	159
Figura 6.17 Primer Enlace PMP .....	159
Figura 6.18 Segundo Enlace PMP .....	160
Figura 6.19 Tercer Enlace PMP .....	160
Figura 6.20 Diagrama General de componentes de la red .....	164
Figura 6.21 Diagrama Físico de la Red .....	165
Figura 6.22 Perfil del Enlace Municipio – Samanga Patulata .....	167
Figura 6.23 Cálculos del Radioenlace Municipio – Samanga Patulata.....	167
Figura 6.24 Perfil del Enlace Municipio – Ambatillo .....	168
Figura 6.25 Cálculos del Radioenlace Municipio – Ambatillo .....	168
Figura 6.26 Perfil del Enlace Ambatillo – Santa Rosa .....	169
Figura 6.27 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Santa Rosa .....	169
Figura 6.28 Perfil del Enlace Santa Rosa – Cajamarca .....	170
Figura 6.29 Cálculos del Radioenlace Santa Rosa – Cajamarca .....	170
Figura 6.30 Perfil del Enlace Samanga Patulata – Cunchibamba .....	171
Figura 6.31 Cálculos del Radioenlace Samanga Patulata – Cunchibamba .....	171
Figura 6.32 Perfil del Enlace Samanga Patulata – Unamuncho .....	172
Figura 6.33 Cálculos del Radioenlace Samanga Patulata – Unamuncho .....	172
Figura 6.34 Perfil del Enlace Samanga Patulata – Constantino Fernández .....	173
Figura 6.35 Cálculos Radioenlace Samanga – Constantino Fernández.....	173
Figura 6.36 Perfil del Enlace Samanga Patulata – Izamba .....	174
Figura 6.37 Cálculos del Radioenlace Samanga Patulata – Izamba .....	174

Figura 6.38 Perfil del Enlace Ambatillo – Atahualpa .....	175
Figura 6.39 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Atahualpa .....	175
Figura 6.40 Perfil del Enlace Ambatillo – Augusto N. Martínez .....	176
Figura 6.41 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Augusto N. Martínez .....	176
Figura 6.42 Perfil del Enlace Ambatillo – Pinlo .....	177
Figura 6.43 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Pinlo .....	177
Figura 6.44 Perfil del Enlace Ambatillo – Huachi Grande .....	178
Figura 6.45 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Huachi Grande .....	178
Figura 6.46 Perfil del Enlace Ambatillo – Montalvo .....	179
Figura 6.47 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Montalvo .....	179
Figura 6.48 Perfil del Enlace Ambatillo – Picaihua .....	180
Figura 6.49 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Picaihua .....	180
Figura 6.50 Perfil del Enlace – Cajamarca – Quisapincha .....	181
Figura 6.51 Cálculos del Radioenlace Cajamarca – Quisapincha .....	181
Figura 6.52 Perfil del Enlace Cajamarca – San Fernando .....	182
Figura 6.53 Cálculos del Radioenlace Cajamarca – San Fernando .....	182
Figura 6.54 Perfil del Enlace Cajamarca – Juan B. Vela .....	183
Figura 6.55 Cálculos del Radioenlace Cajamarca – Juan B. Vela .....	183
Figura 6.56 Perfil del Enlace Cajamarca – Pilahuín .....	184
Figura 6.57 Cálculos del Radioenlace Cajamarca – Pilahuín .....	184
Figura 6.58 Perfil del Enlace Cajamarca – Totoras .....	185
Figura 6.60 Perfil del Enlace Pilahuín – Pasa .....	186
Figura 6.61 Cálculos del Radioenlace Pilahuín – Pasa .....	186

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Espectro Electromagnético .....	30
Tabla 2.2 Frecuencias para aplicaciones ICM .....	31
Tabla 2.3 Sub-bandas en las que se divide la banda espectral de microondas .....	48
Tabla 2.4 Distancias aproximadas vs. Frecuencia .....	48
Tabla 2.5 Formatos MPEG .....	75

Tabla 3.1 Operacionalización de la Variable Independiente .....	80
Tabla 3.2 Operacionalización de la Variable Dependiente .....	81
Tabla 3.3 Recolección de Información .....	82
Tabla 4.1 Tabla de resultados .....	90
Tabla 4.2 Tabla de frecuencias .....	91
Tabla 6.1 Ubicación Geográfica de los Puntos a Enlazar .....	153
Tabla 6.2 Estimación de Costos de equipos de comunicaciones .....	162
Tabla 6.3 Características de equipos Motorola Canopy Serie 100 .....	162
Tabla 6.4 Descripción de los Componentes de la Red .....	165
Tabla 6.5 Direccionamiento de la Red .....	166
Tabla 6.6 Talentos Humanos .....	188
Tabla 6.7 Materiales .....	188
Tabla 6.8 Coste Primario .....	189
Tabla 6.9 Coste Secundario .....	190
Tabla 6.10 Cronograma .....	190

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN REDES Y TELECOMUNICACIONES**

# **“DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PRIVADA CON TECNOLOGÍA IP PARA EL SERVICIO DE COMUNICACIONES ENTRE EL MUNICIPIO DE AMBATO Y SUS PARROQUIAS RURALES”**

**Autor:** Vásquez Zurita Francisco Xavier

**Tutor:** Ing. Geovanni Brito M., M. Sc.

## **RESUMEN**

El vertiginoso desarrollo de las telecomunicaciones crece día a día gracias a la demanda de los usuarios para el desarrollo de sus aplicaciones. El aporte de las telecomunicaciones en Telemedicina y Tele-educación por ejemplo, ha derivado en una convergencia de voz, datos y video que conlleva al desarrollo de tecnologías de acceso de banda ancha.

Las redes inalámbricas tienen un papel importante en las comunicaciones del mundo de hoy. Debido a su facilidad de instalación y conexión, se han convertido en una excelente alternativa para ofrecer conectividad en lugares donde resulta inconveniente o imposible brindar servicio con una red alambrada.

Actualmente se requiere transmitir grandes volúmenes de datos, voz y video, lo que ha obligado a desarrollar una gran variedad de tecnologías de acceso entre los proveedores de servicios y sus clientes, especialmente en la conexión a Internet, donde se hace necesario grandes capacidades.

Por las razones anteriores se presenta este trabajo con el fin de que sirva como eje fundamental en el diseño de una red inalámbrica que brinde servicios de comunicaciones a las 18 Juntas Parroquiales del sector rural de Ambato.

**DESCRIPTORES:** Red Inalámbrica, Servicio de Comunicaciones, Tecnología IP.

## **INTRODUCCIÓN**

La tecnología de la información dominó el siglo XX en todo el mundo y dominará el actual, es decir, todos los aspectos relacionados con la comunicación,

procesamiento y distribución de la información. Esto se ha visto favorecido por una drástica reducción en los costos de los equipos informáticos y la mejora en el campo de las comunicaciones ha favorecido este avance tecnológico.

En este proceso de avance tecnológico se ha visto una gran desigualdad, en la masificación de la misma, entre los países desarrollados y los países en vías de desarrollo. Y más aún dentro de estos últimos entre los conglomerados urbanos y las zonas rurales y en especial con aquellas localidades con baja densidad poblacional.

En Ambato existen localidades en zonas alejadas, donde no existe la posibilidad de acceder a la información, tecnología, educación, comercio, salud, entre otras actividades que enriquecen la vida humana y que puede ser subsanado por medio de redes informáticas. Las redes informáticas permiten equiparar las oportunidades tanto económicas como sociales que hay en las capitales provinciales y grandes ciudades.

El Primer Capítulo del presente trabajo investigativo está orientado hacia la definición del problema, justificación y el planteamiento de objetivos para conseguir la planificación y diseño de una Red Inalámbrica para enlazar al Ilustre Municipio de Ambato con sus dieciocho parroquias rurales y así brindar varios servicios de comunicaciones.

En el Capítulo 2, se ejecuta una introducción teórica sobre redes, los fundamentos de comunicaciones inalámbricas, modulaciones, tecnologías, técnicas de estudio para radioenlaces y los servicios que se puede brindar con la implementación de la red.

En el Capítulo 3, se plantea la metodología de una investigación cuyo enfoque es cualitativo y cuantitativo de campo y bibliográfico, con la ayuda de instrumentos como la encuesta, con la que se puede determinar las necesidades y los parámetros bajo los cuales se regirá el diseño de la red.

En el Capítulo 4, se recogen y organizan los resultados obtenidos de la aplicación de los instrumentos de investigación y así conocer la situación actual de cada componente de la red y sus requerimientos.

En el Capítulo 5, se definen las conclusiones y recomendaciones provenientes del análisis efectuado en el Capítulo anterior.

Finalmente en el Capítulo 6, se propone una alternativa de solución a los problemas de comunicaciones, determinando además los requerimientos de diseño mediante un análisis financiero del proyecto para determinar, mediante indicadores de rentabilidad, la viabilidad de la implementación de la Red.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **Planteamiento del Problema**

##### **1.1.1. Contextualización**

###### **a. Macro Contextualización**

A lo largo de la segunda mitad del siglo XX y en los inicios del siglo XXI, se han producido mundialmente fenómenos económicos, políticos, sociales, culturales y tecnológicos que hoy genéricamente son conocidos con el término de globalización. Este proceso ha sido favorecido por situaciones como el uso de la computación en la vida productiva y familiar, el uso masivo del Internet, la influencia de las telecomunicaciones, etc.

Las redes de telecomunicaciones, ya se trate de las redes de acceso o bien de las redes troncales de transporte, constituyen ya una infraestructura básica más dentro de las sociedades modernas, a semejanza de lo que tradicionalmente han representado las de agua y electricidad. Sobre ellas discurren la voz, los datos y las señales de video que hacen posible la prestación de un amplio abanico de servicios de comunicaciones. Por este motivo juegan un papel fundamental en la conectividad de personas, organizaciones y dispositivos en las sociedades avanzadas.

###### **b. Meso Contextualización**

En Ecuador, según censo realizado por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) a 12.012 viviendas urbanas y 9.756 rurales en diciembre del 2009, el 73,7% de los hogares ecuatorianos posee telefonía móvil versus el 35,6% de la telefonía fija, pero solamente el 7,7% tiene acceso a Internet. Además el costo del servicio, a pesar de que se ha reducido, sigue siendo el más caro comparado a otros países de Latinoamérica.

### c. Micro Contextualización

Ambato tiene una población cercana a los 300.000 habitantes, parte de ella son indígenas que habitan en las comunidades rurales, de las cuales Pasa, Quisapincha, San Fernando y Pilahuín son las que evidencian los más altos niveles de pobreza y no han sido parte de este tan ansiado progreso ya que los bajos niveles de ingresos, la lejanía con respecto a la zona urbana, junto con la falta de avance infraestructural y tecnológico, convierten a éstas en zonas descuidadas y carentes de espacios destinados al servicio de comunicaciones, videoconferencia y telefonía IP, además del Internet.

#### 1.1.2. Árbol de Problemas

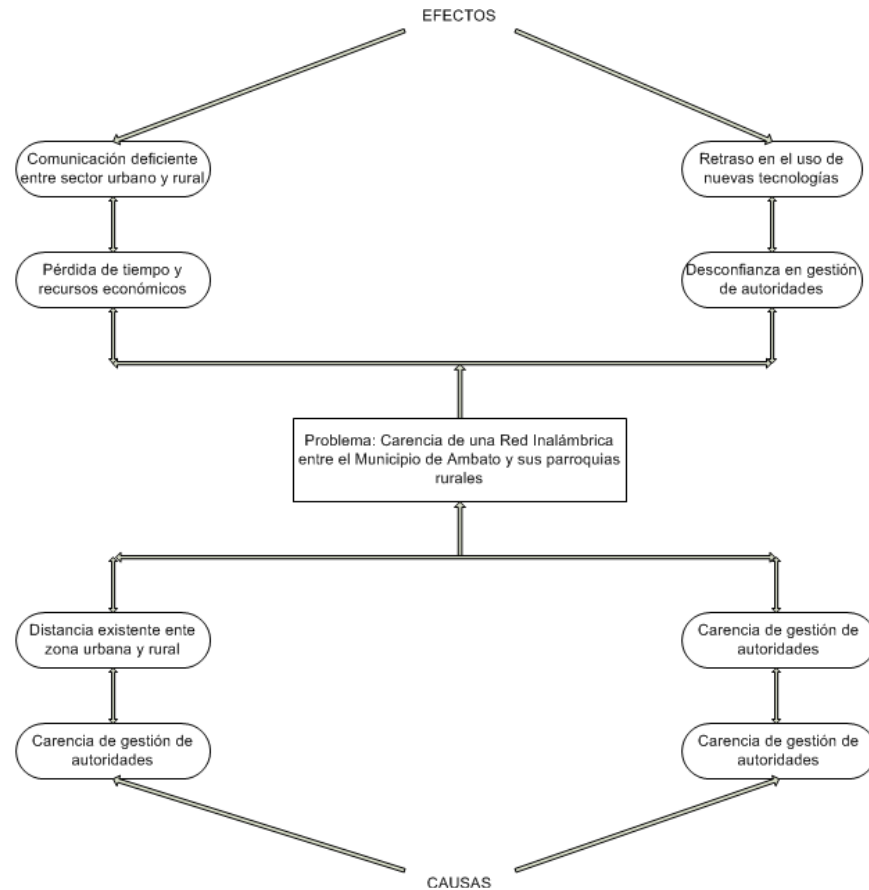


Figura 1.1 Relación Causa – Efecto

#### 1.1.3. Análisis Crítico



La tecnología digital y el avance de la red global de comunicación (Internet), están en crecimiento continuo, más esta evolución transcurre a gran velocidad dado la excelencia de sus avanzadas técnicas. Sin embargo, la sociedad absorbe las novedades lentamente debido a la desigual distribución de los ingresos y de la propiedad que siguen siendo el peor de los males que oprime al país.

Para estar listos para esta cita es necesario poner en marcha procesos de innovación y crear a varios niveles condiciones que permitan disponer de los requisitos necesarios: infraestructura, tecnológica adecuada y sobre todo recursos humanos apropiados y el hábito de servirse de la nueva tecnología para transformarla e incorporarla a nuevas organizaciones del trabajo.

Ante la complejidad del problema que nos corresponde, se plantea que las parroquias rurales de Ambato, que son sectores alejados del casco urbano, y a los que difícilmente llegan los beneficios de la tecnología, necesitan que el ánimo de comunicación rescate el derecho de la gente que en ellas habitan, a estar informados en tiempo real mediante la interconexión con el Muy Ilustre Municipio de Ambato, y que establezca compromisos con su desarrollo participativo y equitativo, aportando a la construcción de políticas de desarrollo humano sobre la base de la cimentación de alianzas con organizaciones sociales y con otras instituciones del sector público y privado.

#### **1.1.4. Prognosis**

En la última década hemos presenciado una revolución impresionante de las telecomunicaciones: telefonía celular, Internet, videoconferencia, voz sobre IP, etc. Pero mucho de esta revolución se ha dado sólo en los países desarrollados y en áreas urbanas de países en vías de desarrollo, mientras que en sectores alejados donde los procesos de comunicación son todavía obsoletos por inacción de gobernantes y falta de apoyo de organismos de desarrollo, los adelantos tecnológicos son aún desconocidos.

En nuestra ciudad, de no dar solución a este problema nos encontraremos inmersos en una brecha enorme en cuanto al manejo de la información y de la

comunicación entre el sector rural y urbano, además no existirá un desarrollo económico, social, y educativo lo que generará desconfianza en la población sobre la gestión realizada por sus autoridades, sobre todo en el factor educativo que es quizá uno de los indicadores más alarmantes, ya que la educación es la condición del desarrollo.

Por lo tanto, en el caso de no insertar a las comunidades rurales en este proceso de desarrollo tecnológico que proponemos, aquellas quedarían rezagadas a continuar con la utilización de sistemas de comunicación obsoletos, además de una formación tradicional sin posibilidades de acceder a la sociedad de la información y por lo tanto estarían en desventaja con relación a sus similares del sector urbano.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cómo contribuirá el Diseño e Implementación de una Red Inalámbrica privada con tecnología IP, en el desarrollo de las comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales?

## **1.3. Interrogantes de la Investigación**

¿Cómo se realizan actualmente los procesos de intercambio de información entre las parroquias rurales de Ambato y el Municipio?

¿Cuáles son los requerimientos que tienen las comunidades rurales de Ambato, en cuanto al acceso a servicios como Videoconferencia, Voz sobre IP e Internet?

¿Cómo establecer un enlace de comunicación entre el Municipio de Ambato y las zonas rurales?

¿Cuál es la mejor opción para una posterior implementación de una Red Inalámbrica entre el Municipio y las parroquias rurales de Ambato?

#### **1.4. Delimitación**

##### **1.4.1. Espacial**

El presente proyecto será destinado a las dieciocho parroquias rurales que posee el cantón Ambato y su Municipio.

##### **1.4.2. Temporal**

El período de tiempo destinado para la conclusión del proyecto de investigación va desde el 1 de Mayo del 2010 al 30 de Noviembre del 2010.

#### **1.5. Justificación**

En la sociedad del conocimiento y la información cualquier persona en mayor o menor grado necesita disponer de una conexión a Internet donde poder consultar y realizar casi cualquier gestión. Las cifras apuntan a que más de 1000 millones de usuarios se conectan a Internet para enviar correos electrónicos en el

trabajo, consultar cuentas de banco, chatear, comprar, realizar videoconferencias; la lista podría ser interminable.

Por lo señalado, permitir que estas comunidades alejadas del sector urbano con las desventajas que eso conlleva, tengan contacto con la nueva tecnología mediante las telecomunicaciones y en el mejor de los casos con redes virtuales de enseñanza, es facilitarle el acceso a materiales estándar como base de datos y servicios de calidad, tener tutores altamente calificados para comunicarse e interactuar, posibilitar que trabaje a su propio ritmo, haciendo que el lugar y el tiempo de aprendizaje sean irrelevantes, integrarse a una red de bibliotecas a nivel mundial con los privilegios de actualización y contacto con el avance del conocimiento que eso representa.

El reto de la globalización en comunicaciones y educación nos impulsa hacia la competitividad basada en una lógica dura pero directa que privilegia nuevos polos de desarrollo con nuevas propuestas donde cada individuo o trabajador cuenta consigo mismo, su preparación e iniciativa y su esfuerzo, todos saben que es así y se preparan para la lucha, porque solo así se enfrenta al desempleo en un escenario donde la indigencia de profesionales sobre calificados que salen por cientos de los centros educativos y no encuentran empleo, no es desconocida. Hay que competir y ganar porque los perdedores son barridos del mercado y apartados de los beneficios de la prosperidad.

El propósito de crear estos entornos virtuales de información con el valor agregado del aprendizaje, respaldados por un equipo de profesionales de alto nivel, es sustituir los recursos que se utilizan en las prácticas tradicionales de intercambio de información como la comunicación telefónica convencional, además de desarrollar las modalidades educativas como la educación a distancia y la virtual para ofrecer una alternativa que amplíe los servicios educativos y su

cobertura como sitios de investigación, producción, desarrollo, implementación y capacitación.

Esta investigación se refiere a un problema muchas veces analizado a nivel nacional y provincial como es el escaso acceso a las nuevas tecnologías en comunicaciones que poseen los habitantes de las poblaciones rurales, pero lo que no se ha tomado en cuenta es la relación directa que existe entre la conectividad de las personas, su productividad y su competitividad, razón que le convierte a este en un proyecto que realmente va dirigido al estrato con menos posibilidades económicas de la ciudad con el pleno objetivo de reducir la brecha digital entre los centros urbanos y rurales.

Es por este motivo que se presenta el siguiente trabajo, desarrollado con la finalidad de establecer el diseño de una red inalámbrica privada con tecnología IP para el servicio de comunicaciones entre el Municipio y las parroquias rurales de la ciudad de Ambato.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. General**

- Diseñar una red inalámbrica privada con tecnología IP para el servicio de comunicaciones entre el Municipio y las parroquias rurales de la ciudad de Ambato.

### **1.6.2. Específicos**

- Establecer la situación actual de las comunicaciones entre el Municipio y las parroquias rurales de Ambato y priorizar las necesidades que tienen estas comunidades de acceder a servicios como una red privada virtual

(VPN), videoconferencia, Comunicación de voz (VoIP) y Transferencia de datos a través de tecnología inalámbrica.

- Comparar las tecnologías actuales que existen en el mercado electrónico para la transmisión inalámbrica de datos.
- Diseñar la red inalámbrica para enlazar el Municipio de Ambato con los sectores rurales.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes Investigativos**

La implementación de centros de información capacitación a distancia, constituye un espacio donde la comunidad hace uso estratégico de tecnologías de información y comunicación en miras del desarrollo individual y colectivo, en torno al cual existe un buen número de propuestas a nivel nacional por parte del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FODETEL).

Dentro de los registros bibliográficos que reposan en la Biblioteca de la Universidad Técnica de Ambato, pudimos encontrar los siguientes trabajos investigativos con relación al tema propuesto:

“Diseño de una Red Inalámbrica para la Universidad Técnica de Cotopaxi que incluya Políticas de Seguridad y Gestión.” Realizada por: Campaña Riofrío Emma Dolores. Año 2008

“Diseño de una Red Inalámbrica Wimax con servicios de voz, datos y video para ampliar el espectro de comunicación del Sector Rural área comprendida por la Mancomunidad de Municipios del frente Sur Occidental Provincia de Tungurahua (Mocha, Quero, Tisaleo).” Realizada por: Tamayo Rosero Danilo Rafael. Año 2009

“Diseño de una red Wimax para la ciudad de Baños de Agua Santa”. Realizada por: Nuñez Ibarra Emma Paulina. Año 2008

Sin embargo, una vez revisados los registros bibliográficos en otras Universidades del centro del país como: Universidad Tecnológica Indoamérica, Pontificia Universidad Católica, Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Riobamba, no se han encontrado antecedentes investigativos sobre el tema propuesto.

## **2.2. Fundamentaciones**

### **2.2.1. Fundamentación Filosófica**

En el ámbito educativo específicamente, las ventajas de proporcionar ambientes inteligentes de enseñanza-aprendizaje se hacen sentir en la necesidad de establecer un modelo educativo en la sociedad informacional que considere el autoaprendizaje mediante entornos facilitadores cognitivos; que a su vez le da pie a la creación de nuevas leyes que refuercen este planteamiento.

### **2.2.2. Fundamentación Sociológica**

Incluir a los sectores rurales en un proceso de modernización es un propósito central de la transformación social y educativa para propiciar el desarrollo de una sociedad reflexivo-creativa integral capaz de orientarse constructivamente en las complejidades de la era contemporánea que ayuden a elaborar y tomar decisiones adecuadas y balanceadas, con un sentido de justicia y solidaridad.

### **2.2.3. Fundamentación Legal**

Ambato fue erigida como cantón de acuerdo con la Ley de División Territorial de Colombia del 25 de junio de 1824, expedida por el Gral. Francisco de Paula Santander, siendo las parroquias rurales:

Ambatillo, elevada a parroquia civil en Octubre de 1954. Atahualpa, elevada a parroquia civil el 22 de enero de 1940. Augusto N. Martínez, fundada el 13 de diciembre 1939. Huachi Grande, parroquia civil desde 1958. Montalvo, fundada el 3 de mayo de 1901. Pasa, parroquia civil desde 1850. Picaihua, fundada el 14 de septiembre de 1872. Pilahuín, elevada a categoría de parroquia civil desde 1870. Quisapincha, fundada en 1570 y elevada a parroquia civil en 1858. San Bartolomé de Pinllo, parroquia civil desde 1861. Santa Rosa, fundada en 1680. Totoras, fundada en 1840. San Fernando, Izamba, Juan Benigno Vela, Unamuncho, Cunchibamba y Constantino Fernández.

La Universidad Técnica de Ambato, se crea mediante Ley No. 69-05 del 18 de abril de 1969, como una comunidad de profesores, estudiantes y trabajadores.

#### **a. Ley Especial de Telecomunicaciones**

Capítulo I

DISPOSICIONES FUNDAMENTALES



Art. 1.- **Ámbito de la Ley.-** La presente Ley Especial de Telecomunicaciones tiene por objeto normar en el territorio nacional la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

Los términos técnicos de telecomunicaciones no definidos en la presente Ley, serán utilizados con los significados establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

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

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

Art. 4.- **Uso de frecuencias.-** El uso de frecuencias radioeléctricas para los servicios de radiodifusión y televisión requieren de una concesión previa otorgada por el Estado y dará lugar al pago de los derechos que corresponda. Cualquier ampliación, extensión, renovación o modificación de las condiciones, requiere de nueva concesión previa y expresa.

El uso de frecuencias radioeléctricas para otros fines diferentes de los servicios de radiodifusión y televisión requieren de una autorización previa otorgada por el Estado y dará lugar al pago de los derechos que corresponda. Cualquier ampliación, extensión, renovación o modificación de las condiciones, requiere de nueva autorización, previa y expresa.

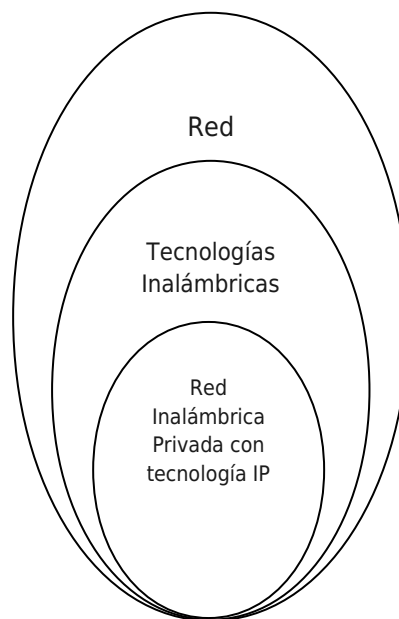
La concesión y la autorización para el uso de frecuencias radioeléctricas tendrán un plazo definido que no podrá exceder de cinco años, renovables por períodos iguales.

Art. 5.- Normalización y homologación.- El Estado formulará, dictará y promulgará reglamentos de normalización de uso de frecuencias, explotación de servicios, industrialización de equipos y comercialización de servicios, en el área de telecomunicaciones, así como normas de homologación de equipos terminales y otros equipos que se considere conveniente acordes con los avances tecnológicos, que aseguren la interconexión entre las redes y el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones.

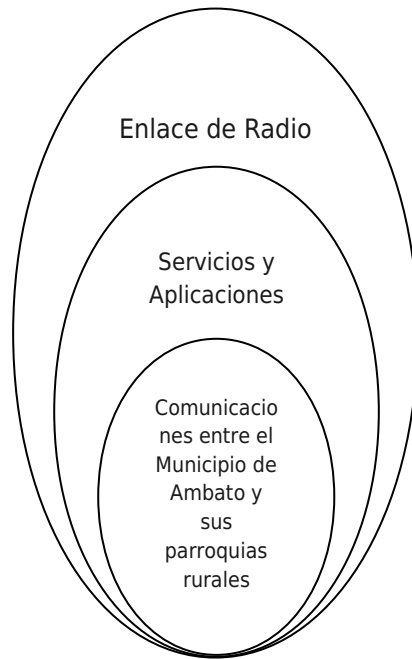
Debido a que se trata de un proyecto de intervención social es necesario que nos fundamentemos en las disposiciones legales que establece la Resolución No.394-18-CONATEL-2000 del CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL) y del FODETEL que auspicia la universalización en la prestación de estos servicios para favorecer la integración nacional, mejorar el acceso de la población al conocimiento y la información, coadyuvar con la prestación de los servicios de educación y atender, prioritariamente, las áreas rurales y urbano marginales que no se encuentren servidas o tengan un bajo índice de penetración de servicios de telecomunicaciones; y en su Capítulo 1 Art. 2.- Definiciones.- dice Servicio universal: Es la obligación de extender el acceso a un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones a todos los habitantes del territorio nacional, sin perjuicio de su condición económica, social, o localización geográfica, a precio asequible y con la calidad debida. Y luego continúa Telecentro Comunitario Polivalente: Es el centro de telecomunicaciones ubicado en comunidades rurales y

urbano marginales para la prestación de entre otros, los siguientes servicios y facilidades: voz, datos, video, multimedia y acceso a internet. Además puede contar con instalaciones para teleeducación, telemedicina y otras afines. Art. 3.- El Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en las áreas rurales y urbano-marginales, contará con recursos económicos cuyo destino exclusivo será el desarrollo de los servicios de telecomunicaciones para la prestación del servicio universal.

### 2.3. Organizador Lógico de Variables



*Figura 2.1: Inclusiones Conceptuales Variable Independiente*



*Figura 2.2: Inclusiones Conceptuales Variable Dependiente*

#### **2.4. Constelación de Ideas**

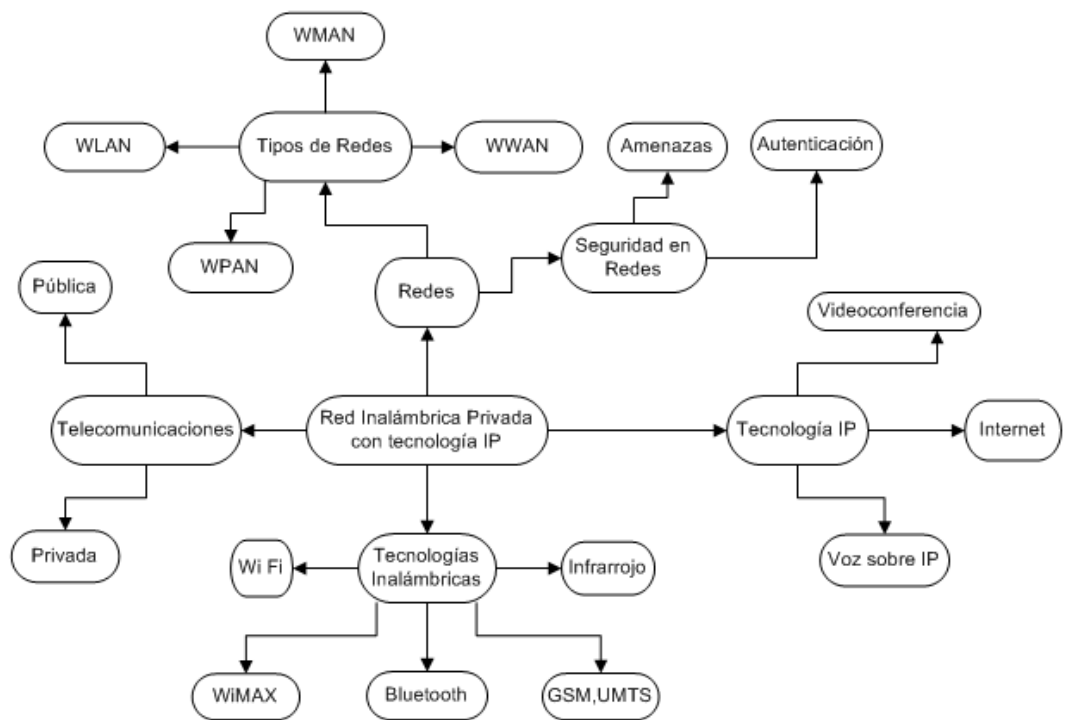


Figura 2.3: Constelación de Ideas Variable Independiente

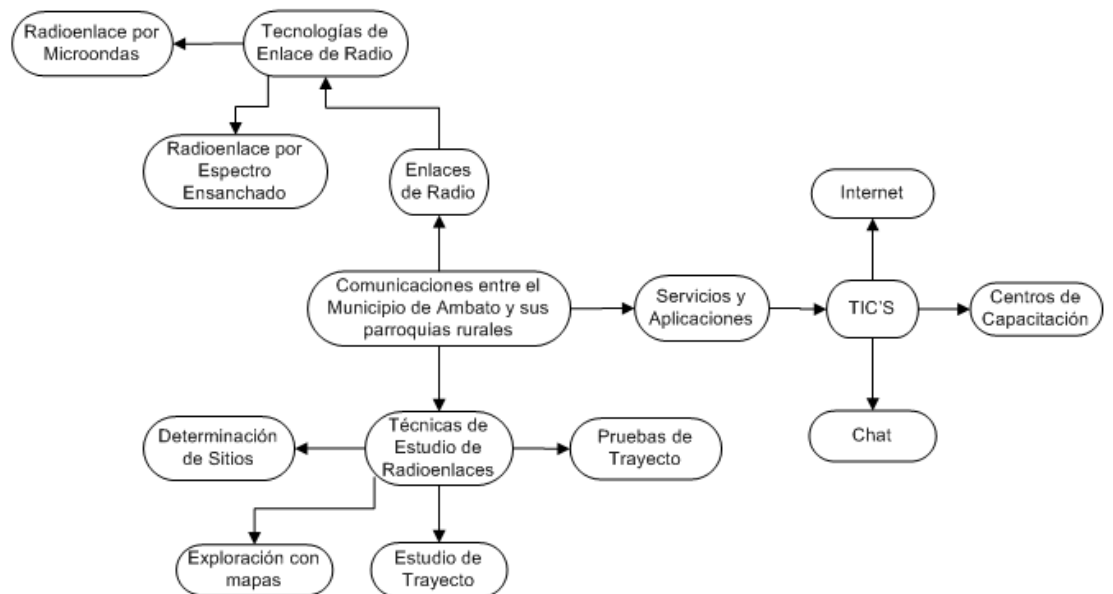


Figura 2.4: Constelación de Ideas Variable Dependiente

## 2.5. Categorías Fundamentales

### **2.5.1. Redes**

La industria de la computación es relativamente joven, comparada con otras industrias, aún en el área de telecomunicaciones, como por ejemplo la telefonía.

Sin embargo, la rapidez de crecimiento y el abaratamiento de costos, hacen que hoy en día las computadoras estén al alcance de la gran mayoría de las personas y de prácticamente todas las empresas.

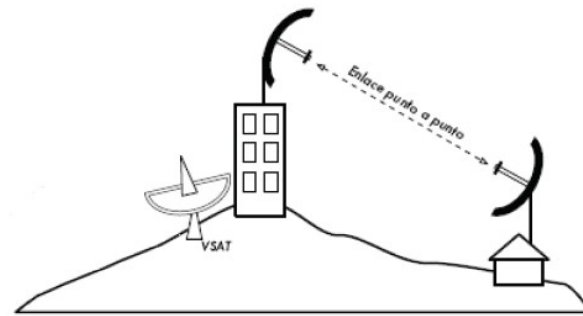
Junto con la proliferación de computadoras, surgió la necesidad de interconectarlas, para poder intercambiar, almacenar y procesar información. Las redes de datos, tiene como objetivos:

- Compartir recursos, equipos, información y programas que se encuentran localmente o dispersos geográficamente.
- Brindar confiabilidad a la información, disponiendo de alternativas de almacenamiento.
- Obtener una buena relación coste / beneficio.
- Transmitir información entre usuarios distantes de la manera más rápida y eficiente posible.

Las redes de datos inalámbricas pueden ser enmarcadas en tres tipos de topologías según el tipo de transmisión utilizada: Redes Punto a Punto, Redes Punto a Multipunto y Redes Multipunto a Multipunto.

#### **a. Redes Punto a Punto**

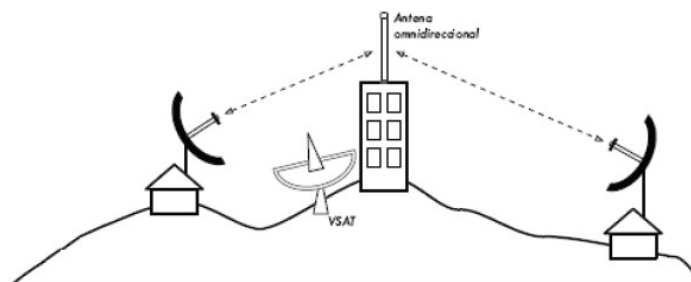
Generalmente se usan para conectarse a Internet donde dicho acceso no está disponible de otra forma. Con antenas apropiadas y existiendo línea visual, se pueden hacer enlaces punto a punto seguros de más de treinta kilómetros.



*Figura 2.5. Red Punto a Punto*

#### **b. Redes Punto a Multipunto.**

Es la red más comúnmente encontrada donde varios nodos están hablando con un punto de acceso central. El ejemplo típico de esta disposición es el uso de un punto de acceso inalámbrico que provee conexión a varias computadoras portátiles, las cuales no se comunican directamente unas con otras, pero deben estar en el rango del punto de acceso para poder utilizar la red.

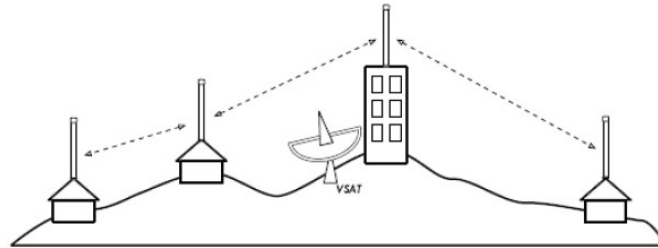


*Figura 2.6. Red Punto a Multipunto*

El beneficio de este diseño es que aún si ninguno de los nodos es alcanzable desde el punto de acceso central, igual pueden comunicarse entre sí. Las buenas implementaciones de red.

#### **c. Redes Multipunto a Multipunto.**

Denominadas también ad hoc o en malla (Mesh), en donde no hay una autoridad central, sino que cada nodo de la red transporta el tráfico de tantos otros como sea necesario, y todos los nodos se comunican directamente entre sí.



*Figura 2.7. Red Multipunto a Multipunto*

### **2.5.2. Redes Inalámbricas**

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos.

No se espera que las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas. Estas ofrecen velocidades de transmisión mayores que las logradas con la tecnología inalámbrica.

Los estándares para redes inalámbricas más utilizados son el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n.

El estándar IEEE 802.11b es el más lento de todos los anteriores ya que permite una velocidad máxima de transmisión de 11Mbps (megabits por segundo). Funciona en la banda de 2.4Ghz.

El estándar IEEE 802.11a permite una velocidad máxima de transmisión de 54Mbps y funciona en la banda de 5Ghz. El utilizar la banda de 5Ghz en lugar



de la banda de 2.4Ghz es una ventaja ya que la banda de 2.4Ghz está más saturada ya que es la misma banda que utilizan los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, por lo que es más factible que haya interferencia.

El estándar IEEE 802.11g al igual que el 802.11a permite una velocidad máxima de transmisión de 54Mbps pero funciona en la banda de 2.4Ghz. Esto permite que clientes que utilizan el estándar IEEE 802.11b se puedan conectar a la red, pero la velocidad de transmisión general de la red disminuye a 22Mbps para los clientes que se conecten con el estándar 802.11g y a 11Mbps (su máximo permitido) para los clientes que se conecten con el estándar 802.11b.

El estándar IEEE 802.11n permite una velocidad máxima de transmisión de hasta 600Mbps aunque en la actualidad, ningún fabricante ha desarrollado equipos que alcancen esta velocidad, la mayoría de los equipos que funcionan con este estándar alcanzan velocidades de transmisión de 300Mbps. Este estándar puede trabajar en la banda de 2.4Ghz, en la banda de 5Ghz, o en las 2 bandas al mismo tiempo.

Así que la velocidad máxima de transmisión que se tiene actualmente en una red inalámbrica es de 600Mbps (en realidad 300Mbps, pero asumiendo que ya se estuvieran fabricando equipos que alcanzaran el máximo permitido por el estándar). Por otro lado, una red cableada utilizando cable UTP categoría 5e permite velocidades de transmisión de hasta 1 Gigabit (1000 Mbps); es decir, casi el doble.

Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) en lugar de cableado estándar. Hay muchas tecnologías diferentes que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, y el alcance y la velocidad de sus transmisiones.

Las redes inalámbricas permiten que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad, ya se encuentren a unos metros de distancia como a varios kilómetros. Asimismo, la instalación de estas redes no requiere de ningún cambio significativo en la infraestructura existente como pasa con las redes cableadas.

Tampoco hay necesidad de agujerear las paredes para pasar cables ni de instalar portacables o conectores. Esto ha hecho que el uso de esta tecnología se extienda con rapidez.

Además, las ondas hertzianas no se confinan fácilmente a una superficie geográfica restringida. Por este motivo, un hacker (persona quien sin autorización trata de obtener acceso a un archivo o sistema) puede, con facilidad, escuchar una red si los datos que se transmiten no están codificados. Por lo tanto, se deben tomar medidas para garantizar la privacidad de los datos que se transmiten a través de redes inalámbricas.

Se debe tomar en cuenta que la transmisión inalámbrica para algunas bandas de frecuencias, requiere el pago del uso de la frecuencia portadora a una organización del Estado. En nuestro País, el permiso de operación se tramita en la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL).

#### a. **Tecnologías Inalámbricas**

La tecnología inalámbrica está influyendo ya en nuestras vidas y lo seguirá haciendo hasta el punto en que no podremos imaginar cómo hemos podido vivir sin ella.

Las capacidades que ofrece la tecnología inalámbrica proporcionan mayor comodidad y movilidad con total funcionalidad en cualquier lugar.

Aunque no nos hayamos dado cuenta, la tecnología inalámbrica ha estado a nuestro alrededor durante mucho tiempo. Las ondas de radio, infrarrojos, microondas y ondas de sonido influyen en nuestro mundo de muchas maneras distintas y ninguna necesita hilos ni cables. Ahora, la tecnología inalámbrica ha dado un paso más, proporcionando conexiones de datos entre dispositivos informáticos y redes, y entre diversos dispositivos informáticos.

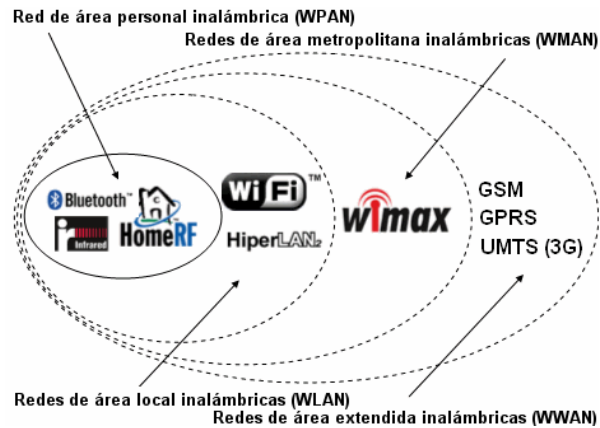


Figura 2.8: Tecnologías Inalámbricas

### 2.5.3. Clasificación Básica de las Redes

#### a. WWAN

Las Redes Inalámbricas de Área Amplia (WWAN), utilizan diversos dispositivos (como líneas telefónicas, antenas parabólicas y ondas de radio) para funcionar en área más amplias de las que pueden cubrir las WLAN ( Redes inalámbricas de área local), aunque suelen tener un ancho de banda más reducido. Las WWAN suelen ser redes de datos de dominio público diseñadas para proporcionar cobertura en las áreas metropolitanas y en corredores de tráfico. Las WWAN suelen ser propiedad de proveedores de servicios o de empresas de telecomunicaciones.

#### b. WMAN

Las *redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN)* también se conocen como **bucle local inalámbrico (WLL, Wireless Local Loop)**. Las WMAN se basan en el estándar *IEEE 802.16*.

La mejor red inalámbrica de área metropolitana es WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), que puede alcanzar una velocidad aproximada de 75 Mbps en un radio de varios kilómetros.

Wimax es una tecnología inalámbrica que intenta competir para ganarle el puesto a las tecnologías por cable.

### **c. WLAN**

Una red de área local sin cables ofrece acceso sin cables a todos los recursos y servicios de una red corporativa (LAN) en un edificio o en todo un campus. Cuando los usuarios necesitan acceder a las bases de datos y a los servidores de la compañía mientras están en movimiento, la única solución que permite este acceso en tiempo real es la de la red inalámbrica.

Las WLANs proporcionan más libertad en el ambiente de trabajo para que los trabajadores móviles accedan a la red. A través de una red sin cables, los trabajadores pueden acceder a la información desde cualquier lugar de la compañía – una sala de conferencias, la cafetería o la oficina más apartada. Aunque están confinadas a ciertos límites geográficos, con las WLANs los usuarios no están limitados a unos determinados puntos de acceso a través de cables fijos para acceder a la red, sino que pueden hacerlo en cualquier momento y en cualquier lugar.

Esta libertad de movimientos ofrece a los usuarios numerosas ventajas:

- Acceso fácil y en tiempo real para realizar auditorías y consultas desde cualquier lugar.
- Acceso mejorado a la base de datos para supervisores itinerantes, como directores de cadenas de producción, auditores de almacén o arquitectos.
- Configuración de red simplificada para instalaciones en crecimiento o emplazamientos de acceso público, como aeropuertos, hoteles y centros de convenciones.
- Un acceso más rápido a la información del cliente para vendedores, servicios de mantenimiento y minoristas.

- Acceso independiente de la localización para administradores de redes, para facilitar el soporte y la resolución de problemas locales.

WI-FI (Wireless Fidelity) se utiliza como denominación genérica de los productos que incorporan tecnología inalámbrica 802.11.

#### **d. WPAN**

Una red inalámbrica de área personal (WPAN) incluye redes inalámbricas de corto alcance que abarcan un área de algunas decenas de metros. Este tipo de red se usa generalmente para conectar dispositivos periféricos (por ejemplo, impresoras, teléfonos móviles y electrodomésticos) o un asistente personal digital (PDA) a un ordenador sin conexión por cables. También se pueden conectar de forma inalámbrica dos ordenadores cercanos. Se usan varios tipos de tecnología para las WPAN:

La tecnología principal WPAN es Bluetooth, lanzado por Ericsson en 1994. Ofrece una velocidad máxima de 1 Mbps con un alcance máximo de unos treinta metros. La tecnología Bluetooth, también conocida como IEEE 802.15.1, tiene la ventaja de tener un bajo consumo de energía, algo que resulta ideal para usarla en periféricos de pequeño tamaño.

El objetivo de un sistema de red de comunicaciones es transferir información desde un sitio a otro, generalmente a distancias considerables. Esto se hace enviando la información en la forma de energía electromagnética a través del: aire, espacio, alambre, o fibra de plástico. En el caso de una red de comunicaciones inalámbricas la transmisión de la información se hace a través del aire o vacío por medio de la emisión de ondas electromagnéticas.

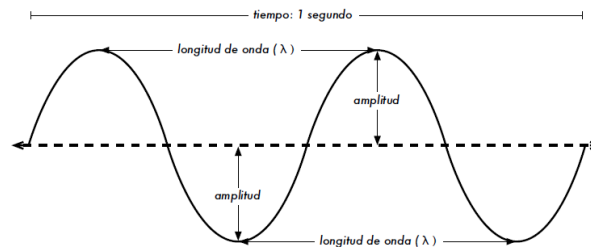
### **2.5.4. Fundamentos de las Comunicaciones Inalámbricas**

#### **a. Ondas Electromagnéticas y Longitud de onda**

Cuando la comunicación entre dos puntos se realiza por medio de alambres o fibra, se dice que se emplea un medio guiado. Si la transmisión es por

el aire o espacio se habla entonces de un medio no guiado. En cualquiera de los dos casos, se transfiere energía electromagnética desde el remitente hasta el destinatario. La transmisión por un medio guiado requiere el envío de ondas eléctricas sobre un par de cobre o el envío de ondas de luz sobre fibra óptica. Para transmitir por un medio no guiado se emplean ondas electromagnéticas.

La energía electromagnética puede viajar de varios modos: como voltaje o corriente por medio de alambres, como luz por fibra óptica o como emisiones de radio frecuencia que viajan por el aire o espacio. En cualquiera de ellos un concepto importante que debe entenderse es el de: Longitud de Onda (Wavelength)  $\lambda$ .



*Figura 2.9 Longitud de Onda*

$$\text{Longitud de Onda} = \frac{\text{Velocidad}}{\text{Frecuencia}} = \frac{c}{f}$$

Donde:

**Velocidad:** Es la velocidad a la que viaja la onda. Depende del medio y se conoce como Velocidad de Propagación.

**Frecuencia:** La variación en ciclos por segundo de la señal que se propaga (f).

La máxima velocidad de propagación, c, se logra en el vacío y a menudo se la refiere como la “velocidad de la luz” y es igual a 300.000 Km/s. En el aire la velocidad de propagación de la energía electromagnética es entre 95 % a 98 % de la del vacío. Por un alambre está entre 60 % a 85 % y típicamente en el cable de TV Cable está en el orden de 75%.

La longitud de onda es muy importante pues algunos aspectos en el diseño y selección de los componentes electrónicos dependen de la misma. Por ejemplo, el tamaño de las antenas, y el tipo de cables a emplearse depende de la frecuencia o longitud de onda con que se trabaje. Por otro lado, mientras más pequeña sea la longitud de onda, la energía electromagnética no puede ser fácilmente controlada o confinada, lo que hace más difícil trabajar con señales de frecuencias elevadas.

La energía electromagnética normalmente viaja en línea recta, pero esta trayectoria puede ser modificada de varias formas: por ejemplo cuando viaja confinada en un alambre o fibra óptica sigue la trayectoria fijada por el cable, o cuando viaja por el espacio puede ser reflejada, difractada o refractada al igual que ocurre con la luz.

## b. Modos de Propagación

### 1) Propagación Directa

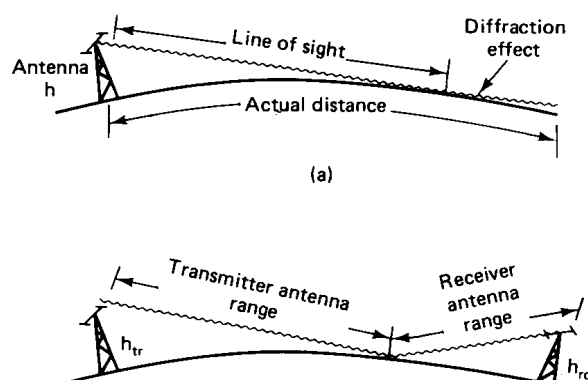
Son las ondas que viajan desde una antena transmisora a una receptora. También se llama Onda Espacial o Directa.

Estas ondas pueden sufrir en su camino reflexiones y/o refracciones debidas a las variaciones características físicas de la atmósfera.

Las transmisiones superiores a 30MHz, por ejemplo: radiodifusión comercial FM, televisión en VHF y UHF, etc., se sirven de ella.

Su alcance depende, en esencia, de la altura de la antena transmisora y de la receptora puesto que la curvatura de la tierra limita la línea de vista necesaria para que las dos antenas se comuniquen.

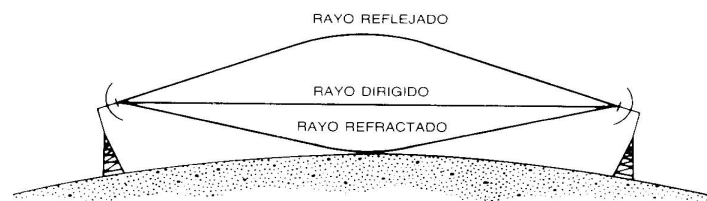
En zonas muy montañosas se recurre al empleo de torres de transmisión que se ubican buscando que exista línea de vista entre las mismas, desde el origen de los datos hasta el destino final de los mismos.



*Figura 2.10 Línea de vista LOS (Line of sight)*

Con las ondas espaciales es posible también llegar más lejos, gracias a la reflexión de la onda viajera que produce la ionosfera, o, de requerirse, se puede hacer un enlace satelital enviando una señal de microondas a un satélite geoestacionario, el cual envía de vuelta la señal hacia antenas satelitales situadas de preferencia en los predios de la empresa que requiere el servicio.

En los enlaces con línea de vista, la Tierra y la atmósfera a menudo propician la recepción por trayectoria múltiple.



*Figura 2.11 Propagación por trayectoria múltiple con línea de vista*

Dado que las ondas dirigidas y reflejadas van por trayectorias distintas, bien puede ocurrir que sus fases estén en contraposición y llegue a producirse un efecto de cancelación total. Por consiguiente, existe para cada enlace una altura óptima de la antena receptora que depende de la geometría transmisor-tierra-receptor y del desfase en la reflexión. Esto quiere decir que no necesariamente la máxima altura de antena es la mejor, y puede verse torres en donde las antenas están ubicadas en un lugar intermedio en vez del punto máximo de la torre.

## 2) Propagación por Reflexión



Es el cambio en la dirección de propagación de un fenómeno ondulatorio, como las ondas radioeléctricas, cuando inciden sobre una superficie reflectante.

En ocasiones, a la antena receptora le llega una señal radioeléctrica reflejada por un obstáculo, por ejemplo un edificio de gran altura. Esta propagación no es muy deseable, ya que además de la señal directa pueden llegarle al receptor varias señales reflejadas procedentes de varios puntos y desfasadas en el tiempo, puesto que las trayectorias son más largas en aquellas señales reflejadas, produciendo las conocidas y molestas “imágenes fantasma” o dobles imágenes. Para evitar esto deben utilizarse antenas receptoras de gran directividad.

### 3) Propagación por Refracción

Es el cambio en la dirección de propagación, debido al paso de las señales radioeléctricas de un medio a otro de distinto índice de refracción.

Un ejemplo es la onda ionosférica, que provoca una curvatura en el haz de energía electromagnética. La causa de esta curvatura es la ionización de la parte superior de la atmósfera por las radiaciones solares. Esta ionización supone una variación progresiva del índice de refracción de la ionósfera, ubicada a unos 80 Km sobre la superficie terrestre, dando un resultado similar al de la curvatura de los rayos de luz cambiando de dirección al entrar al agua.

Este tipo de ondas son las utilizadas en comunicaciones de radio a gran distancia con frecuencias inferiores a 30 MHz.

### 4) Propagación por Difracción

Cuando un obstáculo que se opone a la propagación libre de las ondas se presenta como una fuente secundaria que emite ondas derivadas en todas las direcciones. Gracias a este fenómeno las ondas rodean al obstáculo y consiguen salvarlo.

Las ondas superficiales aprovechan este fenómeno, en donde la propagación de ondas radioeléctricas de baja frecuencia se realiza pegada al suelo

siguiendo el contorno de la superficie terrestre alcanzando grandes distancias. Son las típicas señales de radiodifusión comercial en onda media (200Km), generada en grandes antenas o mástiles radiantes, que transmiten altas potencias.

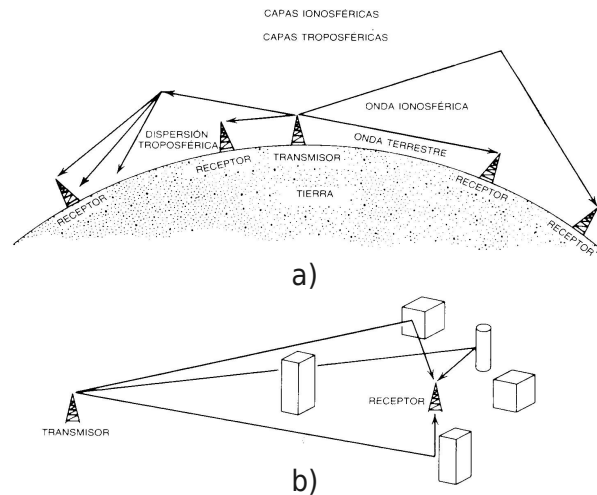


Figura 2.12 Modos de Propagación: a) Atmosférica y Terrestre. b) Por dispersión local

### c. El Espectro Electromagnético

Es el conjunto de ondas electromagnéticas agrupado en bandas, que se propagan de manera ondulatoria y con velocidad constante. Para evitar interferencias, a los usuarios se les asignan frecuencias específicas dentro de las bandas, que adoptarán las peculiaridades asociadas a estas.

En la tra desde los 30 KE	Número de la banda	Rango de frecuencias	Designación	que va
	2	30 – 300 Hz	ELF (frecuencias extremadamente bajas)	
	3	0.3 – 3 kHz	VF (frecuencias de voz)	
	4	3 – 30 kHz	VLF (frecuencias muy bajas)	
	5	30 – 300 kHz	LF (frecuencias bajas)	
	6	0.3 – 3 MHz	MF (frecuencias medias)	
	7	3 – 30 MHz	HF (frecuencias altas)	
	8	30 – 300 MHz	VHF (frecuencias muy altas)	
	9	0.3 – 3 GHz	UHF (frecuencias ultra altas)	
	10	3 – 30 GHz	SHF (frecuencias superaltas)	
	11	30 – 300 GHz	EHF (frecuencias extremadamente altas)	
	12	0.3 – 3 THz	Luz infrarroja	
	13	3 – 30 THz	Luz infrarroja	
	14	30 – 300 THz	Luz infrarroja	
	15	0.3 – 3 PHz	Luz visible	
	16	3 – 30 PHz	Luz ultravioleta	
	17	30 – 300 PHz	Rayos - X	
	18	0.3 – 3 EHz	Rayos gamma	
	19	3 – 30 EHz	Rayos cósmicos	

\* $10^0$ , hertz (Hz);  $10^3$  kilohertz (KHz);  $10^6$  megahertz (MHz);  $10^9$  gigahertz (GHz);  $10^{12}$  terahertz (THz);  $10^{15}$  petahertz (PHz);  $10^{18}$  exahertz (EHz)

*Tabla 2.1 Espectro Electromagnético*

Cada banda se emplea para varios servicios de telecomunicaciones. La asignación de las frecuencias para diferentes servicios se rige por una serie de acuerdos bajo el control de la International Telecommunications Union (ITU). Organismos y regulaciones internacionales no solo que han definido los rangos del Espectro Electromagnético, sino que también determinan el uso que se darán a los mismos, incluyendo sus subdivisiones. Por ejemplo, en la Figura No.8 se muestra la cuidadosa distribución de frecuencias de VHF para diferentes usos, incluyendo el científico.

En la Tabla siguiente se muestran los rangos asignados para ICM (Industria, Científica, Médica), para la aplicación de equipos o de instalaciones utilizados en un espacio reducido con fines industriales, científicos, médicos, domésticos o similares.

Banda de Frecuencias	Frecuencia Central
6765 – 6795 KHz	6780 KHz
13553 – 13567 KHz	13560 KHz
26957 – 27283 KHz	27120 KHz
40,66 – 40,70 MHz	40,68 MHz
433.05 – 434.79 MHz	433,92 MHz

902 – 928 MHz	915 MHz
2400 MHz – 2500 MHz	2450 MHz
5725 – 5875 MHz	5800 MHz
24 – 24,25 GHz	24,125 GHz
61 – 61,5 GHz	61,25 GHz
122 – 123 GHz	122,5 GHz
244 – 246 GHz	245 GHz

*Tabla 2.2 Frecuencias para aplicaciones ICM*

También se controla y limita la potencia de la energía radiada. Para potencias pequeñas (por ejemplo, la que se emplea en los teléfonos inalámbricos caseros) no se requiere de permiso. No hay que olvidar que con cierta potencia se pueden interferir a otros equipos o canales de comunicación funcionando en lugares cercanos. Otro aspecto que se regula es que el equipo no solo que no debe interferir a otros sino que además debe ser capaz de soportar interferencias desde otros equipos.

Las frecuencias más bajas se emplean en sistemas especiales de comunicación, con submarinos por ejemplo, debido a que estas frecuencias bajas, de grandes longitudes de onda, pueden penetrar cientos de metros de agua.

La Audio Frecuencia (AF) que va desde 20 Hz a 20 KHz, si bien puede ser propagada en su forma original desde un punto a otro, resulta impráctico emplearla como una alternativa de comunicación generalizada. Se puede imaginar lo que ocurriría si todas las emisoras de radio transmiten el audio como tal. Igual sucedería si en una planta industrial se empleara igual técnica para transmitir todas las variables físicas en su forma original. Habría una suerte de ruido que sería “escuchado” por todos los instrumentos desde todas las fuentes, creándose una gran confusión y molestia al operador. Pero, si se sube la frecuencia de transmisión, en primer lugar el oído humano no puede escucharla, y luego se puede ubicar cada canal de comunicación en un lugar del espectro diferente a otro y así evitar que se mezclen y se interfieran. Con este propósito se emplea la modulación.

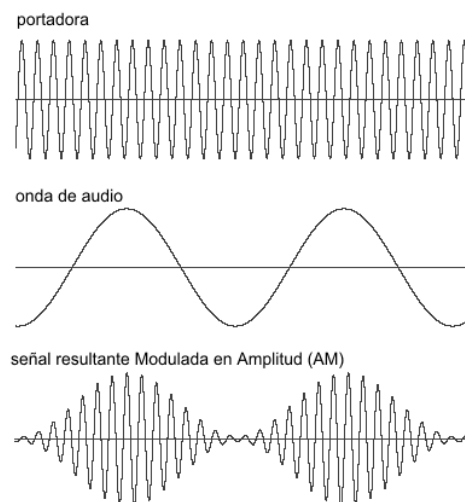
#### **d. Modulación**

Básicamente, la modulación consiste en utilizar una señal de alta frecuencia llamada portadora (carrier) como medio de “transporte” de la información o datos que se desean enviar de un lugar a otro; estos últimos generalmente de una frecuencia más baja.

El objetivo de modular una señal, es tener un control sobre la misma. El control se hará sobre ciertos elementos característicos de una oscilación continua, como son: amplitud, frecuencia y fase.

### 1) Modulación de Amplitud (AM)

Es cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante (información)



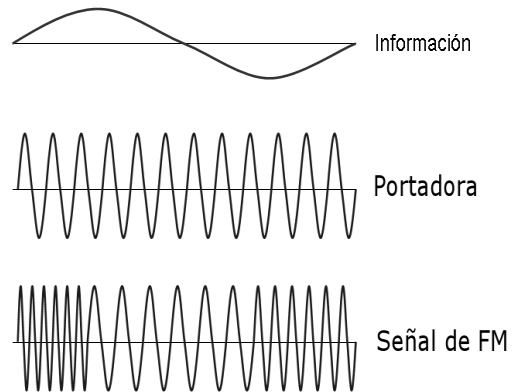
*Figura 2.13 Modulación de Amplitud*

En la Figura anterior se muestra el resultado de la modulación de amplitud (AM).

Un aspecto importante que debe entenderse es que en AM la información está contenida en la amplitud de la señal portadora, consecuentemente, cualquier efecto que la modifique (el ruido por ejemplo) estará cambiando la información.

### 2) Modulación de Frecuencia (FM)

La Frecuencia modulada (FM), es un sistema de transmisión de radio en el que la onda portadora se modula de forma que su frecuencia varíe según la señal de información transmitida.



*Figura 2.14 Modulación de Frecuencia*

En una transmisión de FM, el ruido puede afectar la amplitud de la señal pero muy difícilmente su frecuencia, de allí que la información tiende a contaminarse menos, aumentando la fidelidad de este tipo de transmisión, que resulta también una buena alternativa para transmisión digital.

### 3) Modulación Digital con Portadora Analógica

Existen básicamente dos tipos de modulación: Analógica realizada a partir de señales de información analógica, por ejemplo la voz, audio o video en su forma eléctrica y la modulación digital llevada a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales, por ejemplo una computadora.

Una señal digital generada por el equipo de procesamiento de datos es insertada en la onda portadora generada por el modem, siendo las características originales de la onda patrón modificadas de acuerdo a la técnica de modulación utilizada por el modem y esta transporta los datos hasta la otra extremidad del enlace donde otro modem demodulará la señal y la entregará a un equipo de procesamiento de datos en su forma original.

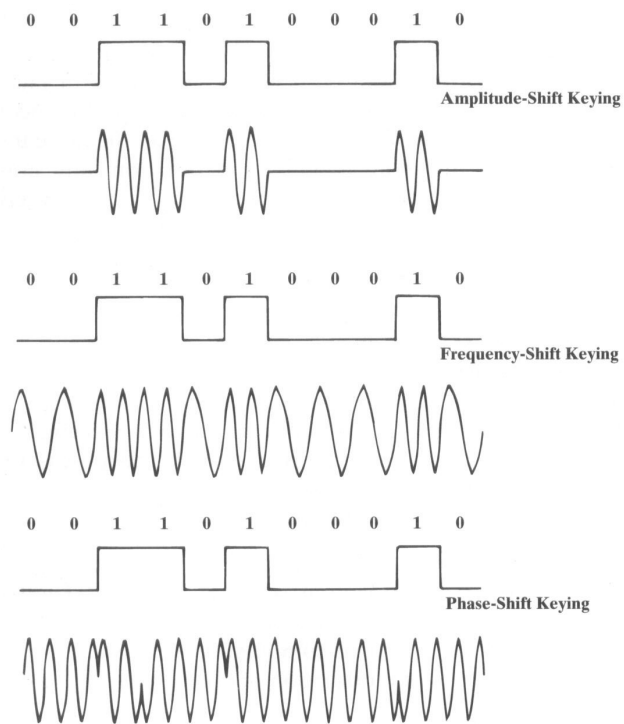


Figura 2.15

*Modulación de una señal de RF análoga con datos digitales*

Como se observa en el gráfico, la señal portadora análoga es modulada por la señal digital en una de las tres características siguientes: amplitud, frecuencia o fase.

En modulación de amplitud (Amplitude-Shift Keying, ASK), los dos estados binarios de la señal digital se representan con dos amplitudes de la señal portadora, en algunos casos uno de estos estados puede significar una amplitud de cero. ASK se considera una técnica no muy eficiente y susceptible a cambios repentinos de ganancia. Sobre líneas de voz se transmite hasta una velocidad de 1200 bps.

En modulación de frecuencia (Frequency-Shift Keying, FSK), los dos valores binarios se representan con dos frecuencias. Esta técnica es menos susceptible a ruidos que la ASK. Sobre líneas de voz se trasmite hasta 1200 bps pero se la puede emplear también para transmisión por radio a alta frecuencia (HF, 3 a 30 MHz).

En modulación de fase (Phase-Shift Keying, PSK) la fase de la portadora cambia para representar la señal digital. En el ejemplo, un 0 se representa por una ráfaga con igual fase que la anterior, mientras que un 1 obliga un cambio de fase. Esta técnica es más resistente al ruido que la FSK, sobre líneas de voz puede transmitirse hasta 9600 bps.

Los tres métodos, al emplear una señal análoga para la transmisión, se clasifican dentro de lo que se conoce como transmisión de banda ancha (Broad-Band Transmission).

Para lograr una buena combinación de altas tasas de transferencia de datos, uso eficiente del ancho de banda disponible, tasas de error bajas y facilidad de demodulación, se emplea Modulación de Amplitud en Cuadratura (Quadrature Amplitude Modulation, QAM).

En este tipo de modulación una sola portadora es modulada tanto en amplitud como en fase, lo que da como resultado una señal:

$$s(t) = \text{sen}[2\pi ft + \phi(t)]$$

Puesto que AM es susceptible a corrupción por ruido, QAM debe usarse solamente cuando un canal tenga un comportamiento estable y predecible, tal como enlaces de microondas que entregan señales con gran ancho de banda desde una torre a otra.

#### e. **Ancho de Banda**

Es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. Básicamente, para enviar más información en un período de tiempo corto se requiere más ancho de banda. Dicho de otra forma, es posible enviar la misma cantidad de información empleando menos ancho de banda pero en un período de tiempo mayor.

Puesto que el ancho de banda no es un recurso inagotable, se lo debe seleccionar de acuerdo a la aplicación. Por ejemplo, para transmitir la Audio Frecuencia AF, se requiere de al menos un ancho de banda de 20 KHz. Las



emisoras de AM solo disponen de 5 KHz pues se les asigna frecuencias separadas entre sí 10 KHz. Como la voz o música debe ser transmitida en forma instantánea y las emisoras de AM no tienen ancho de banda suficiente, se ven en la necesidad de sujetarse al ancho de banda de 5 KHz, con la consecuente pérdida de información que se traduce en falta de “fidelidad”. De aquí que una emisora de AM no es buena para la transmisión de música, pero es suficiente para que la voz sea entendible. Por otro lado, una emisora de FM tiene un ancho de banda de 75 KHz, suficiente incluso para transmitir dos canales que es lo que hacen las emisoras de FM en estéreo.

En las redes de computadores, el ancho de banda a menudo se utiliza como sinónimo para la tasa de transferencia de datos - la cantidad de datos que se puedan llevar de un punto a otro en un período dado (generalmente un segundo). Esta clase de ancho de banda se expresa generalmente en bits (de datos) por segundo (bps). En ocasiones, se expresa como bytes por segundo (Bps). Un módem que funciona a 57.600 bps tiene dos veces el ancho de banda de un módem que funcione a 28.800 bps.

Debe recordarse que una comunicación consiste generalmente en una sucesión de conexiones, cada una con su propio ancho de banda. Si una de estas conexiones es mucho más lenta que el resto actuará como cuello de botella enlenteciendo la comunicación.

#### f. **Capacidad de Información**

Shannon (1948) encontró la siguiente relación sobre el ancho de banda análogo y la transmisión de datos digitales:

$$Capacidad = Ancho\ de\ Banda \times \log_2 \left( 1 + \frac{Potencia\ Señal}{Potencia\ Ruido} \right)$$

Donde:

Capacidad está en bits/s,

Ancho de Banda en Hz, y

Potencia en Watts.

Suponga que en un canal se trasmite con una potencia de 10 W y hay ruido de 1 W. El ancho de banda análogo del canal es de 1 KHz. La capacidad del canal resulta:

$$C = 1000 \times \log_2 \left( 1 + \frac{10}{1} \right) = 3471 \text{ bits/s}$$

Un valor relativamente bajo. Considere aumentar el ancho de banda de 1 KHz a 100 KHz. Esto aumenta la Capacidad de 3,471 Kbps a 347,1 Kbps. Y si se aumenta la potencia del canal de 10 a 100 W, entonces la Capacidad del canal llega a 6,681 Kbps. Entonces entre el ancho de banda análogo y el digital hay una relación lineal, pero no ocurre así con la relación potencia del canal y el ruido que es logarítmica y no tiene el mismo efecto sobre la capacidad digital del canal.

Se puede usar la fórmula de Shannon para determinar el ancho de banda que se requiere para enviar una cierta cantidad de datos digitales:

$$\text{Ancho de Banda} = \frac{\text{Capacidad}}{\log_2 (1 + \text{Potencia Señal} / \text{Potencia Ruido})}$$

Suponga que se desea enviar 10.000 bits/s a un usuario que no desea esperar mucho tiempo, por un canal que tiene una potencia de 100 W y un ruido de 10 W. El resultado sería:

$$\text{Ancho de Banda} = \frac{10.000}{\log_2 (1 + 100/10)} = 2.882 \text{ Hz}$$

En resumen, Shannon demostró matemáticamente que para enviar datos digitales a más velocidad se requiere de más ancho de banda análogo. En la práctica hay otros factores que intervienen a más del ruido como: calidad de los circuitos electrónicos, efectos de estabilidad con la temperatura, distorsión, por dar unos ejemplos. Por lo mismo la capacidad que calcula la Ecuación de Shannon debería interpretarse como la máxima.

### **2.5.5. Protocolo IP**

El Protocolo de Internet (IP, de sus siglas en inglés Internet Protocol) es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas, en el protocolo IP estos términos se suelen usar indistintamente. En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes. Las cabeceras IP contienen las direcciones de las máquinas de origen y destino, direcciones IP, direcciones que serán usadas por los conmutadores de paquetes, switches y los enrutadores, routers para decidir el tramo de red por el que reenviarán los paquetes.

El Protocolo de Internet provee un servicio de datagramas no fiable (también llamado del *mejor esfuerzo (best effort)*, lo hará lo mejor posible pero garantizando poco). IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad (mediante *checksums* o sumas de comprobación) de sus cabeceras y no de los datos transmitidos. Por ejemplo, al no garantizar nada sobre la recepción del paquete, éste podría llegar dañado, en otro orden con respecto a otros paquetes, duplicado o simplemente no llegar.

IPv4 es la versión 4 del Protocolo IP (Internet Protocol). Esta fue la primera versión del protocolo que se implementó extensamente, y forma la base de Internet. Usa direcciones de 32 bits, limitándola a  $2^{32} = 4.294.967.296$  direcciones únicas, muchas de las cuales están dedicadas a redes locales, LANs. Por el crecimiento enorme que ha tenido del Internet, mucho más de lo que esperaba, cuando se diseñó IPv4, combinado con el hecho de que hay desperdicio de direcciones en muchos casos, ya hace varios años se vio que escaseaban las direcciones IPv4.

### **2.5.6. Seguridad en Redes Inalámbricas**

Las redes inalámbricas son más vulnerables que las redes de cable debido al desconocimiento de las herramientas de seguridad disponibles para redes inalámbricas.

**a. Ataques de escucha/monitorización pasiva (eavesdropping)**

La autenticación es posible tras la captura y *cracking* de cierto número de paquetes. Es posible acceder y monitorizar el tráfico presente en el entorno como cualquier cliente autenticado. También es posible realizar inyección y modificación de mensajes, sin necesidad de descifrar claves.

**b. Ataques de Intercepción/Inserción (man-in- the-middle)**

Los entornos que operan sobre el protocolo 802.11b facilitan la captura y redirección de sesiones, ya que una estación que transmite no es capaz de detectar la presencia de estaciones adyacentes con la misma dirección MAC o IP. Esto permite que se lleve a cabo un ataque de secuestro de sesión mediante el uso de dos estaciones hostiles diferentes.

**c. Ataques de denegación de servicio (jam-ming)**

Es sencillo realizar ataques que afecten a la disponibilidad en los entornos *wireless*. Dichos ataques pueden ser abordados desde varios enfoques, siendo los más sencillos aquellos que utilizan un dispositivo de radiofrecuencia (RF) de alta potencia para generar interferencias, lo que prevendría que el usuario legítimo pudiera utilizar el servicio.

### **2.5.7. Seguridad Básica y Avanzada en Wireless LAN**

Existen métodos para lograr la configuración segura de una red inalámbrica:

**a. Método 1: Filtrado de direcciones MAC**

Este método consiste en la creación de una tabla de datos en cada uno de los puntos de acceso a la red inalámbrica. Dicha tabla contiene las direcciones MAC (Media Access Control) de las tarjetas de red inalámbricas que se pueden conectar al punto de acceso.

### b. Método 2: Wired Equivalent Privacy (WEP)

El nivel más básico de seguridad para redes inalámbricas es el algoritmo WEP, ha sido diseñado para prevenir posibles escuchas de la información y proteger la red mediante la encriptación de los datos que se envíen de forma inalámbrica.

### c. Método 3: Las VPN

Una red privada virtual (Virtual Private Network, VPN) emplea tecnologías de cifrado para crear un canal virtual privado sobre una red de uso público. Las VPN resultan especialmente atractivas para proteger redes inalámbricas, debido a que funcionan sobre cualquier tipo de hardware inalámbrico y superan las limitaciones de WEP.

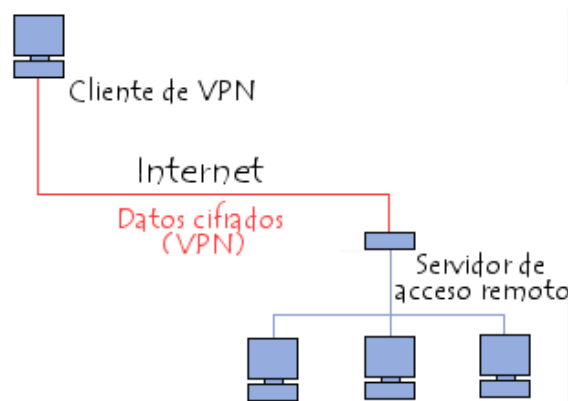


Figura 2.16 Red Privada Virtual (VPN)

### d. Método 4: 802.1x

802.1x es un protocolo de control de acceso y autenticación basado en la arquitectura cliente/servidor, que restringe la conexión de equipos no autorizados a una red. El protocolo fue inicialmente creado por la IEEE para uso en redes de área local alambradas, pero se ha extendido también a las redes inalámbricas.

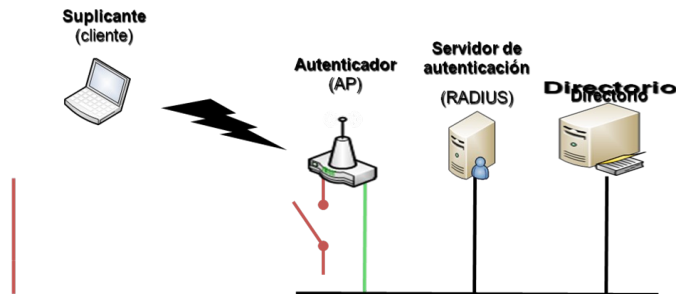


Figura 2.17 Autenticación 802.1x

#### e. Método 5: WPA (Wi-Fi Protected Access)

WPA es un estándar propuesto por los miembros de la Wi-Fi Alliance en colaboración con la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). Este estándar busca subsanar los problemas de WEP, mejorando el cifrado de los datos y ofreciendo un mecanismo de autenticación. WPA propone un nuevo protocolo para cifrado, conocido como TKIP (Temporary Key Integrity Protocol). Este protocolo se encarga de cambiar la clave compartida entre punto de acceso y cliente cada cierto tiempo, para evitar ataques que permitan revelar la clave. TKIP amplía la longitud de la clave de 40 a 128 bits.

### 2.5.8. Sistemas de Radiocomunicaciones

Entre las técnicas que se emplean dentro de un medio guiado se encuentran las ondas eléctricas que son transmitidas sobre un par de cobre y las ondas de luz que son transmitidas sobre fibra óptica; mientras, la técnica que se emplea dentro de un medio no guiado es la transmisión de ondas electromagnéticas mediante un enlace de microondas y mediante un salto satelital.

El factor más importante para decidir sobre que medio se va a transmitir, es el costo y depende de la Infraestructura, Mantenimiento y Tecnología.

## 2.5.9. Tecnologías de Enlace

Para poder tomar una decisión respecto al medio de transmisión a utilizarse en lo referente a la tecnología inalámbrica, es necesario e imprescindible tener claro los aspectos teóricos de los posibles sistemas a utilizarse.

De las diferentes posibilidades, dos que se emplean mucho en la mayoría de aplicaciones son los Radio Enlaces por microondas, y Radio Enlaces por espectro ensanchado.

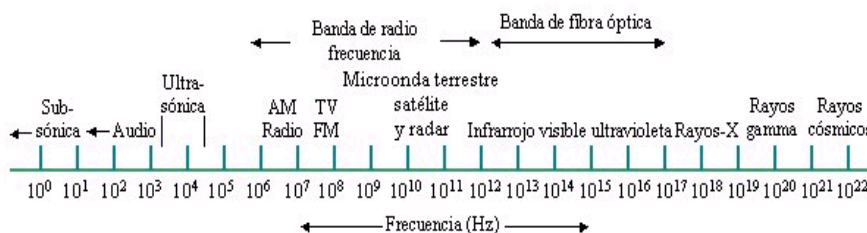
De estos dos métodos de transmisión se escogerá el más óptimo y sobre todo aquel que cumpla con los objetivos del sistema de comunicaciones, siempre balanceando entre el costo y el beneficio.

### a. Radio enlace por Microondas

Los sistemas de microondas terrestres han brindado solución a los problemas de transmisión de datos, sin importar cuales sean, aunque sus aplicaciones no estén restringidas a este campo solamente.

El término " microondas " viene dado ya que la longitud de onda de esta banda es muy pequeña (milimétricas o micrométricas), porción del espectro electromagnético que cubre las frecuencias entre 3 GHz y 300 GHz, aproximadamente.

En la Figura 2.14 se representa el espectro de frecuencias electromagnéticas:



### *Figura 2.18 Espectro de frecuencias electromagnéticas*

La propiedad fundamental que caracteriza a este rango de frecuencias es que las longitudes de onda correspondientes son comparables con las dimensiones físicas de los elementos que conforman los circuitos de los dispositivos electrónicos empleados. Debido a esta característica, las microondas exigen un tratamiento particular que al mismo tiempo es y no es diferente de los métodos de trabajo utilizados en otras frecuencias como VHF, UHF o el infrarrojo.

Las estaciones de microondas terrestres consisten en un par de antenas con línea de vista conectadas a un radio transmisor que irradian radiofrecuencia (RF) en el orden de 1 GHz a 50 GHz.

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 5-10 GHz, 18, 23 y 26 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades de hasta 24 Km. de distancia una de la otra.

Los equipos de microondas que operan a frecuencias más bajas, entre 2 – 8 GHz, puede transmitir a distancias de entre 30 y 45 Km la única limitante de estos enlaces es la curvatura de la Tierra, aunque con el uso de repetidores se puede extender su cobertura a miles de kilómetros.

Debido a que todas las bandas de frecuencias de microondas terrestres son concedidas por cada Estado, para utilizar este servicio son necesarias frecuencias para enlaces punto-punto y punto-multipunto permitidas por las autoridades de telecomunicaciones.

#### 1) Estructura general de un Radio enlace por Microondas

Un radio enlace está constituido por equipos terminales y repetidores intermedios. Se puede tener un radio enlace sin repetidores intermedios siempre y cuando exista línea de vista entre los dos puntos que se desean interconectar. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama vano. En la Figura 15 se muestra un enlace



punto a punto en el que no intervienen repetidores mientras que en la Figura 16 se presenta un enlace con repetidores.

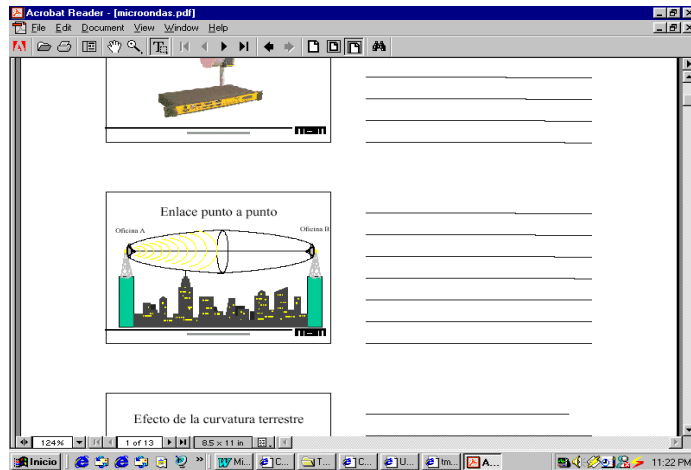


Figura 2.19 Enlace punto a punto sin repetidores

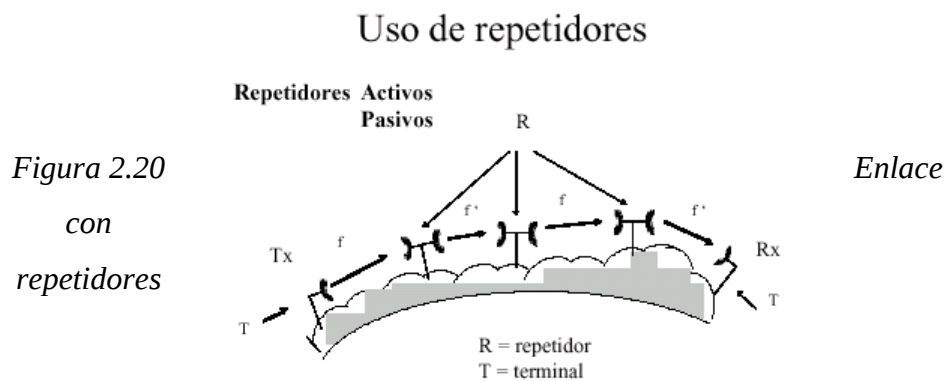


Figura 2.20 con repetidores

Los repetidores pueden ser de dos tipos: Repetidores Activos y Repetidores Pasivos.

Los repetidores activos necesitan energía eléctrica para su funcionamiento y estos tienen la función de recibir la señal para amplificarla y volverla a transmitir; mientras que los repetidores pasivos o reflectores no generan ganancia

y se limitan a cambiar la dirección del haz radioeléctrico. En la Figura se presenta un repetidor activo.

## Repetidor Activo

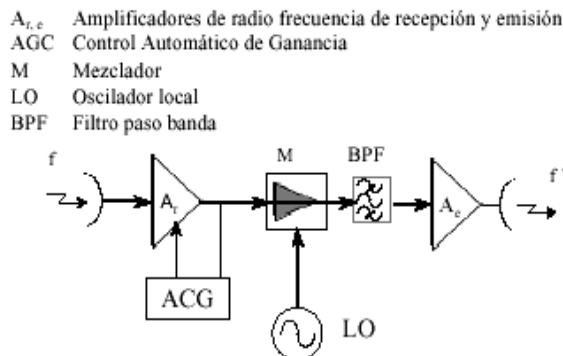


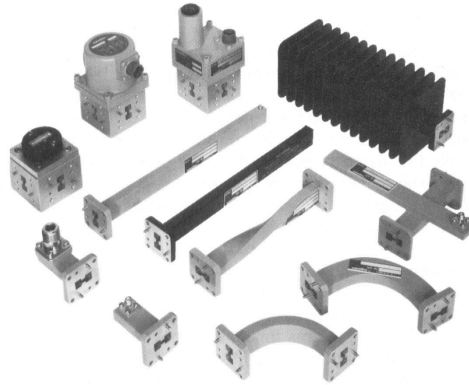
Figura 2.21 Repetidor Activo

### 2) Transmisión por Microondas

Un sistema de comunicación basado en las microondas constará fundamentalmente de un generador y de un medio de transmisión de la onda hasta la carga; caso contrario, cuando la transmisión sea entre puntos de un área extensa, se utilizará un sistema emisor y otro receptor, estando el emisor compuesto por los elementos anteriormente citados, donde la carga será una antena emisora, mientras que el receptor será otra antena, medio de transmisión y detector adecuado.

Además de estos elementos existen otras componentes como son atenuadores, desfasadores, frecuencímetros, medidores de onda estacionaria SWR (relación de onda estacionaria - interferencia de ondas incidente y reflejada con igual amplitud, longitud de onda y frecuencia que van en sentido opuesto a través de un medio-), etc.; sin embargo, a continuación se detallará la guía de onda como elemento fundamental de transmisión a éstas frecuencias.

La guía de onda es en esencia una tubería metálica, a través de la cual se propaga el campo electromagnético prácticamente sin atenuación, dependiendo del material del que esté fabricada; así, a una frecuencia determinada y para una geometría concreta, la atenuación será tanto menor cuanto mejor conductor sea el material.



*Figura 2.22 Guías de onda*

Las guías de onda pueden ser rectangulares o circulares. Cuando la energía debe ser acoplada desde una fuente a una carga, ambas fijas en un solo lugar, se prefiere las guías rectangulares porque son más pequeñas que las circulares para una misma longitud de onda.

La dimensión de la guía de onda es crítica. Si la longitud de onda de la frecuencia en uso es muy grande no se generará un modo de propagación y pasará ninguna señal. La frecuencia más baja que puede manejar una guía es su frecuencia de corte: solamente las frecuencias mayores a esta serán propagadas. Para una onda rectangular, la fórmula que relaciona su ancho con la frecuencia de corte es:

$$\lambda = \frac{2x}{m}$$

Donde m corresponde al modo. En forma simple, la dimensión x debe ser más de la mitad de la longitud de onda deseada para que se genere un modo 1, o sea, el modo dominante. Por ejemplo, una onda de 1 cm, 30 GHz, requiere una onda con un valor x mayor a 0.5 cm. El alto de la onda, y, puede variar un amplio

rango, pero generalmente se la hace iguala la mitad de x para evitar que se formen otros modos a más del dominante.

La guía de onda actúa como un filtro pasa altos de pendiente muy alta. Tal que más debajo de la frecuencia de corte, no pasa ninguna señal. Más arriba de esta frecuencia, las señales pasan pero sufren de una atenuación continua según aumenta la frecuencia. En cierta frecuencia, la operación cambia al modo siguiente, el cual será todavía efectivo pero tendrá patrones de campos más complejos.

### 3) Propagación de las Microondas

Las microondas en general ocupan una porción del espectro de frecuencias entre 1 y 300 GHz. En la práctica el rango de frecuencias utilizado está en el orden de 1 GHz a 12 GHz.

La banda espectral de las microondas se divide en sub-bandas tal como se muestra en la Tabla:

<b>Bandas</b>	<b>FRECUENCIA (GHz)</b>	<b>LONGITUD DE ONDA APROXIMADA (cm)</b>
S	1.5 A 8	10
X	8 A 12.5	3
K	12.5 A 40	1.1
Q	40 A 50	0.8

*Tabla 2.3 Sub-bandas en las que se divide la banda espectral de microondas*

Los sistemas de microondas son usados en enlaces de televisión, en multienlaces telefónicos y en general en redes con alta capacidad de canales de información. Las microondas atraviesan fácilmente la ionosfera y son usadas también en comunicaciones por satélite.

En una propagación de microondas; al ser la longitud de onda muy pequeña, permite tener antenas de altas ganancias; además, como el radio de fresnel es relativamente pequeño, la propagación se efectúa como en el espacio libre (si hay obstáculos que obstruyan la zona de fresnel, la atenuación es proporcional al obstáculo).

La Tabla, indica las distancias que aproximadamente se podrían conseguir con un solo salto dependiendo de la frecuencia en que se trabaje.

Frecuencia (GHz)	Distancia (km)
2	60
4/5/6	50
7/8	45
11	35
13	25
15	20
18/20	10
30	5
60	0.5

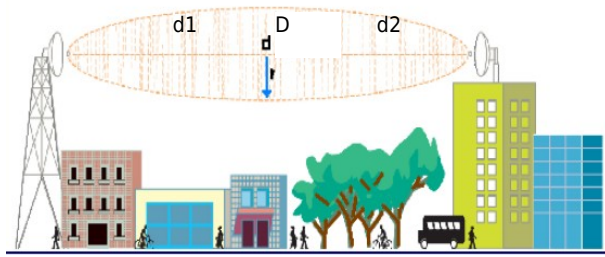
*Tabla 2.4 Distancias aproximadas vs. Frecuencia*

La Fórmula de Friis, permite calcular las pérdidas de propagación que sufre la señal radioeléctrica en condiciones de espacio libre, es decir sin ningún obstáculo en el camino (visión directa entre las antenas).

$$L_{\text{bas}}(\text{dB}) = 92,44 + 20 \log_{10} f(\text{GHz}) + 20 \log_{10} d(\text{km})$$

#### 4) Zona de Fresnel

La zona Fresnel de un rayo de radio r es un área elíptica inmediatamente alrededor del camino visual. Varía en lo grueso dependiendo de la longitud del camino y frecuencia de señal. La visibilidad necesaria para la zona Fresnel puede ser calculada, y se debe tomar en cuenta cuando se está diseñando un enlace inalámbrico.



*Figura 2.23 Zona de Fresnel*

La fórmula para el radio máximo de la primera zona de Fresnel es:

$$r = 17,325 * \sqrt{\frac{d_1 d_2}{4Df}}$$

D = distancia de separación entre ambos extremos del radioenlace [km]

d1=distancia de separación de extremo del radioenlace al obstáculo más elevado

d2= distancia de separación de otro extremo del radioenlace al obstáculo más elevado.

f = frecuencia de operación del enlace [Ghz]

r = radio [m]

En la práctica nos conformamos con librar sólo el 60% de la primera zona de Fresnel, teniendo así  $0.6 * r$ .

### **b. Enlace por Espectro Ensanchado**

La tecnología de espectro ensanchado (Spread Spectrum) utiliza un sistema de codificación, en el cual la señal transmitida es expandida y enviada sobre un rango de frecuencias mayor que el mínimo requerido por la señal de información (de ahí su nombre).

La señal spread spectrum, propagada sobre un ancho de banda grande puede coexistir con señales de banda estrecha, añadiendo como efecto colateral un

ligero incremento en el ruido de fondo que los receptores de banda estrecha pueden ver. El receptor spread spectrum no ve las señales de banda estrecha pues escucha en un ancho de banda mucho más amplio siguiendo una secuencia de código ordenada.

### 1) Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (Direct Sequence)

Técnica de modulación que mezcla la información de datos con una secuencia pseudoaleatoria digital de alta velocidad que expande el espectro. En un modulador esta señal es mezclada con una frecuencia portadora, entregando una señal modulada BPSK o QPSK, para obtener una emisión con baja densidad espectral, semejante al ruido.

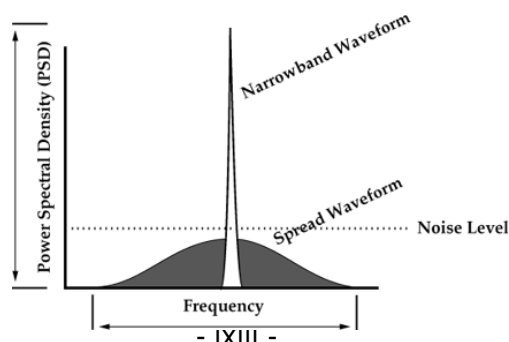
### 2) Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia (Frequency Hopping)

Técnica de ensanchamiento en la cual la frecuencia portadora convencional es desplazada dentro de la banda varias veces por segundo de acuerdo a una lista de canales pseudoaleatoria. El tiempo de permanencia en un canal es generalmente menor a 10 milisegundos.

### 3) Espectro Ensanchado Híbrido

Combinación de las técnicas de estructuración de la señal de espectro ensanchado por secuencia directa y por salto de frecuencia.

En la Imagen se hace una comparación de una señal de banda estrecha con una señal Spread Spectrum de Secuencia Directa. La señal de banda estrecha es suprimida cuando se transmite en spread spectrum.



*Figura 2.24 Señal de Espectro Disperso con relación a la Señal de Banda Estrecha*

El método de transmisión DSSS (*Direct Secuency Spreed Spectrum*) permite que todo el tiempo cada estación transmita sobre el espectro de frecuencia completo. Las transmisiones simultáneas múltiples se separan usando técnicas de codificación especiales. DSSS asume que múltiples señales se añaden linealmente.

Para entender mejor este método de transmisión, considere el siguiente ejemplo. En una habitación hay muchas parejas de personas conversando. Usar TDM (*Time Division Modulation*) equivaldría a que, estando cada individuo de cada pareja en un lado diferente de la habitación, dichas parejas hablarán por turnos, una pareja después de otra. FDM (*Frecuency Division Modulation*) equivaldría a que la gente se reúna en grupos separados y cada grupo sostiene su propia conversación al mismo tiempo pero independientemente de los otros. En esta analogía, DSSS equivaldría a que, estando cada persona de la pareja en un lado de la habitación, todas las parejas hablaran a la vez pero en distintos idiomas. La pareja que habla en francés sólo entenderá a su respectivo compañero rechazando cualquier otra cosa. Esta es la clave de DSSS, que es capaz de extraer la señal deseada mientras rechaza todas las demás.

En DSSS cada tiempo de bit se subdivide en  $m$  intervalos pequeños llamados *Chips*. Típicamente hay 64 o 128 chips por bit, pero, para explicar mejor esta tecnología, se supondrá que se tiene 8 chips/bit. A cada estación se le asigna un código único de  $m$ -bit, conocido como *chip sequence*. Para transmitir un bit 1, una estación envía su secuencia de chip. Para transmitir un bit 0, se envía el complemento de uno de esta secuencia. No se permite otra combinación. Si se tiene  $m=8$  y si la estación A tiene asignada la secuencia de chip 00011011, enviará un bit 1 con 00011011 y un bit 0 con 11100100.

Los sistemas de espectro ensanchado son aquellos que se caracterizan por:



- Distribución de la energía media de la señal transmitida, dentro de un ancho de banda mucho mayor que el ancho de banda de la información;
- La energía de la señal emplea un código pseudoaleatorio independiente al de los datos;
- Mayor ancho de banda de transmisión, con una densidad espectral de potencia más baja y un mayor rechazo de las señales interferentes de sistemas que operan en la misma banda de frecuencias;
- Posibilidad de compartir el espectro de frecuencias con sistemas de banda angosta convencionales, debido a que es posible transmitir con una potencia baja en la banda de paso de los receptores de banda angosta;
- Permite rechazar altos niveles de interferencias;
- La señal transmitida resultante, con secuencia directa, es una señal de baja densidad de potencia y de banda ancha que se asemeja al ruido. La señal transmitida resultante, con salto de frecuencia, permanece un corto período de tiempo en cada frecuencia de salto de la banda y no se repite el uso del canal hasta después de un largo período de tiempo;
- Permite alta privacidad de la información transmitida,
- La codificación de la señal proporciona una capacidad de direccionamiento selectiva, lo cual permite que usuarios que utilizan códigos diferentes puedan transmitir simultáneamente en la misma banda de frecuencias con una interferencia admisible;
- Utilización eficaz del espectro, debido a la mayor confiabilidad en la transmisión, en presencia de desvanecimientos selectivos, comparado con los sistemas de banda angosta; y,
- Tiene ganancia de procesamiento.

#### 4) Desventajas de utilizar Espectro Ensanchado

- El método de transmisión de espectro ensanchado conocido como Secuencia Directa (DSSS) presenta un inconveniente que radica en la técnica de modulación utilizada.
- Unos de los principales problemas que resulta de aplicar el método de secuencia directa es el denominado NEAR FAR. Este efecto se presenta cuando el transmisor que está produciendo la interferencia, está más cerca que el transmisor del cual se quiere recibir la señal. Esto provoca que la señal que se recibe desde el transmisor que está interfiriendo en un punto dado sea mayor que la señal recibida del transmisor que envía la señal requerida. El resultado final de este problema es que la detección apropiada de datos no es posible.
- Ante el problema anteriormente expuesto uno de los métodos utilizados para solucionarlo, “por lo menos en parte”, es utilizar los códigos PN pero con la particularidad de que estos sean ortogonales, lo cual complica la técnica de modulación y repercute en un costo elevado de los equipos ya que utilizan técnicas más complejas para tratar de solucionar los problemas de interferencia que se puedan presentar.
- Otra de las técnicas de transmisión mediante espectro ensanchado es el FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), el cual en la actualidad es muy poco utilizado debido a la alta complejidad de sus equipos y a que su velocidad de transmisión está limitada a 1 o 2 Mbps, logrando cubrir una distancia máxima de 3 km. Esto quiere decir que se utilizan equipos aún más complejos que los utilizados en el otro método de transmisión y que dan un rendimiento inferior.
- Otro de los principales problemas que presenta éste método de transmisión, a más del anteriormente expuesto, radica en que los sistemas FHSS están limitados al envío de pequeñas cantidades de datos sobre cada canal por un período de tiempo determinado antes que se salte al siguiente canal de la secuencia. Los equipos FHSS

tienen un tiempo de habilitación de mínimo  $400 \mu\text{seg}$ . Después de cada salto, los equipos deben re-sincronizarse en la nueva portadora antes de reanudar la transmisión de datos, lo cual puede constituir un gran problema en aplicaciones que requieran de continuidad en la transmisión (tiempo real) y altas tasas de transferencia de datos.

- También se podría anotar que otra de las desventajas de FHSS es que es muy difícil obtener una ganancia de procesamiento alta. Mientras más rápidos sean los saltos de frecuencia, mayor es la ganancia de procesamiento, pero mientras mayor es el número de saltos, mayor será el problema que tengan los equipos para re-sincronizarse.
- Existe otro método para onda de radio de espectro extendido, *Spread Spectrum DS/FH* o híbrido que es una combinación de la Secuencia Directa y el Salto de Frecuencia. En este método en cada canal de salto de frecuencia se multiplica un código pseudo aleatorio PN completo con la señal de datos. Como la frecuencia de salto FH y el código PN se acoplan, entonces una dirección es una combinación de un código PN y una frecuencia FH. Las secuencias de saltos de frecuencia se seleccionan de tal manera que dos transmisores con diferentes secuencias de FH compartan más de dos frecuencias al mismo tiempo.
- Otro de los métodos utilizados es el THSS (*Time Hopping Spread Spectrum*), éste método casi nunca es utilizado debido a la complejidad de sus equipos y por la baja eficiencia que presenta. Este método consiste en dividir el tiempo de transmisión de la señal en tramas, y estas a su vez se subdividen en ranuras de tiempo. Los mensajes son transmitidos solamente en una de las ranuras de tiempo de cada trama y estas ranuras de tiempo se escogen mediante un código aleatoria PN. Dentro de la trama los mensajes se modulan con cualquiera de las técnicas conocidas.

- En sí, el principal problema que Espectro Ensanchado presenta tiene que ver con la complejidad de los procesos de modulación, ya que la señal se modula dos veces. Una vez se modula con la técnica de Espectro Ensanchado, teniendo que escoger entre Secuencia Directa, Salto de Frecuencia o un Híbrido, y luego con una de las modulaciones tradicionales ya conocidas.

Una vez estudiados los conceptos básicos de los sistemas de microondas y los sistemas de espectro ensanchado, se puede tomar la decisión de cuál de las dos tecnologías implementar.

La banda de frecuencias en la 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 (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones). 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 está 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).

A finales de Agosto del 2004, se estandarizó la tecnología de punta denominada Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access), bajo el estándar IEEE 802.16 (IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers), que en concepto se refiere a un sistema ADSL (Línea de Suscriptor Digital Asimétrico) inalámbrico móvil. Este sistema toma como bandas las mismas de espectro ensanchado, tecnología que en menos de un año la mayoría de proveedores sacó al mercado, por las facilidades que esta tecnología brinda (Internet Móvil).

Si la solución para una aplicación es implementar un sistema de comunicaciones en la forma de un backbone inalámbrico de frecuencia fija (Radio Enlace), se debe proceder de la forma siguiente para analizar las alternativas para seleccionar el camino más óptimo para los saltos que conformarían un canal.

#### **2.5.10. Técnicas de Estudio para Radio enlaces**

Realizar un adecuado estudio para radioenlaces es un aspecto indispensable para que la calidad de los equipos escogidos y de sus componentes sea la más óptima, sus objetivos son:

- Localización de los sitio de las estaciones
- Exploración dentro de un mapa
- Accesos al sitio de la estación y a la red pública de energía
- Disponibilidad de Espacio
- Reutilización de estaciones ya existentes
- Estudio del Trayecto
- Determinación de alturas de los sitios y de los obstáculos
- Orientación
- Pruebas de Trayecto y Propagación
- Herramientas para el Estudio

Siguiendo este orden de acciones se pueden identificar correctamente las diferentes necesidades para las instalaciones que debe tener el radio enlace.

##### **a. Localización de Sitios**

Para la localización de los sitios apropiados que servirán como estaciones dentro de un sistema de radio enlaces, hay que tomar en cuenta la distancia entre los dos terminales, dependiendo de la tecnología que se va emplear, si existe o no línea de vista entre las estaciones, aspectos topográficos y condiciones de infraestructura. Otra parte corresponde a la preparación de perfiles, el cual es necesario para la determinación de la altura de las antenas y para la predicción del

desempeño y disponibilidad del sistema; lo que influye de manera directa en la determinar de los parámetros en los cuales funcionará el enlace, así como potencia de transmisión, altura de las torres y tamaño de las antenas, lo que puede ser realizado con la ayuda de software especializado como el Radio Mobile.

### **b. Exploración en Mapas**

Para reducir al mínimo el trabajo en el campo, es aconsejable empezar con un estudio cuidadoso del mapa topográfico. La ventaja de realizar un estudio con los mapas es que se puede seleccionar diferentes alternativas para sitios o rutas.

Los mapas más utilizados son los: mapas Topográficos a escala 1:250.000 que permiten localizar la mayoría de puntos de interés como son colinas, montañas, valles, planadas, etc.

Además, existe hitos y puntos de triangulación geodésicos que son lugares exactamente definidos en localización y altitud (colocados por el Instituto Geográfico Militar - IGM) que pueden servir de referencia para la ubicación de los sitios.

Aparte de los mapas, se pueden utilizar herramientas tecnológicas como Google Earth para localizar las estaciones y determinar la distancia entre ellas.

En el caso de que existieran obstáculos a lo largo de la trayectoria, se debe determinar si se logra superar fácilmente estos obstáculos colocando una antena a una altura razonable (normalmente menor a los 100 metros).

### **c. Accesos a Sitios y a la Red Eléctrica**

En el caso de que la altura de las antenas sea razonable, o si uno o más repetidores son requeridos, se debe tomar en cuenta que los sitios se encuentren cerca de caminos y también, si es posible, cerca de áreas pobladas, procurando

tener un fácil acceso a estos sitios y sobre todo tener acceso a la red pública de energía.

Si hay acceso a energía, primero deberá investigarse si esta puede ser utilizada. Desafortunadamente, en la mayoría de países, los cables de energía que se hallan fuera del ámbito urbano son de alto voltaje. En el caso de existir cables con la energía y voltaje correctos o que pueden ser fácilmente transformado, hay que investigar con el proveedor si la fuente es o no confiable, de esta forma se podrá establecer qué tipo de provisiones deberá tomarse en cuenta (UPS, generadores auxiliares, etc.) para evitar dejar sin energía a la estación.

#### **d. Disponibilidad de Espacio**

El tamaño requerido para un determinado sitio deber ser lo suficiente para que permita la construcción de la torre, caseta y lugar para almacenamiento de combustible para los generadores de energía de respaldo. Deberá considerarse la posibilidad de que se requiera algún autosoporte para la torre. Es necesaria también un área plana para parquear vehículos.

La condición del suelo es muy importante, especialmente si se piensa ubicar un repetidor pasivo con torres muy grandes y pesadas. Estas estructuras ejercen grandes fuerzas sobre las bases y si el diseño de los soportes de las torres no está acorde con el tipo de suelo podrían colapsar.

#### **e. Reutilización de Estaciones ya Existentes**

Por ejemplo, utilizar estaciones existentes, viviendas, apartamentos, u oficinas en edificios. Esto suele suceder por lo general en instalaciones que deben hacerse en ciudades y áreas metropolitanas, una aplicación de esto son las radio bases celulares.

#### **f. Estudio del Trayecto o Ruta**

Se refiere al reconocimiento o inspección de las rutas posibles de un enlace de telecomunicaciones.

#### **g. Confirmación de la Línea de Vista (LINE OF SIGHT, LOS)**

En el caso de que no exista LOS a nivel del piso y además no haya torres desde donde se pueda verificar el LOS, se debe buscar un sitio cercano donde existan torres, construcciones o elevaciones naturales que faciliten esta comprobación, siempre y cuando uno no se aparte de la trayectoria seleccionada.

Incluso si existe LOS, no hay que olvidar que no necesariamente significa que existe LOS si el espacio entre los sitios está libre, puesto que hay la posibilidad de que exista fricción del haz de radio con un obstáculo. Para asegurarse que hay LOS real en el enlace, se debe planificar las alturas de las antenas y verificar en el perfil dibujado que la primera zona de Fresnel se encuentre libre.

#### **h. Revisión de Puntos Críticos con respecto a los Obstáculos y Fuentes Reflectoras**

En aquellos casos que la trayectoria indique que existen obstáculos justo debajo de la LOS de un enlace. El tamaño de estos obstáculos tiene que ser sumado al valor que tiene el nivel del piso y a partir de esta elevación se debe calcular la altura de las antenas.

Si el obstáculo está completamente cubierto por arbustos o árboles, la altura de esta vegetación debe ser sumada durante el cálculo de las alturas para todas las frecuencias, sin embargo, si existe árboles o arbustos de forma esparcida con una altura entre 10 y 15 metros, se puede ignorar este tipo de obstáculos para frecuencias menores a 1.5 GHz. Para frecuencias más altas, con esta clase de obstáculos a lo largo de la trayectoria es difícil de determinar si existe o no LOS, en cuyo caso es preferible tomar la decisión de considerar la altura de los árboles, o, cuando sea posible, analizar la posibilidad de talar los mismos.



### **i. Determinación de la Altura de un Obstáculo**

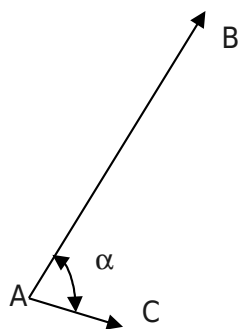
Se empieza indicando que los requerimientos para determinar con mucha o poca exactitud la altura de un obstáculo depende principalmente de la frecuencia que el radio enlace usará. A mayor frecuencia se requiere de más exactitud en las mediciones pues se está trabajando con longitudes de onda más pequeñas.

Si sobre la base de un perfil topográfico existen dudas acerca de la altura de un obstáculo o de un sitio, existen métodos para verificarla realmente en el campo, un ejemplo es la ayuda de un GPS (Global Positioning System – Sistema de Posicionamiento Global).

### **j. Orientación del Enlace**

Además de medir las distancias y alturas, también se tiene que determinar la dirección del enlace con respecto a las coordenadas geográficas. Esto es muy importante dentro del estudio para plantar las torres con una orientación que facilite la alineación de las antenas.

En primera instancia, la orientación de un enlace se puede obtener desde un mapa topológico con una escala adecuada, generalmente se busca un punto conocido (punto de referencia C) cerca de uno de los extremos de la trayectoria (punto A). Entonces es fácil determinar el ángulo de la trayectoria (dirección de A hacia B) con respecto a la línea de referencia.



### *Figura 2.25 Orientación de las Estaciones*

Otro método para obtener la dirección es mediante una brújula. Este instrumento es mucho menos complejo que un teodolito, pero también tiene sus limitaciones en cuanto a la exactitud de las mediciones.

#### **k. Pruebas de Trayecto y de Propagación.**

Se emplea para determinar la existencia y los efectos de los puntos de reflexión, y de allí determinar la altura de las antenas que provea una trayectoria de libre propagación en el espacio.

Hoy en día existe la posibilidad de simular el desempeño de un enlace, en las distintas condiciones atmosféricas, una herramienta para esto es el Software Radio Mobile.

Después de evaluar el área es posible decidir si se instala o no el enlace de radio, o, si las mediciones realizadas predicen que se puede disminuir las anomalías de la propagación.

#### **l. Herramientas**

El listado que se indica a continuación sirve para cubrir la mayoría de tipos de pruebas realizadas durante un Estudio, el mismo variará según las condiciones:

- Medios de Transporte.
- Mapas
- Regla (50 cm)
- Cámara Fotográfica o Video Cámara
- Binoculares

- Brújula
- Altimetro
- GPS
- Flexómetro
- Calculadora
- Teléfonos móviles

### **m. Identificación de los Sitios que conformarán el Backbone**

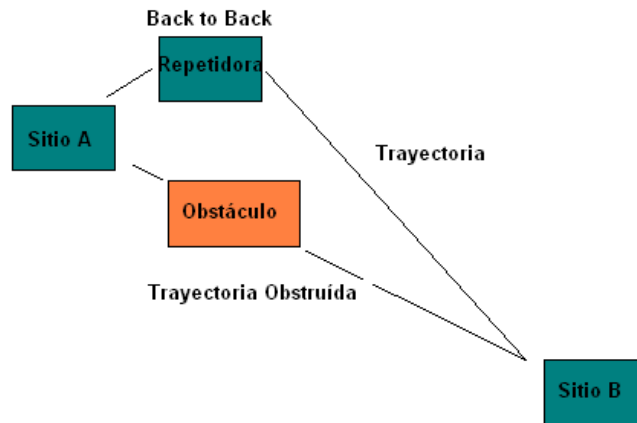
Se refiere a encontrar las coordenadas geográficas de cada uno de los puntos troncales a enlazarse.

Luego se procede a analizar la alternativa de utilizar repetidoras Back to Back y un repetidor activo.

### **n. Alternativa con Repetidoras Back to Back (Espalda a Espalda) y Repetidoras Activas**

Este punto hace referencia a realizar un enlace inalámbrico punto a punto utilizando repetidoras activas y repetidoras back to back. Esto último significa conectar directamente dos antenas en direcciones distintas (espalda a espalda) mediante guía de onda, las mismas que disminuirán el costo del proyecto por cuanto lo único que se necesita son antenas e infraestructura, más no equipos de radio. Esta alternativa se implementará en la medida que lo permitan los objetivos de calidad y rendimiento que recomienda la ITU.

Las repetidoras back to back son utilizadas generalmente para enlazar dos puntos donde no existe línea de vista, y el obstáculo que lo afecta se encuentra relativamente cerca de una de las estaciones finales.



*Figura 2.26 Repetidora Back to Back*

En el caso de que la obstrucción se encuentre alrededor de la mitad de la trayectoria, se recurrirá a la utilización de repetidores activos, los mismos que tendrán una configuración Add - Drop (Añadir - Retirar) propia de algunos equipos microondas, la misma implica utilizar un solo equipo de radio por estación, denominada repetidora activa, apuntando en dos direcciones distintas.

### **2.5.11. Multimedia sobre IP**

El crecimiento y fuerte implantación de las redes IP tanto local como remotas, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz y video, mecanismos de control y establecimiento de prioridades de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permitan la calidad de servicio en redes IP han creado un entorno donde es posible transmitir Multimedia sobre IP (Voz, Video y Datos sobre IP).

Si a todo lo anterior, se le suma el fenómeno Internet, junto con el potencial ahorro económico que este tipo de tecnologías puede llevar acarreado, la conclusión es clara: La transmisión Multimedia sobre IP es un tema "caliente" y estratégico para las empresas.

Es preciso identificar claramente tanto los términos como los elementos que de alguna u otra forma intervienen en los distintos niveles del desarrollo de la convergencia de redes. Términos que posiblemente identifican el camino hacia los servicios de Todo sobre IP.

La telefonía sobre IP abre un espacio muy importante dentro del universo que es Internet. Es la posibilidad de estar comunicados a costos más bajos dentro de las empresas y fuera de ellas.

La conmutación de circuitos está muerta. No será hoy, tampoco mañana, sino dentro de diez años de apabullante tecnología que hará que la conmutación de circuitos asuma su última carrera. En quince años esta será un extraño anacronismo.

En su lugar se colocarán infraestructuras de conmutación de paquetes que puedan manejar voz, datos y video. Siendo IP el transporte escogido para ambos, de hecho voz sobre IP se convertirá en un fenómeno global.

#### **2.5.12. Telefonía IP**

La tecnología IP es un hecho ya que está revolucionando las comunicaciones, ya no está a prueba sino que su utilización es un recurso indispensable. Con esto se pueden incrementar los niveles de calidad en servicio y comunicación interna. En una solución de red formada por telefonía por ejemplo, es importante que su señalización, controles, servicios y aplicaciones se migren a IP y no sólo la voz sino los datos. La incorporación de la telefonía IP está presentando un verdadero cambio de paradigma antes uno se tenía que adaptar a la tecnología y hoy esta tendrá que ajustarse a la dinámica y a las necesidades de las instituciones y usuarios de las mismas.

La telefonía IP debe de tener un impacto muy importante debido a diversos factores, flexibilidad crecimiento a la velocidad que se necesite, en el lugar y el

momento necesarios, teniendo en cuenta la calidad de la transmisión de voz y datos.

Las comunicaciones IP se basan en la convergencia de aplicaciones multimedia habilitadas con arquitecturas que entregan los servicios a través de una sola Red.

Desde un principio la evolución tecnológica aplicada específicamente a las redes de transmisión de datos ha sido muy significativa, lo que implicó una creciente fiabilidad acompañada con una notoria reducción en los costos de las mismas, lo que finalmente se conjugó como Tecnología de Voz sobre IP, usualmente conocido por sus siglas en inglés VoIP (Voice Over Internet Protocol).

Las comunicaciones de telefonía tradicional, aún hoy ampliamente mayoritarias, se realizan a través de la red telefónica pública conmutada (PSTN). En una llamada normal la central telefónica establece una conexión permanente entre ambos interlocutores, la cual se utiliza para llevar las señales de voz, mediante un procedimiento denominado conmutación de circuitos.

Las redes desarrolladas a lo largo de los años utilizadas en la transmisión de conversaciones vocales están basadas en el concepto de conmutación de circuitos, es decir, la realización de una comunicación que habrá de requerir del establecimiento de un circuito físico durante el tiempo que ésta durará, lo que conduce a que los recursos intervinientes en la realización de una llamada no podrán ser empleados en otra hasta que la primera finalice, incluso durante los silencios que se suceden dentro de una conversación típica.

Por el contrario, la telefonía IP no utiliza circuitos para concretar la conversación, sino que envía múltiples conversaciones a través del mismo canal codificadas en paquetes y flujos independientes.

El sistema “empaqueta” las conversaciones transformándolas en bloques de información aptas para ser transmitidas a través de una red de datos. Es decir

que la voz fluye sobre la red como si fuera otro paquete de datos más. De esta manera para el sistema ya no existe una señal de voz sino simplemente un paquete de datos al que deberá tratar con los mismos estándares y procedimientos utilizados habitualmente en Internet.

Cuando se produce un silencio en una conversación, los paquetes de datos de otras conversaciones pueden ser transmitidos por la red logrando de esta manera una mayor optimización de las redes mismas.

#### **a. Protocolos de VoIP**

Como era lógico de esperar, y con sólo observar rápidamente la historia reciente, fueron muchos los integradores de soluciones que surgieron en el mercado para dar respuesta al rápido desarrollo de esta nueva tecnología con diferentes propuestas que, como se preveía, conllevaría a una confusión entre los usuarios pues éstos quedaban atrapados a una marca específica.

En 1987 el VoIP Forum del IMTC (International Multimedia Telecommunications Consortium – Consorcio Internacional de Telecomunicaciones Multimedia), empresa dedicada a la promoción de estándares abiertos y de múltiples medios de comunicación, propuso un estándar que permitió la interconexión de los distintos elementos que pueden integrarse en una red VoIP. Debido a la existencia del estándar H.323 del ITU-T, que cubría la mayor parte de las necesidades para la integración de la voz, se decidió que el H.323 fuera la base de VoIP, a fin de evitar divergencias entre los estándares que ya estaban establecidos y tiene como principal objetivo asegurar la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, fijando aspectos tales como la supresión de silencios, codificación de la voz y direccionamiento.

Estos elementos se refieren básicamente a los servicios de directorio y a la transmisión de señalización por tonos multifrecuencia (DTMF). El VoIP/H.323 es un estándar que norma todos los procedimientos para lograr Sistemas

Audiovisuales y Multimedia, comprende a su vez una serie de estándares y se apoya en una serie de protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación.

1) Direccionamiento:

- **RAS** (Registration, Admission and Status). Protocolo de comunicaciones que permite a una estación H.323 localizar otra estación H.323 a través del Gatekeeper, elemento opcional en la red, pero cuando está presente, todos los demás elementos que contacten dicha red deben hacer uso de este. Su función es la de gestión y control de los recursos de la red, de manera que no se produzcan situaciones de saturación en la misma.
- **DNS** (Domain Name Service). Servicio de resolución de nombres en direcciones IP con el mismo fin que el protocolo RAS pero a través de un servidor DNS.

2) Señalización: oleada

- **Q.931** Señalización inicial de llamada.
- **H.225** Control de llamada: señalización, registro y admisión, y paquetización/sincronización del stream (flujo) de voz.
- **H.245** Protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para streams de voz.
- **Compresión de Voz:**
  - a. Requeridos: G.711 y G.723
  - b. Opcionales: G.728, G.729 y G.722

3) Transmisión de Voz:



- **UDP** (User Datagram Protocol). Protocolo de datagramas de usuario. La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque este no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP (Transport Control Protocol).
- **RTP** (Real Time Protocol). Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

4) Control de la Transmisión:

- **RTCP** (Real Time Control Protocol). Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctoras.

En síntesis, si se dibujan todos estos componentes, el paquete quedaría de la manera representada en la figura.

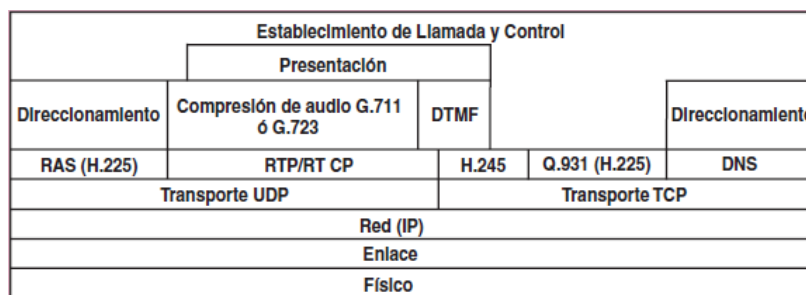


Figura 2.27 Paquete de voz

b. **Proceso de Digitalización de la Voz:**

1) Filtrado

El filtrado de la señal tiene como propósito el delimitar el ancho de banda de la misma. Dicho de otra forma, su propósito es "recortar" el

espectro en frecuencia de la señal analógica. De esta forma se elimina el ruido de alta frecuencia de la señal y se evita el fenómeno conocido como aliasing (efecto que causa que señales continuas distintas se tornen indistinguibles cuando se les muestrea digitalmente).

El filtrado de la señal se realiza mediante filtros analógicos, ya sea con componentes pasivos o activos.

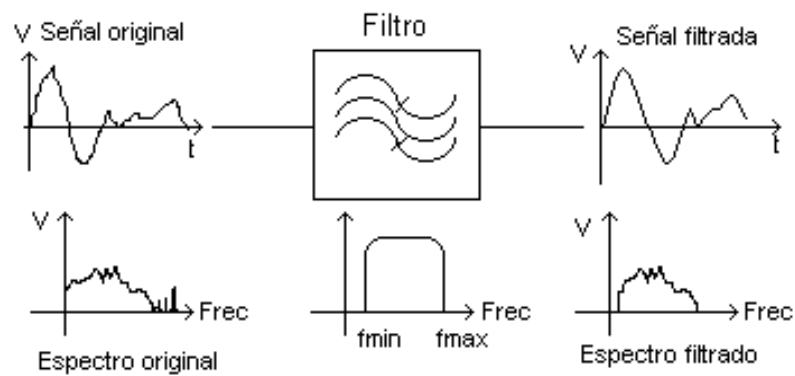


Figura 2.28 Filtrado

## 2) Muestreo

Se toman “muestras” de la señal a intervalos regulares. Estos intervalos deben ser tales que cumplan con el teorema de muestreo: “La mínima frecuencia a la que puede ser muestreada una señal y luego reconstruida es el doble de la frecuencia máxima de dicha señal.”

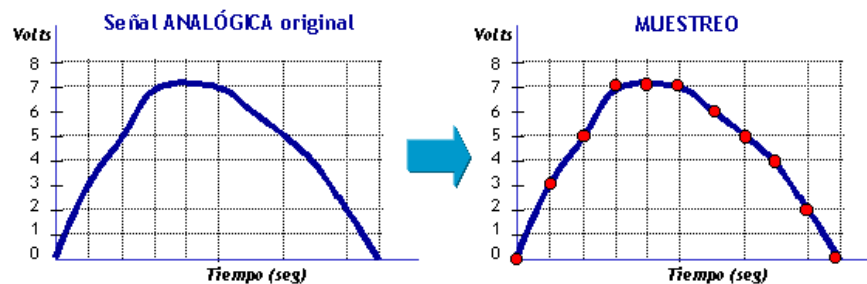


Figura 2.29 Muestreo

## 3) Cuantización

Los valores de las muestras se cuantifican” en cantidades discretas. La cantidad total de valores discretos debe introducir la menor cantidad posible de “ruido de cuantificación”

#### 4) Codificación

Los valores “cuantificados” se “codifican” en números que pueden ser luego transmitidos y procesados digitalmente.

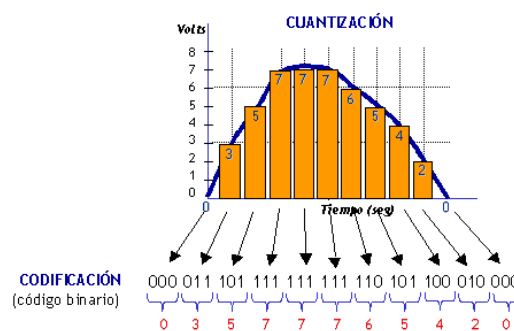


Figura 2.30 Cuantización y Codificación

### 2.5.13. Video sobre IP

Las señales de vídeo tradicionales se basan en tecnología analógica. Para su transporte se requieren costosos circuitos de transmisión; afortunadamente, vivimos ahora en un mundo digital. Gracias a los avances en técnicas de compresión, podemos transportar ahora las señales compuestas de vídeo y audio sobre circuitos de redes típicas de LAN y WAN, e incluso sobre Internet. Vídeo sobre IP o IP Streaming Video son las tecnologías más recientes que permiten que las señales de vídeo sean capturadas, digitalizadas, secuenciadas y administradas sobre redes IP.

El primer paso es la captura del contenido de vídeo; lo cual puede realizarse de diferentes maneras. El contenido es procesado, comprimido, almacenado y editado en un servidor de vídeo. El contenido puede ser “en vivo” (capturado y procesado en tiempo real) o preregistrado y almacenado. Estas transmisiones pueden luego ser enviadas a través de la red a una o varias

estaciones para visualizarse en forma individual o simultáneamente. La estación de visualización requerirá de un hardware o software de visualización o, en algunos casos, de ambos. Las aplicaciones emergentes proporcionan el visualizador y el vídeo sobre Java sin ninguna aplicación especial en la estación terminal.

Las presentaciones de vídeo pueden agruparse en tres categorías: Video Broadcasting, Video on Demand, y Videoconferencia. De las tres, solo la videoconferencia es full duplex, las otras son esencialmente transmisiones unidireccionales. Estas transmisiones de vídeo sobre IP son escalables, costoeficientes y muy flexibles. Estas nuevas herramientas de negocio integran oficinas distintas en una sola empresa y se están expandiendo rápidamente.

#### **a. Video Broadcast sobre IP**

Video broadcast sobre IP es una transmisión unidireccional de red de un archivo con contenido de vídeo. Los puntos terminales son meramente visualizadores pasivos sin control sobre la sesión. Video broadcast puede ser Unicast o Multicast desde el servidor. En una configuración Unicast, el servidor hace un réplica de la transmisión para cada visualizador terminal. En una configuración Multicast, la misma señal es enviada sobre la red como una sola transmisión, pero hacia varios puntos terminales o, simplemente, hacia un grupo de usuarios.

Esta tecnología está siendo implementada en ambientes corporativos como un medio de distribuir capacitación, presentaciones, minutas de reuniones y discursos; también está siendo utilizada por universidades, centros de educación técnica o educación continua, emisoras, proveedores de webcast, solo por nombrar algunos. Hay tres factores para determinar cuánto ancho de banda requerirá esta tecnología: el número de usuarios, su ancho de banda al servidor, y la longitud de la presentación o vídeo. Video broadcast se considera típicamente como una “tubería abierta”.

## **b. Video on Demand (VOD) sobre IP**

Generalmente, VOD permite a un usuario pedir una determinada secuencia de vídeo almacenada en un servidor. Esta tecnología difiere de Video broadcast en que el usuario tiene las opciones de parar, iniciar, adelantar o regresar el vídeo ya que el servicio es interactivo. VOD tiene también otra característica en la que generalmente se acompaña del uso de datos para la visualización y la tarificación de los servicios o tiempo de vídeo. Aunque VOD se puede usar para visualización en tiempo real, generalmente se utiliza para archivos almacenados de vídeo. Esta tecnología se usa para e-learning, capacitación, mercadeo, entretenimiento, broadcasting, y otras áreas donde el usuario final requiere visualizar los archivos con base en su propio itinerario y no en el horario del proveedor de vídeos.

Una aplicación típica de VOD sobre una red IP, contiene los siguientes elementos:

- El Servidor de Vídeo (puede ser un servidor de archivos o un cluster de servidores)
- El Servidor Controlador de Aplicaciones el cual inicia la transmisión (puede estar incluido en un servidor de archivos)
- Un punto terminal con un convertidor para responder a la petición de visualización y control de reproducción
- Software de Administración y/o software de tarificación
- PC o Dispositivo de Red para registrar/convertir los archivos de vídeo.

## **c. Videoconferencia sobre IP**

Videoconferencia (VC) es una combinación de transmisiones full duplex de audio y vídeo los cuales permiten a usuarios ubicados en distintos lugares verse y oírse el uno al otro tal como si estuvieran en una conversación cara a cara. Se utiliza una cámara en cada uno de los puntos terminales para capturar y enviar las señales de vídeo. Se usan micrófonos en cada punto terminal para capturar y transmitir la voz la cual es luego reproducida en altoparlantes. Las comunicaciones son en tiempo real y generalmente no se almacenan.

La primera tecnología de videoconferencia fue introducida en el Mercado por AT&T en 1964. La norma tradicional para comunicaciones es ITU H.320. Esta norma tiene restricciones en los costos de utilización y los usuarios tienen que mantener el equipo dedicado en una sola ubicación. Las nuevas normas liberadas en 1996 (H323) permiten VC basado en IP. Los servicios basados en IP son mucho mejores ya que la conferencia puede iniciarse desde cualquier PC en una red apropiadamente equipada, y las señales viajan sobre la infraestructura y equipo regular de la red, eliminando la necesidad de líneas dedicadas y cargos de utilización.

Estos servicios pueden usarse para diversas aplicaciones incluyendo comunicaciones corporativas, telemedicina, telehealth, capacitación, e-learning, tele-conmutación y servicio a usuarios. La videoconferencia puede ser punto a punto (un usuario a un usuario), o multipunto (varios usuarios participando en la misma sesión). Los usuarios pueden posteriormente ser visualizados en ventanas separadas. La videoconferencia ha también introducido un nuevo concepto en comunicaciones por medio de la colaboración. Un tablero electrónico puede ser incluido en la conferencia permitiendo a los usuarios escribir notas en el mismo tablero y/o visualizar las presentaciones y notas de los otros mientras se conversa.

Un MCU (Multipoint Conference Unit) se mantiene generalmente en una ubicación central. Esta unidad permite que varias alimentaciones de vídeo sean visualizadas simultáneamente. Una caja llamada Gatekeeper se incluye normalmente para conferencias multipunto. Esta caja controla el ancho de banda, direccionamiento, identificación y medidas de seguridad para las conferencias. Aunque el Gatekeeper es generalmente una aplicación de software que reside en una PC separada, los modelos de equipo más reciente tienen esta funcionalidad integrada.

#### **d. Normas para Vídeo sobre IP**

Los requisitos de sistemas abiertos especifican que las comunicaciones deben ocurrir dentro de una estructura predefinida de paquetes IP y que cualquier equipo interactúe con cualquier otro sin importar la marca y de una manera no

propietaria. Los dos principales protocolos de componentes son H.323 y SIP (Session Initiation Protocol). Los cuatro principales componentes – terminales, gateways, gatekeepers, y unidades de control multipunto – están definidos en la norma H.323 y sus adendas. SIP fue desarrollado por la IETF (Internet Engineering Task Force) a mediados de los 90's y es un protocolo de señalización para conferencias en Internet, telefonía, presencia, notificación de eventos y mensajería instantánea. SIP se desarrolló dentro del grupo de trabajo IETF MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control), con trabajos posteriores desde septiembre del 1999 en el grupo de trabajo IETF SIP. Las aplicaciones de vídeo actuales utilizan compresión de vídeo y tecnología de codificación de vídeo para transportar la porción de vídeo con un consumo reducido de ancho de banda atribuible al esquema de compresión. MPEG (Motion Picture Experts Group) es el desarrollador predominante de las normas de compresión para alimentaciones de vídeo, con MPEG-4 como la última tecnología.

#### **e. Videocámaras IP**

Las cámaras IP (también conocidas como cámaras Web o de Red) son videocámaras especialmente diseñadas para enviar las señales (video, y en algunos casos audio) a través de Internet desde un explorador (por ejemplo el Internet Explorer) o a través de concentrador (un HUB o un SWITCH) en una Red Local (LAN). En las cámaras IP pueden integrarse aplicaciones como detección de presencia (incluso el envío de mail si detectan presencia), grabación de imágenes o secuencias en equipos informáticos (tanto en una red local o en una red externa (WAN), de manera que se pueda comprobar el por qué ha saltado la detección de presencia y se graben imágenes de lo sucedido.

La mayoría de cámaras IP disponen de micrófonos de alta sensibilidad incorporados en la propia cámara, con objeto de poder transmitir audio mediante el protocolo de conexión UDP. (Audio y Vídeo nos exigen conexiones con mayor ancho de banda).

Poseen un sistema de Compresión de Imagen que nos sirve para hacer que la información obtenida de la cámara, que es mucha y de gran tamaño, y que si no se comprime adecuadamente es imposible que se envíe por los cables de una red Local (LAN) o de las líneas telefónicas. Al comprimir pretendemos que ocupe lo menos posible, sin que las imágenes enviadas sufran pérdidas en la calidad o en la visualización.

Resumiendo, los sistemas de compresión tienen como objetivo ajustar la Información captada por la cámara a los anchos de banda de los sistemas de transmisión como por ejemplo el ADSL. Los estándares de compresión actuales son el MJPEG y MPEG4, este último es el más reciente y muy potente, y la mayor parte de las cámaras comercializadas lo emplean.

#### f. Compresión de Video

MPEG significa Grupo de Ingeniería de Imágenes en Movimiento. Es una organización que establece estándares basados en la industria que se especializa en compresión y transmisión de audio y video. Posee tres estándares publicados relativos a la compresión del video: MPEG1, MPEG2 y MPEG4. El más reciente, MPEG4, está en su versión 2, y sigue en desarrollo. Los otros dos estándares en los que trabaja MPEG son MPEG7 (para la descripción de contenidos – metadatos) y MPEG21 (el cual define la estructura multimedia) aún no tienen un papel significativo en el mundo de la videoconferencia.

	<b>MPEG1</b>	<b>MPEG2</b>	<b>MPEG4</b>
Tamaño típico de imagen	352x240(perfil estándar)	720x480(perfil principal @máximo nivel)	720x480 (perfil principal, L2)
Ancho de banda típico	1.5Mbps	5Mbps	2Mbps
Ancho de banda máximo	2.5Mbps	15Mbps	4Mbps



### *Tabla 2.5 Formatos MPEG*

MPEG1 es el estándar más antiguo diseñado para comprimir 30 minutos de audio y video en un CD. Es relativamente fácil de comprimir y descomprimir, pero por el número de bits, no proporciona una amplia calidad de audio y video. Típicamente el ancho de banda es de 1 a 1.5 Mbps. Debido a que la compresión H.263, la más empleada en los sistemas H.323, produce una mejor calidad de imagen con cerca de la misma cantidad de procesamiento y menos bits transmitidos, MPEG1 no es un contendiente de peso para los sistemas de videoconferencia.

El estándar MPEG2 incluye un esquema de compresión ampliamente usado (y de manera un tanto confusa también incluye un mecanismo de transporte). Hay un cierto número de productos que usan este formato produciendo imágenes de calidad considerable (cercana a las transmisiones de televisión). Mientras era desarrollado para aplicaciones en televisión, los fabricantes encontraron que usando un estándar para la definición del video y tarjetas de rápida codificación y decodificación las latencias presentes permitían la aplicación en ambientes interactivos. MPEG2 es un estándar muy complejo que incluye muchas variaciones en resolución y formatos (18 en total) que extienden de la definición estándar de televisión hacia las especificaciones de la televisión de alta definición (HDTV). Su forma de codificación se usa ampliamente en productos de consumo, como reproductores DVD, receptores de televisión satelital y receptores de televisión por cable.

MPEG4 es un estándar (1999) que incluye un codificador de video que es más moderno del empleado en MPEG2. Al igual que MPEG2, tiene un amplio rango de perfiles que van desde anchos de banda reducidos para transmisiones inalámbricas hasta anchos de banda más amplios para edición e intercambio de video. Mientras que este estándar incluye muchos otros componentes multimedia, la tecnología de compresión apenas está empezando a aparecer en productos de video. Para los anchos de banda y resoluciones reducidos puede reemplazar fácilmente a MPEG2 y por la misma cantidad de bits por segundo una mejor

imagen (o por menos bits la misma calidad). Esto puede no ocurrir tan rápido como se desearía en el ámbito de la televisión dado que hay ya demasiados decodificadores y reproductores de DVD en las casas. MPEG4 requiere mayor capacidad de procesamiento que MPEG2 o MPEG1 para codificar y decodificar, pero aún con procesadores más rápidos parece no resolver el problema de la interacción en tiempo real. De igual forma que los otros esquemas de compresión MPEG, fue desarrollado para aplicaciones donde la latencia no es un problema, como la televisión al aire o vía satélite, a diferencia de la videoconferencia. Por otro lado, el nuevo codec de la serie H, H.264, que también se le conoce como MPEG-10, promete ser un estándar más robusto para ambas aplicaciones del video. La extensión del estándar, la inclusión de componentes no de video y su flexibilidad ante la degradación de la calidad en función de las condiciones de la red, hacen de este estándar el candidato promisorio para las aplicaciones futuras en videoconferencia.

## **2.6. Hipótesis**

El diseño de la red Inalámbrica privada con tecnología IP facilitará el servicio de comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales.

## **2.7. Señalamiento de Variables**

Variable Independiente: Red Inalámbrica Privada con tecnología IP.

Variable Dependiente: Comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Enfoque**

La investigación tuvo un enfoque cualitativo que ayudó a determinar los efectos y consecuencias del problema. Cuantitativamente sirvió de guía el manejo estadístico para determinar el grado de ausencia de desarrollo tecnológico de las zonas rurales de Ambato.

#### **3.2. Modalidad Básica de la Investigación**

Se utilizó la investigación Bibliográfica o Documental llegando a fuentes secundarias como información primordial en libros, revistas y otras relacionadas con el tema de estudio lo cual se empleó para estructurar el Marco Teórico Conceptual que sustenta y apoya a la investigación.

Se manejó también la modalidad de campo, ya que se visitó a las parroquias rurales y al Municipio de Ambato, para conocer su situación y realidad.

### **3.3. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se eligió es la experimental ya que permite manipular las variables y así proponer soluciones viables en el campo de las telecomunicaciones y su vinculación con la educación en los lugares más desfavorecidos.

Con el nivel descriptivo se pueden reconocer las características de la realidad de las parroquias rurales de Ambato y su deficiencia en cuanto al acceso a tecnologías de intercambio de información. Las razones por las que estos sitios no han tenido ese acercamiento son: la distancia existente entre éstas y la parte urbana de la ciudad, la carencia de gestión de las autoridades y además la poca inversión de recursos económicos o tecnológicos.

Todo esto trae como consecuencias, durante ya varias generaciones, la exclusión social, económica, educativa y tecnológica de estos lugares. Además el retraso y pérdida de tiempo y recursos por la falta de un sistema eficiente de comunicaciones de la parte urbana (Municipio) con la parte rural, por lo que se ha generado una gran brecha en lo que se refiere al manejo de información entre estas dos. También existe desconfianza en la población por la gestión realizada por las autoridades de turno.

### **3.4. Población y Muestra**

La población y muestra constituye el personal que labora en el Departamento de Sistemas del Ilustre Municipio de Ambato.

### 3.5. Operacionalización de Variables

#### 3.5.1. Operacionalización de la Variable Independiente

<b>Hipótesis:</b> El diseño de la red Inalámbrica privada con tecnología IP facilitará el servicio de comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales.				
<b>Variable Independiente:</b> Red Inalámbrica Privada con tecnología IP.				
Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Índices	Ítems
Una red inalámbrica privada es un conjunto de Puntos de Acceso (PA) y clientes que se interconectan entre sí, a través de enlaces de radio, para brindar varios servicios de comunicaciones.	Redes Inalámbricas	Tipos de Redes Inalámbricas	WWAN WMAN WLAN WPAN	
		Red de Telecomunicaciones	Red Pública (Internet)  Red Privada VPN	¿Qué tipo de comunicación necesita tener el Municipio de Ambato con sus parroquias rurales?

		Tecnologías Inalámbricas	Bluetooth Infrarrojo Wi Fi Wimax GSM, GPRS,UMTS	
		Seguridad en Redes Inalámbricas	Amenazas Autenticación Privacidad Monitoreo	¿Qué medidas de seguridad se pueden configurar en la red?
	Tecnología IP	Datos Voz sobre IP Video sobre IP	Internet Inalámbrico  Telefonía IP  Videoconferencia	¿Qué contenidos multimedia puede implementarse en la red?

Tabla 3.1 Operacionalización de la Variable Independiente

### 3.5.2. Operacionalización de la Variable Dependiente

<b>Hipótesis:</b> El diseño de la red Inalámbrica privada con tecnología IP facilitará el servicio de comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales.				
<b>Variable Dependiente:</b> Comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales.				
Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Índices	Ítems
Los servicios de comunicaciones son aquellos que permiten la transmisión de información y la comunicación entre dos o más puntos muy lejanos entre sí, por medio de señales, escritos, imágenes, sonidos	Servicios y Aplicaciones	Tecnologías de la Información y la Comunicación	Internet	¿Qué tipo de servicios cree Ud. que se deben implementar en la red?
			Videoconferencia	
			VoIP	¿Cree Ud. en la eficacia del aprendizaje a distancia por medio de herramientas informáticas?
			Chat	

y cualquier tipo de datos, a través de cable, radio, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.			Centros de Capacitación	¿Posee el Municipio de Ambato personal calificado para administrar la red?
	Enlaces de Radio	Tecnologías de Enlace de radio	Radioenlace por Microondas Radioenlace por Espectro Ensanchado	¿Qué tecnología de enlace debería utilizarse para implementar la red?
		Técnicas de estudio para radioenlaces	Determinación de sitios Exploración con mapas Estudio de trayecto Pruebas de trayecto	

*Tabla 3.2 Operacionalización de la Variable Dependiente*

### 3.6. Técnicas e Instrumentos

Una de las técnicas que se usó es la encuesta, la cual se realizó el 30 de mayo del 2010 en las oficinas del Departamento de Informática del Municipio de Ambato, para recabar información sobre la actual situación de las comunicaciones entre esta institución y los sectores rurales y las necesidades que estas poseen.

### 3.7. Plan de Recolección de Información

<b>Preguntas Básicas</b>	<b>Explicación</b>
Para qué?	Para conseguir los objetivos de la investigación
De quiénes?	Personal que labora en el Departamento de Informática del Municipio de Ambato
Sobre qué?	Constelación de ideas de las variables

Quién?	Investigador: Francisco Vásquez
Cuándo?	30 de Mayo del 2010
Dónde?	Municipio de Ambato
Cuántas veces?	Una vez
Qué técnica de recolección?	Encuesta
Con qué?	Cuestionario

*Tabla 3.3 Recolección de Información*

### **3.8. Plan para el Procesamiento de Información**

- Revisión crítica de la información recogida, es decir limpieza de información defectuosa, contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- Repetición de la recolección, en ciertos casos individuales, para corregir fallas de contestación.
- Tabulación o cuadros según las variables de cada objetivo específico.
- Manejo de información.
- Estudio estadístico de datos para la interpretación de resultados.



## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **Antecedentes**

El siguiente análisis, corresponde a los resultados obtenidos de una encuesta realizada a seis profesionales que laboran en el Departamento de Informática del Ilustre Municipio de Ambato, los mismos que brindaron total apertura y colaboración (Ver Anexo) para contestar las preguntas y proporcionar información referente a la situación actual de sus equipos de comunicaciones.

#### **4.1. Encuesta**

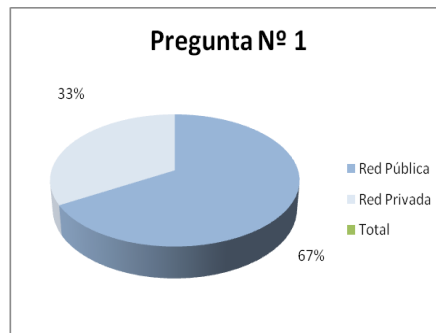
**Dirigida a:** Trabajadores del Departamento de Informática del Municipio de Ambato.

Los resultados de las Encuestas al personal del Departamento de Informática del Municipio de Ambato, fueron los siguientes: (los números en paréntesis indican el número de personas que escogieron la opción como respuesta).

1.- Qué tipo de comunicación necesita tener el Municipio de Ambato con sus parroquias rurales?

a. Red Privada\_\_\_ 66,67% (4)

b. Red Pública\_\_\_ 33,33% (2)



*Figura 4.1 Resultados Pregunta No. 1 de la Encuesta*

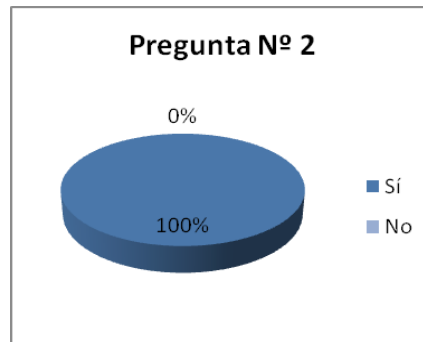
De la primera pregunta podemos decir que la mayoría coinciden en que la red debería tener el carácter de privada con una aprobación del 66,67%, mientras que el 33,33% opinan que la red debe tener un carácter público.

Con las redes privadas además de conseguir una intercomunicación y conexión de oficinas de una misma empresa, se puede detallar de forma específica, el nivel de seguridad que esta requiera y se tiene el control total de los recursos, de la administración (anchos de banda y topología de la red), manipulación y entrega de la información.

2.- Cree Ud. que el diseño de una red inalámbrica privada para comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales facilitará el acceso a tecnologías de la información?

a. Sí\_\_ 100% (6)

b. No\_\_ 0% (0)



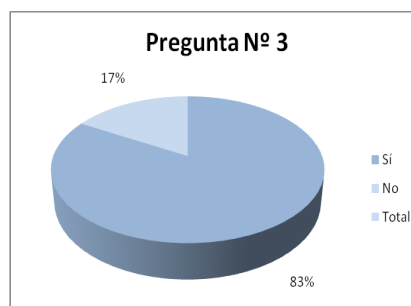
*Figura 4.2 Resultados de la Pregunta No.2 de la Encuesta*

En la segunda pregunta todos los encuestados creen que el diseño de la red facilitará el acceso a las tecnologías de la información y la comunicación, lo que ayuda a comprobar la confianza que tiene la gente en los sistemas de telecomunicaciones y sus aplicaciones.

3.- Cree Ud. en la eficacia del aprendizaje a distancia por medio de herramientas informáticas?

a. Sí\_\_ 83,33% (5)

b. No\_\_ 16,67% (1)



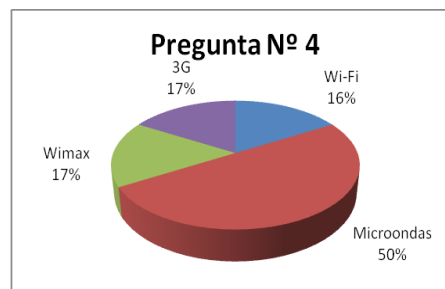
*Figura 4.3 Resultados de la Pregunta No.3 de la Encuesta*

En la tercera pregunta solamente una persona no confía en la eficacia del aprendizaje a distancia, mediante herramientas tecnológicas.

En la actualidad nos encontramos en una especie de adolescencia tecnológica. Es una fase difícil ya que, durante este proceso de transición hacia técnicas digitales más eficaces, a un pequeño porcentaje de la población le cuesta desprenderse de los métodos tradicionales (basados en el papel) de realizar las tareas.

4.- Qué tecnología de enlace inalámbrico de Banda Ancha, cree Ud. que es la mejor para implementar la red?

- a. Wi-Fi\_\_\_\_\_ 16,67% (1)
- b. Microondas\_\_\_ 50% (3)
- c. 3G\_\_\_\_\_ 16,67% (1)
- d. Wimax\_\_\_\_\_ 16,67% (1)



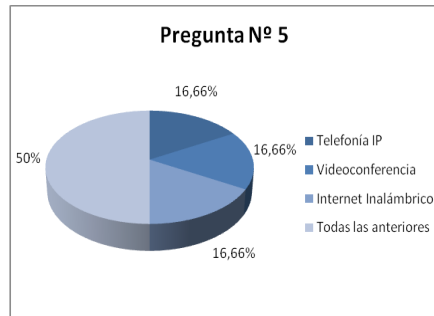
*Figura 4.4 Resultados de la Pregunta No.4 de la Encuesta*

En la cuarta, de las tres tecnologías más populares existentes, un enlace inalámbrico de radiofrecuencia por microondas, es la opción más clara para el diseño de la Red y de los servicios que esta puede ofrecer, además de la distancia que puede abarcar esta tecnología.

5.- Qué servicios cree Ud. que se utilizarán más en esta red?

- a. Telefonía IP\_\_\_\_\_16,67% (1)
- b. Videoconferencia\_\_\_16,66% (1)
- c. Internet Inalámbrico\_50,00% (3)

d. Correo Electrónico\_\_16,66% (1)



*Figura 4.5 Resultados de la Pregunta No.5 de la Encuesta*

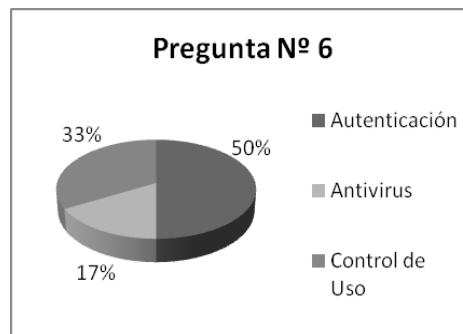
En la quinta pregunta la mayoría piensa que se debería aprovechar al máximo, implementando Internet Inalámbrico, Telefonía IP y Videoconferencia.

6.- Qué medidas de seguridad se pueden configurar en la red?

a. Autenticación\_\_\_\_\_50% (3)

b. Antivirus\_\_\_\_\_16,66% (1)

c. Control de Uso\_\_\_\_\_33,33%(2)



*Figura 4.6 Resultados de la Pregunta No.6 de la Encuesta*

En cuanto a la seguridad de red, en el planteamiento de la sexta pregunta, la Autenticación es la prioritaria con un 50%, seguida del control del uso que también es muy importante con un 33%, dejando en tercer lugar a la protección con antivirus con 17%.

Con la proliferación del uso de equipos portátiles con capacidades inalámbricas, cada vez es mayor la demanda de conexiones a wireless access points, por lo que es preciso comprender que en las redes sin cable la información

se transmite por medio de ondas de radio frecuencia y, esta, está en el aire y es imposible impedir que sea observada y/o capturada por cualquiera que esté cerca, lo que les convierte a las redes inalámbricas en vulnerables, de ahí el interés por tener un control de acceso a la red.

7.- Qué beneficios traerá la implementación de esta red?

- a. Tener un sistema de comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales\_\_\_\_\_25%(2)
- b. Mejorar el desarrollo socio-económico de las zonas rurales\_\_\_\_\_12,5%(1)
- c. Elevar la calidad de vida de las personas que habitan en estas\_\_\_\_\_12,5%(1)
- d. Todas las Anteriores\_\_\_\_\_50%(4)

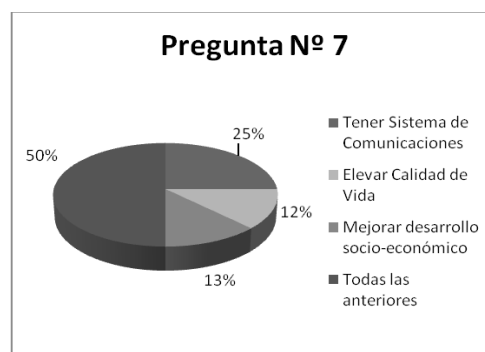
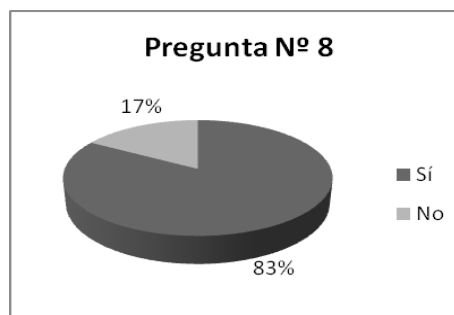


Figura 4.7 Resultados de la Pregunta No. 7 de la Encuesta

En la séptima pregunta la mitad de los encuestados piensa que son varios los beneficios de esta red ya que no solamente será el tener un sistema de comunicaciones entre el Municipio de Ambato y las parroquias rurales sino también, brindar a esas poblaciones herramientas tecnológicas poderosas que ayuden al desarrollo socio-económico y que eleven la calidad de vida de estas, y así lo dice el resultado de esta encuesta al ser elegida mayoritariamente la opción de todas las anteriores.

8.- Posee el Municipio de Ambato personal calificado para administrar la red?

- a. Si\_\_83,33%(5)
- b. No\_\_16,66%(1)



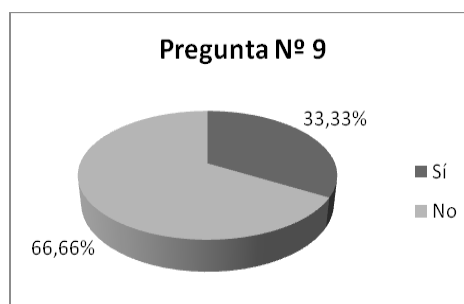
*Figura 4.8 Resultados de la Pregunta No.8 de la Encuesta*

Los resultados en la octava pregunta nos indican con un 83% que el Municipio de Ambato Si dispone de personal calificado para administrar la red.

9.- Considera Ud. que el Municipio de Ambato dispone del presupuesto necesario para implementar esta red?

a. Sí\_\_33,33%(2)

b. No\_\_66,66%(4)



*Figura 4.9 Resultados de la Pregunta No.9 de la Encuesta*

En la novena pregunta si bien es cierto casi todos coinciden en que el Municipio carece de presupuesto en estos momentos, la verdad es que las personas encuestadas supieron manifestar que para el próximo año el presente proyecto podría ser incluido en el nuevo presupuesto.

## **4.2. Verificación de la Hipótesis**

### **4.2.1. Modelo Estadístico**

### a. Prueba de Hipótesis (Chi-cuadrado)

H<sub>0</sub>: El diseño de una red inalámbrica privada con tecnología IP no facilita el servicio de comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales.

H<sub>1</sub>: El diseño de una red inalámbrica privada con tecnología IP facilita el servicio de comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales.

Simbología:

H<sub>0</sub>: Hipótesis Nula

H<sub>1</sub>: Hipótesis Alternativa

X<sub>2</sub>: Chi cuadrado

X<sub>2t</sub>: Chi cuadrado calculado

α: alfa

GL: Grados de libertad

C: número de hileras en la tabla

H: número de columnas en la tabla

fo: frecuencia observada

fe: frecuencia esperada

nc: número de datos por fila

nh: número de datos por columna

n: número total de datos

$$X_2 = \sum \left( \frac{(fo - fe)^2}{fe} \right)$$

$$GL = (C-1) (H-1) = (5-1) (2-1) = 4$$



VARIABLES	SI	NO	TOTAL
Tipo de Comunicación	4	2	6
Acceso a las TIC's	6	0	6
Aprendizaje a distancia	5	1	6
Posee Personal	5	1	6
Posee Presupuesto	2	4	6
<b>TOTAL</b>	22	8	30

Tabla 4.1 Tabla de resultados

#	Frecuencia observada(fo)	Frecuencia esperada(fe)	(fo-fe)	(fo-fe) <sup>2</sup>	((fo-fe) <sup>2</sup> /fe)
1	4	4,4	0,4	0,16	0,036
2	6	4,4	1,6	2,56	0,582
3	5	4,4	0,6	0,36	0,082
4	5	4,4	0,6	0,36	0,082
5	2	4,4	-2,4	5,76	1,31
6	2	1,6	0,4	0,16	0,1
7	0	1,6	-1,6	2,56	1,6
8	1	1,6	-0,6	0,36	0,23
9	1	1,6	-0,6	0,36	0,23
10	4	1,6	2,4	5,76	3,6
<b>TOTAL</b>					7,852

Tabla 4.2 Tabla de frecuencias

$$X_2 = \sum \left( \frac{(fo - fe)^2}{fe} \right) = 7,852$$

Según la tabla de distribución chi-cuadrado (Ver Anexo) para un grado de libertad 4 y un valor de  $1 - \alpha = 0,95$ ;  $X_{2t} = 0,7107$

Como  $X_{2t} < X_2$  se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , y se acepta la hipótesis alternativa, por lo tanto es imprescindible realizar un diseño de red para interconectar al Municipio de Ambato con las 18 juntas parroquiales.

### 1) Gráfico

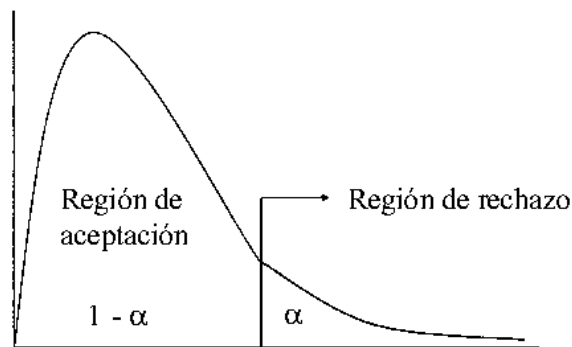


Figura 4.10 Gráfico de la distribución

## 4.2. Situación Actual

A continuación se detalla la Situación Actual de Ambato y sus 18 parroquias rurales:

### 4.2.1. Ambato

#### a. Generalidades

La ciudad de Ambato capital de provincia de Tungurahua se encuentra ubicada dentro del cantón del mismo nombre, el cual es atravesado por la Cordillera Occidental. Está en una hondonada formada por seis mesetas: Píllaro, Quisapincha, Tisaleo, Quero, Huambaló y Cotaló, ubicada a  $78^{\circ} 37'11''$  de longitud con relación al Meridiano de Greenwich y a  $1^{\circ} 13'28''$  de latitud sur con relación a la Línea Equinoccial, a 2577 metros sobre el nivel del mar.

#### b. División Política

Posee 1200 Km<sup>2</sup> de superficie con una población cercana a los 344.320 habitantes, constituido por 9 parroquias urbanas: Atocha – Ficoa, Celiano Monge, Huachi Chico, Huachi Loreto, La Matriz, La Merced, La Península, Pishilata y

San Fernando; y con 18 parroquias rurales: Ambatillo, Atahualpa, Constantino Fernández, Cunchibamba, Huachi Grande, Izamba, Juan Benigno Vela, A. N. Martínez, Montalvo, Pasa, Picaihua, Pilahuín, Quisapincha, San Bartolomé de Pinillo, San Fernando, Santa Rosa, Totoras y Unamuncho.

### c. **Clima**

La ciudad tiene un clima ecuatorial mesotérmico con temperaturas de 12 a 20 °C, la humedad relativa tiene valores comprendidos entre el 65 y el 85%, en esta zona en promedio se tiene intensidades de lluvia de 110 mm/h y precipitaciones de 200 mm.

### d. **Relieve y Altitud**

El relieve en su mayor parte es montañoso, muestra de ello son las 300 elevaciones que se encuentran registradas con nombres en idioma quechua y español, por ejemplo: Carihuayrazo (5.020 m. de altitud), Tungurahua (5.016 m. de altitud), Casahuala (4.545 m. de altitud), Pilishurco o Sagatoa (4.153 m. de altitud), Llimpes (3.732 m. de altitud), Puñalica (3.996 m. de altitud), etc.

Debido a la topografía del terreno, en el caso de optar por una solución inalámbrica, en la cual su trayectoria no es en línea recta debido a la superficie curva de la tierra, produciéndose una inclinación del haz de ondas, el cual depende del índice de refracción (n) y este a su vez depende de variaciones de altura, presión, temperatura y humedad de la troposfera en la cual se da la propagación, todos estos factores se relacionan al Factor de Abultamiento K , el cual para este trabajo se tomará un valor de  $K = 4/3$ , considerando que la atmósfera que rodea a esta zona es estándar.

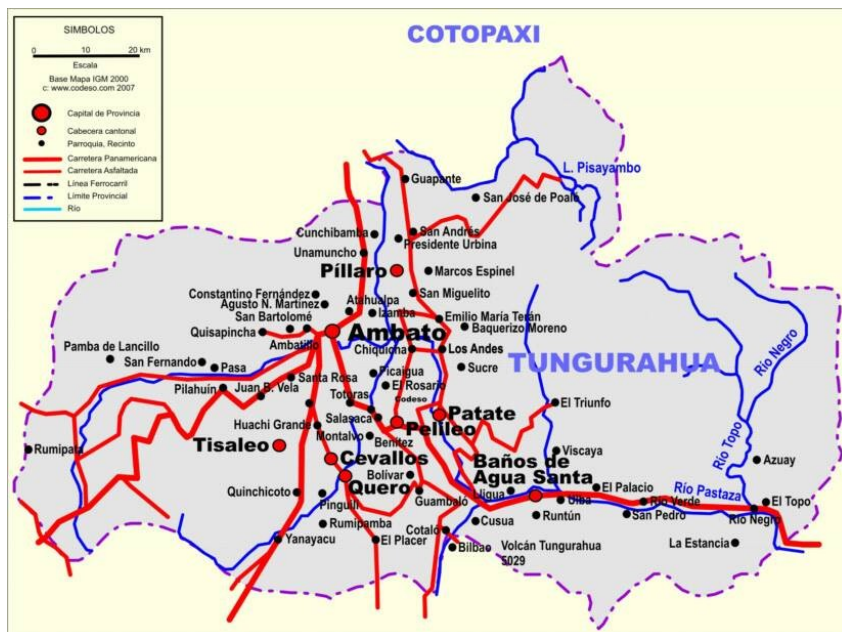


Figura 4.11 Mapa de Tungurahua

#### 4.2.2. Ilustre Municipalidad de Ambato



Figura 4.12 Ilustre Municipio de Ambato

**a. Visión**

*Será el mejor gobierno local del país; ejemplo de equidad, honestidad, trabajo y eficiencia; líder del desarrollo integral de la comunidad ambateña; pionero en la institucionalización de valores; y, generador de condiciones para elevar la competitividad.*

**b. Misión**

*Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad del Cantón Ambato, mediante la prestación eficiente de servicios municipales, actuando como institución planificadora, reguladora y facilitadora del desarrollo integral, con el valioso aporte de su recurso humano e involucrando a los actores sociales en la gestión municipal.*

ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DE LA MUNICIPALIDAD DE AMBATO

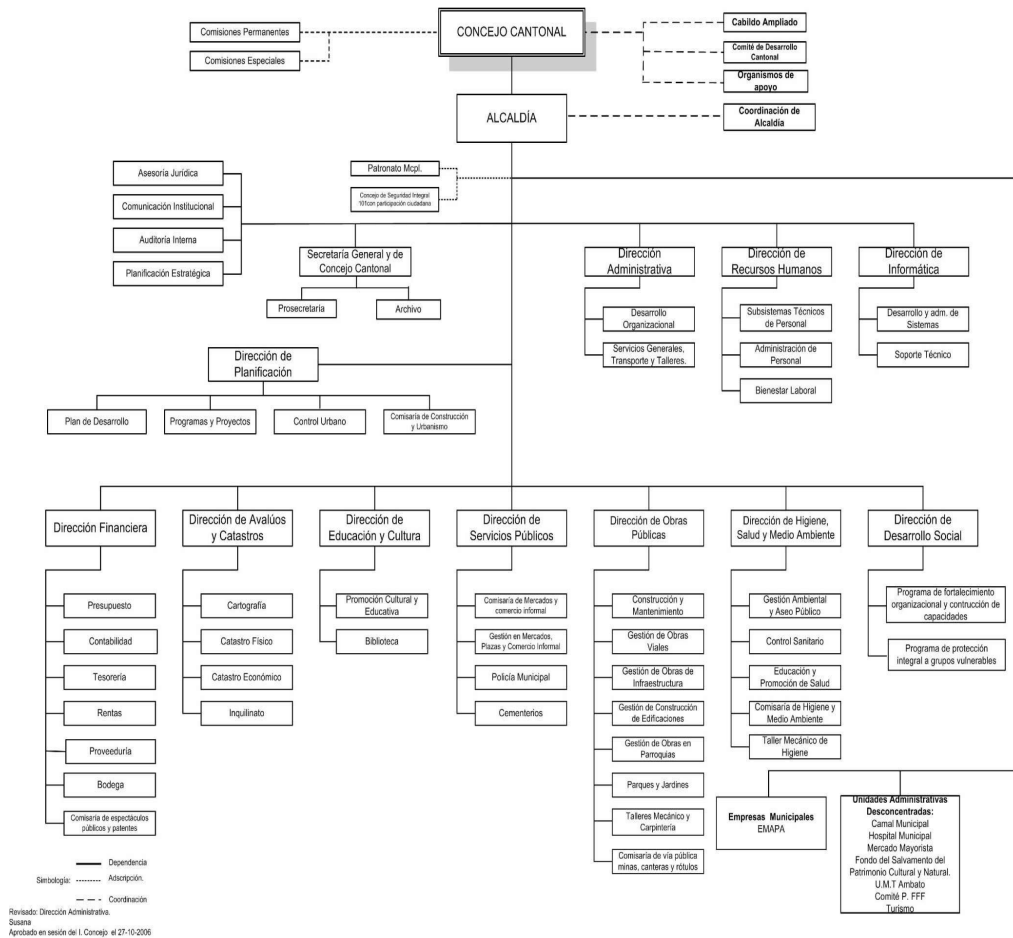


Figura 4.13 Organigrama Estructural del Municipio de Ambato

### c. Infraestructura Tecnológica de la Municipalidad de Ambato

#### Comunicaciones

Actualmente la Dirección de Informática del Municipio de Ambato no cuenta con sistemas para comunicarse con las parroquias rurales. La infraestructura tecnológica que dispone actualmente el municipio es la siguiente:

- Cableado estructurado de redes para voz y datos en todas las Dependencias.
- Red inalámbrica de comunicaciones en los edificios donde se encuentran los Departamentos Municipales.

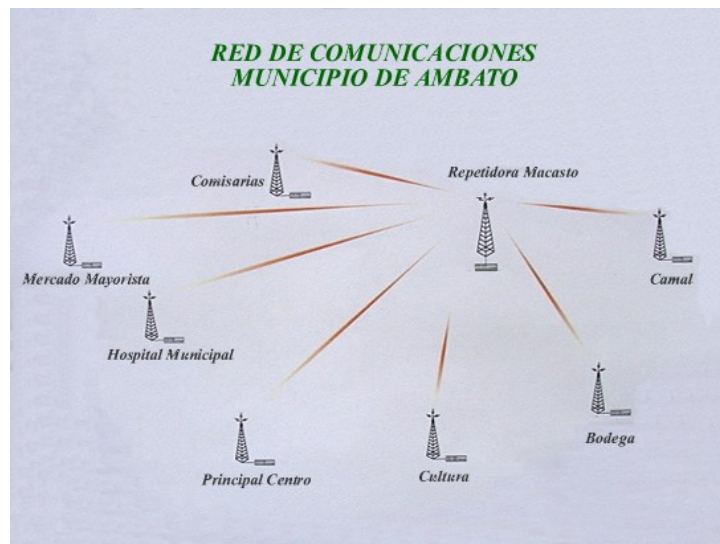


Figura 4.14 Red inalámbrica de Comunicaciones entre Departamentos Municipales

#### Hardware

5 Servidores: De dominio y aplicaciones:

- De base de datos
- De correo electrónico
- De pruebas y desarrollo
- De respaldo de base de datos

- De conexión externa e Internet.

Sistema Georeferenciado: Posicionadores geográficos móviles

-Estación total

-Plotter a color para impresión de mapas

Estaciones de trabajo: 160 estaciones con licencias de software

- 20 estaciones de impresión láser

- 8 estaciones de impresión matricial

- 3 scanners de alta velocidad para documentación

### **Software**

Bases de datos.

- Oracle versión 9i: Se almacena la información a la que tienen acceso los usuarios a través de los siguientes sistemas: Cabildo, SIGEF, G.I.S. y Reportes.

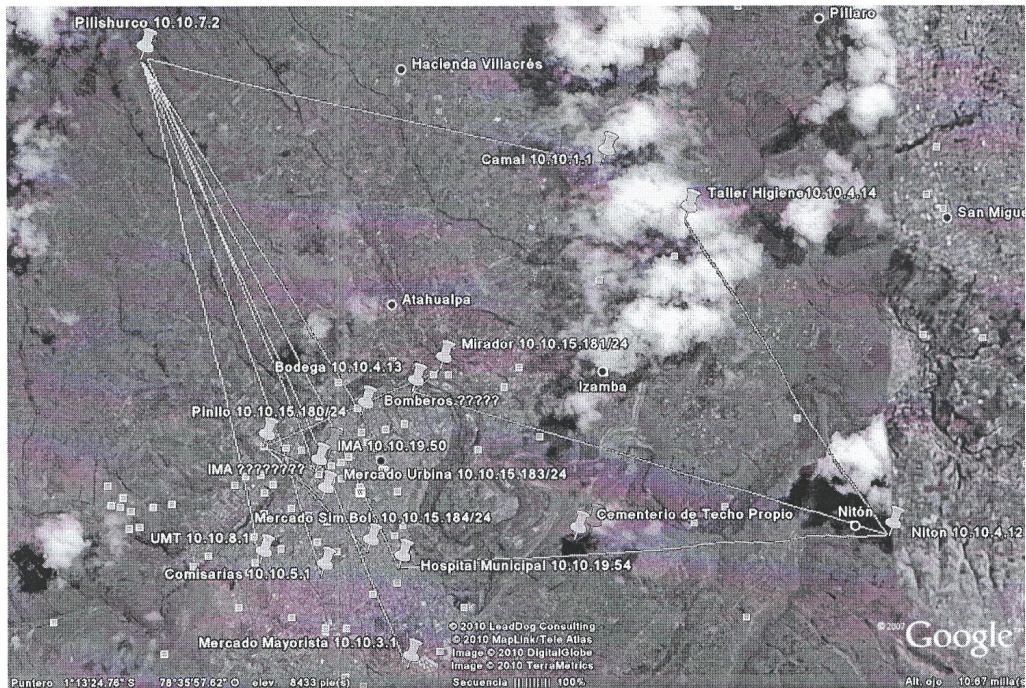
Sistema georeferenciado. Con los siguientes programas: Arcmap y Arcview.

Sistema Integrado de Gestión Municipal Cabildo.- Comprende el manejo de información en los Departamentos de Avalúos y Catastros, Financiero, Obras Públicas y Planificación en lo referente a predio urbano, predio rústico, impuestos municipales, control de obras y, zonificación y planificación.

Sistema integrado de gestión financiera SIGEF.- Para el manejo de información contable, presupuestos y nómina del I. Municipio de Ambato.

Correo Electrónico y Sitio Web. En el primer caso permite una comunicación ágil y eficaz entre funcionarios internos y usuarios externos. En el

segundo caso a través del sitio Web se publica la información general de las actividades municipales.



*Figura 4.15 Actual Red Inalámbrica de Comunicaciones del Municipio de Ambato*

### 4.2.3. Parroquias Rurales del Cantón Ambato

#### a. Ambatillo

Fue elevada a parroquia civil en Octubre de 1954. Localizada a 2700 m.s.n.m, tiene 4,212 habitantes con una extensión de 13 Km<sup>2</sup>. De clima algo frío, sus productos principales son trigo, maíz, cebada, arveja, habas, patatas, mellocos, mortiños y pequeños arbustos.

La población además de las labores agrícolas, se dedica a labores artesanales como la zapatería, sastrería y carpintería.



## DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO – CENSALES

### AL ESTE:

Desde la cumbre de la Loma Chachasug, la línea imaginaria ligeramente al Sur-Este a las nacientes de la Quebrada Seca; de estos orígenes, la Quebrada Seca, aguas abajo, que luego toma el nombre de Quebrada Cuzumbi, hasta su unión con el extremo Sur de la Acequia Jauregui; de esta unión, la línea imaginaria ligeramente al Sur-Oeste, hasta alcanzar el cruce de la Vía Ambatillo-Ambato con la Quebrada Verdugo; de este cruce, la Vía Ambatillo-Ambato hacia el Sur en dirección hacia Ambato, hasta su empalme con la Vía transversal Ambato-Quisapincha; de este empalme, la Vía indicada hacia el Sur, hasta la bifurcación de la Vía Ambato-Quisapincha y Ambato-Quebrada Quillalli; de esta bifurcación, la línea longitudinal hacia el Sur, hasta alcanzar el curso de la Quebrada Quillalli, a la altura latitudinal de Ficoa El Sueño.

### AL SUR Y AL OESTE

La Quebrada Quillalli, aguas arriba, hasta sus orígenes; de estos orígenes, la línea imaginaria hacia el Norte hasta alcanzar la cumbre de la Loma Chachasug.

Junta Parroquial:

Presidente: Juan Pablo Brito

Ubicación: Barrio Centro

Teléfono: 032470129

Recursos: Un computador sin acceso a Internet



*Figura 4.16 Junta Parroquial de Ambatillo*

**b. Atahualpa**

Fue fundada el 11 de Enero de 1940. Como parroquia eclesiástica se inició el 17 de Febrero de 1952. De clima templado y terrenos fértiles para la agricultura y fruticultura. Tiene algo más de 7344 habitantes y una extensión de 14 Km<sup>2</sup>.

**DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO – CENSALES**

**AL NORTE**

Desde el cruce del Camino Real o Camino del Rey con la Quebrada Patulata, la Quebrada Patulata, aguas abajo, hasta cruzar con la Panamericana Sur, tramo Ambato-Salcedo.

#### AL ESTE

Desde el cruce, la Panamericana Sur en dirección a la Ciudad de Ambato, hasta el cruce con la Quebrada Rumihuaico; la Quebrada Rumihuaico, aguas abajo, que luego toma el nombre de Quebrada la Victoria, hasta su afluencia con el Río Ambato.

#### AL SUR

Desde esta afluencia, el Río Ambato, aguas arriba, hasta cruce con la Vía antigua Ambato-Quito y la línea férrea.

#### AL OESTE

Desde este cruce, la línea imaginaria hacia el Norte, hasta el cruce de la Vía Atocha-Atahualpa con la acequia Naranjo; de este cruce la Vía indicada hacia el Norte y su continuación por el Camino del Rey o Camino Real hacia Antonio J. Holguín hasta cruzar con la Quebrada Patulata.

Junta Parroquial:

Presidente: Marcelo López Pazmiño

Ubicación: Casa del Pueblo, calle 22 de Enero

Teléfono: 032451817

Recursos: Un computador sin acceso a Internet



*Figura 4.17 Junta Parroquial de Atahualpa*

**c. Augusto N. Martínez**

Fundada el 13 de Diciembre de 1939. Con 42 Km<sup>2</sup> de superficie y cerca de 7602 habitantes. Se extiende en dos relieves: la parte alta hasta 2800m y la baja a menos de 2600m.

Goza de clima frío y templado con productos propios de estas regiones y sus vecinas parroquias. No tiene ríos, si quebradas como las de Abrihuaico, Rumihuaico Pondo.

Su actividad económica gira alrededor de la agricultura y la artesanía.

**DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO – CENSALES**

## AL NORTE

Desde la cima del Cerro Sagatoa (Pilishurco), la línea de cumbre al Noreste, que pasa por las Lomas Huarco, Taraloma, origen de la Quebrada Borja; de estos orígenes, la Quebrada Borja, aguas abajo, hasta su confluencia con la Quebrada Sánchez, aguas abajo, hasta el cruce con la Vía Antonio J. Holguín-Ambato.

## AL ESTE

De este cruce, la Vía indicada hacia el Sur en dirección a Ambato, hasta alcanzar y seguir por el sendero y Camino Real, desde San José hasta el empalme con la Vía Antonio J. Holguín-Ambato, a la altura latitudinal intermedia entre las Haciendas Puerto Arturo y Súa Sevilla; de este empalme, la Vía hacia el Sur en dirección hacia Ambato, hasta el cruce con el extremo Oriental de la Acequia Naranjo.

## AL SUR

De este extremo Oriental, la Acequia Naranjo al Oeste hasta su unión con la Quebrada Shahuaushi.

## AL OESTE

De esta unión, la Quebrada Shahuaushi, aguas arriba, hasta alcanzar el extremo Sur de la Acequia Jáuregui; de este extremo Sur, la Acequia Jáuregui al Noreste, hasta el cruce con la Vía Constantino Fernández-Augusto N. Martínez; de este cruce, la Vía indicada al Norte y en tramo corto hasta su máxima cercanía a la confluencia de las quebradas Tulucto o Palacocha con la quebrada San Antonio de Pandoa, de esta confluencia, la Quebrada San Antonio de Pandoa, aguas arriba, hasta sus nacientes, de estas nacientes, la línea imaginaria al Noroeste y en corto trecho hasta alcanzar la cumbre del Cerro Sagatoa.

Junta Parroquial:

Presidente: Franklin Ortiz

Ubicación: Calle 13 de diciembre frente al Parque Central

Teléfono: 032450962

Recursos: Un computador sin acceso a Internet

Biblioteca con 1676 libros



*Figura 4.18 Junta Parroquial de Augusto N. Martínez*

#### **d. Constantino Fernández**

Su nombre antiguo fue Cullitagua. De clima frío apropiado para el cultivo de cereales y tubérculos. Dispone de algunos canales de irrigación que bajan de los deshielos de la cordillera occidental.

Tiene aproximadamente 2392 habitantes y 11 Km<sup>2</sup> de superficie.

## DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO – CENSALES

### AL NORTE Y AL ESTE

Desde la Cumbre del Cerro Sagatoa, la línea imaginaria hacia el Sureste hasta los orígenes de la Quebrada San Antonio de Pandoa; de la Quebrada San Antonio de Pandoa, aguas abajo, hasta su confluencia con la Quebrada Tulucto.

### AL SUR

Desde esta confluencia, la línea imaginaria al Suroeste, hasta el cruce de la Acequia Jáuregui con la Vía Augusto N. Martínez-Constantino Fernández; de este cruce, la Acequia Jáuregui hacia el Suroeste hasta alcanzar la Quebrada Shaguaushi.

### AL OESTE

El curso de la Quebrada Shaguaushi, aguas arriba, hasta sus orígenes en la cumbre del Cerro Sagatoa.

Junta Parroquial:

Presidente: Angel Estuardo Chango Ruiz

Ubicación: Frente a la Plaza Central de Constantino Fernández

Teléfono: 032473063

Recursos: Un computador sin acceso a Internet



*Figura 4.19 Junta Parroquial de Constantino Fernández*

**e. Cunchibamba**

Cunchibamba fue uno de los caseríos de la parroquia Izamba, hasta que el 9 de Noviembre de 1989 fue elevada a parroquia, su área territorial es de 16.8 Km<sup>2</sup>, y tiene una altitud de 2.900m sobre el nivel de mar, 3847 habitantes y un clima promedio de 19 grados centígrados.

**DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO – CENSALES**

**AL SUR**

La parroquia Unamuncho.



AL NORTE

La parroquia Antonio José Holguín en la provincia de Cotopaxi, específicamente su delimitación está con el Caserio Chasualó.

AL ESTE

El Río Culapachán.

AL OESTE

El camino Real.

Junta Parroquial:

Presidente: Armando Pinto

Ubicación: Plaza Central calle Valdivia

Teléfono: 032476217

Recursos: Un computador sin acceso a Internet



*Figura 4.20 Junta Parroquial de Cunchibamba*

## **f. Huachi Grande**

En épocas antiguas estaba habitado por indios sedentarios que más tarde fueron reemplazados por grupos mitimaes procedentes del Cuzco. En 1958 se separó de Tisaleo.

Está situada a 6 Km de Ambato. Su altura es de 2650 m.s.n.m con 9 Km<sup>2</sup> de extensión y 6704 habitantes. La abundancia y variedad de sus productos vegetales y frutícolas lo han convertido en un vergel de la Provincia.

### DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO – CENSALES

#### AL NORTE

Desde el cruce de las Vías Ambato-Tisaleo con la Vía Santa Rosa-Huachi Grande, desde ahí hacia el sureste hasta la Quebrada Terremoto. De esta quebrada aguas abajo hasta cruzar con la Panamericana Sur, tramo Ambato-Riobamba.

#### AL ESTE Y AL SUR

Desde este cruce, la línea imaginaria ligeramente al Sureste, hasta el cruce de la Vía transversal Huachi Grande-Totoras con la quebrada Huangana; de este cruce, la línea imaginaria al sureste hasta el cruce de la Vía Huachi Grande-Montalvo con la quebrada Morejón; de esta, aguas arriba hasta la altura latitudinal intermedia entre las localidades Alobamba y San Juan.

#### AL OESTE

De la quebrada Morejón, la línea imaginaria al noroeste, hasta alcanzar la quebrada Terremoto, a la altura latitudinal aproximada de la localidad La Libertad; la quebrada Terremoto, agua abajo hasta el cruce con la Vía Tisaleo-

Ambato; por esta Vía hacia el Norte en dirección Ambato hasta cruzar la Vía Santa Rosa-Huachi Grande.

Junta Parroquial:

Presidente: Filomentor López

Ubicación: Calle 31 y Calle C frente a la plaza central

Teléfono: 032441417 - 032441418

Recursos: Un computador sin acceso a Internet

Salón Auditorio

Equipo de Amplificación



*Figura 4.21 Junta Parroquial de Huachi Grande*

#### **g. Izamba**

Izamba es una de las parroquias más antiguas, con mayor población y más cercana que el resto de parroquias rurales del cantón Ambato. Tiene 11130 habitantes y 77 Km<sup>2</sup>. En su jurisdicción está el Campo de Aviación “Chachoán”, el Cementerio Parque de los Recuerdos y la Escuela de Formación de Soldados.

El suelo es irregular. Está regada por los canales de: Darquea, Chacón y Naranja que son insuficientes para sus vastos terrenos fértiles.

El clima es templado y seco. En su fecundo suelo se cultivan hortalizas, legumbres, cereales, forrajes y variados árboles frutales. En poca escala se explota la ganadería. En sus tareas artesanales se distinguen los trabajos de zapatería y la fabricación de ladrillos.

## DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO – CENSALES

### AL NORTE

Desde el empalme del carretero transversal Chazualo N°1 con el Camino del Rey, de ahí hacia el este hasta alcanzar la Vía Panzaleo-Ambato; por esta vía hacia el sur en dirección Ambato, hasta el cruce de la Quebrada Curiquingue; la Quebrada Curiquingue, aguas abajo, hasta Tigualó Grande, desde ahí hasta el cruce de la Vía Loma Grande – San Andrés con el río Cutuchi.

### AL ESTE

De este cruce, el Río Cutuchi, aguas abajo hasta su confluencia con el río Ambato.

### AL SUR

De esta confluencia, el río Ambato, aguas arriba hasta la afluencia de la Quebrada La Victoria.

### AL OESTE

De la confluencia de la Quebrada La Victoria en el Río Ambato, la Quebrada La Victoria, aguas arriba, hasta sus orígenes; de estos orígenes, la línea

imaginaria al Noroeste, hasta alcanzar la Vía Ambato-A.J. Holguín, a la altura latitudinal de la localidad El Mirador; la Vía Ambato A. J. Holguín hacia el Norte, tramo denominado Camino del Rey, hasta el empalme del Carretero transversal Chazualo N°1.

Junta Parroquial:

Presidente: José Luis Acurio

Ubicación: Calle César Augusto Salazar y Napoleón Tacoamán

Teléfono: 032452294

Recursos: Un computador sin acceso a Internet

Biblioteca pública con 2000 libros



*Figura 4.22 Junta Parroquial de Izamba*

#### **h. Juan Benigno Vela**

Su nombre aborigen fue Pataló. Tiene 6835 habitantes y 40 Km<sup>2</sup> de extensión. En sus alrededores viven varias comunidades indígenas como los Chibuleos, Chaleches y Chacapingos. De clima frío siendo sus principales productos agrícolas la cebolla paiteña y blanca, habas, maíz, patatas, etc.

## DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO-CENSALES

### AL ESTE

Desde la afluencia de la Quebrada Pataló en el Río Ambato, la quebrada Pataló, aguas arriba, hasta su afluencia con la quebrada Cruzhuaicu; de ahí, aguas arriba hasta el cruce con la Vía Juan Benigno Vela-Santa Rosa; de este cruce, el sendero hacia el Sur, en dirección a la localidad Cuatro Esquinas y su extensión al empalme de la vía que conduce hasta El Ovalo; desde ahí al sendero del suroeste que conduce a la cima del Cerro Pucará; de este Cerro, la línea cumbre al Sur, que pasa por los Cerros Sumantza, Angahuana, sitio Sinchacocha y su extensión por el divisor del Filo Las Abras, al Suroeste, que pasa por las puntas Tumbuso y Mecheros, Cerros Pocacochas, Milíncocha y Cruz Maqui Tisaleo.

### AL OESTE

De la cumbre del cerro Cruz Maqui Tisaleo, el divisor hacia el noreste que pasa por el cerro Milínloma, loma Pulucloma, cerros Quintuco, Huarcarumi y Verdesigi, las lomas Punguloma y Conolongo, origen de la quebrada Alpachaca; de esta, aguas abajo, hasta su afluencia en el Río Ambato, aguas abajo, hasta la afluencia de la quebrada Pataló.

Junta Parroquial:

Presidente: Santos Maliza

Ubicación: Calle principal y calle secundaria

Teléfono: 032483215

Recursos: Un computador sin acceso a Internet



*Figura 4.23 Junta Parroquial de Juan B. Vela*

**i. Montalvo**

Su nombre primitivo Alobamba. Tiene 3202 habitantes y una extensión de 19 Km<sup>2</sup>. Se fundó el 3 de Mayo de 1901. De clima templado y con productos agrícolas apropiados a dicho ambiente, especialmente huertos de manzanas.

La parroquia Montalvo se encuentra al Suroeste del cantón Ambato, atravesada por la carretera Ambato-Cevallos, que forma parte de la red vial intercantonal.

**DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO-CENSALES**

**AL NORTE**

Desde el cruce de la Vía Huachi Grande-Quero con la quebrada Morejón, aguas abajo hasta el cruce con la Vía Huachi Grande-Cevallos.

#### AL ESTE

De este mismo cruce la Vía Huachi Grande-Cevallos hacia el sureste en dirección a Cevallos, hasta cruzar con la quebrada Palagua.

#### AL SUR

La quebrada Palagua, aguas arriba hasta el cruce con la vía Quero-Huachi Grande.

#### AL OESTE

La vía Quero-Huachi Grande hacia el norte en dirección a Huachi Grande, hasta cruzar con la quebrada Morejón.

Junta Parroquial:

Presidente: Angel Moreta

Ubicación: Vía a Cevallos

Teléfono: 032412052

Recursos: Computador sin acceso a Internet

Equipo de Amplificación





*Figura 4.24 Junta Parroquial de Montalvo*

**j. Pasa**

En 1849 se erigió como parroquia eclesiástica, siendo su primer párroco el Dr. Manuel Moncayo. Como parroquia civil en 1850.

Tiene 6382 habitantes, una extensión de 68 Km<sup>2</sup> y se encuentra ubicada a 10 Km de distancia de la zona urbana.

De clima frío, siendo sus principales productos los cereales y tubérculos.

#### DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICOS-CENSALES

##### AL NORTE Y AL ESTE

Desde el extremo orográfico Sur de la Cuchilla de Layhuaspungo, la línea de cumbre al Sureste que pasa por los cerros Illahuas y Runitangan, origen Occidental de la quebrada Chantarrumi; de esta, aguas abajo hasta su afluencia en

el Río Pumagua, formadores del río Alajua; este río aguas abajo, hasta su confluencia con el río Ambato.

#### AL SUR

De la confluencia de los ríos Alajua y Ambato, hasta la afluencia de la quebrada Llanchungu.

#### AL OESTE

De esta afluencia, la quebrada Llanchungu, aguas arriba hasta sus nacientes, de estas, al noroeste la cumbre del cerro Lilahua, de este, el divisor de Hondonada Potrero al noroeste pasando por el Faldeo Sur de Condorloma y los cerros Curiquingue y Pasapungu; desde ahí, Timbo hacia el norte.

Junta Parroquial:

Presidente: Rodrigo Flores

Ubicación: calle Rafael Arias 0 y Jara

Teléfono: 032486187

Recursos: Computador sin acceso a Internet



*Figura 4.25 Junta Parroquial de Pasa*

**k. Picaihua**

Fue fundada el 14 de Septiembre de 1872, erigiéndose luego como parroquia eclesiástica el año 1915.

Su terreno es arenoso, seco e irregular. A 7 Km de Ambato con 32 Km<sup>2</sup> de extensión y 7403 habitantes.

Se halla entre los ríos Ambato y Pachanlica, con un buen riego, que hacen muy fértiles a sus terrenos. Abunda la cabuya que proporciona facilidades para la pequeña industria de cordeles, sacos y otros artefactos.

**AL NORTE**

Desde la afluencia de la quebrada Loreto o Curiquingue en el río Ambato, aguas abajo, hasta su confluencia con el río Pachanlica.

## AL ESTE Y AL SUR

De esta confluencia, el río Pachanlica, aguas arriba, hasta el cruce con el sendero Totoras-Terremoto.

## AL OESTE

De este cruce, el sendero Totoras-Terremoto hacia el noroeste en dirección a Terremoto hasta empalmar con la vía Totoras-Ambato, a la altura latitudinal de la localidad San Francisco; de este empalme, la Vía Totoras-Ambato hacia el norte, en dirección Ambato, hasta el cruce con la quebrada Loreto o Curiquingue, aguas abajo, hasta su afluencia en el río Ambato.

Junta Parroquial:

Presidente: Carlos Amancha Sánchez

Ubicación: Av. Galo Vela

Teléfono: 032762191

Recursos: Computador sin acceso a Internet

Biblioteca con 1500 libros



*Figura 4.26 Junta Parroquial de Picaihua*

## **I. Pilahuín**

Fue elevada a categoría de parroquia en 1870. Se encuentra ubicada a 30 Km en la parte sur occidental del cantón Ambato constituyéndose en el sector poblado de mayor altitud del cantón, encontrándose entre los 3100 y 4200 msnm. Con 10639 habitantes en una extensión de 238 Km<sup>2</sup>.

El clima de este territorio es frío moderado, con una temperatura media anual de 7°C y con variaciones diarias de entre los 2°C y 12°C, excepto los valles de Aguaján y Pusahuaico. La precipitación media anual es de 1.200 mm. y humedad relativa media anual del 77%, lo cual incrementa la sensación térmica del frío.

La parroquia de Pilahuín, es reputada como una de las de mayor pobreza del país, su actividad agrícola se basa principalmente en el cultivo de papa, trigo, cebada, mellocos, entre otras; además la población se dedica al pastoreo de borregos y caballos.

### **AL NORTE**

Desde la afluencia de la Quebrada Shingatingo en el río Catamarca, aguas abajo hasta su confluencia con el río Colorado; de esta confluencia, aguas abajo, a su confluencia con el río Blanco, formadores del río Ambato, aguas abajo, hasta la afluencia de la quebrada Alpachaca.

### **AL ESTE**

Desde la afluencia de la quebrada en el río Ambato, la quebrada Alpachaca, aguas arriba, a sus nacientes; desde ahí el divisor hacia el Sur que pasa por la Loma Punguloma, Cerros Verdesigsi, Huarcarumi, Quintuco, loma Pulugloma, Milínloma, Cerro Cruz Maqui, cumbre del nevado Carihuairazo y

Loma Aucacán; de esta Loma, la línea longitudinal hacia el Sur hasta alcanzar el curso del Río Mocha.

#### AL SUR

El Río Mocha, aguas arriba, hasta su origen norte; de estos, la línea de cumbre de Pampa de Traje al oeste, hasta alcanzar las nacientes de la quebrada Guaguayacu; de estas nacientes, aguas abajo, hasta su confluencia en el río Colorado; de ahí aguas abajo, hasta su altura latitudinal de la Loma Torre; del río Colorado, la línea cumbre al noroeste, que pasa por el cerro Cushumunllu, lomas Chimborazo y Layhua, origen de la quebrada Pachancho.

#### AL OESTE

De estos orígenes, la quebrada Pachancho, aguas abajo, hasta el cruce con el sendero que hacia el norte conduce a la loma Filo Agualongo; de este cruce, el sendero al norte, hasta alcanzar la cumbre de la quebrada Rumipata; de sus orígenes, aguas abajo, hasta el cruce con el sendero Rumipata Roma Lozán; de este cruce el sendero que pasa por Tercena y luego la cumbre de la loma Lozán; de esta, el sendero al norte hasta alcanzar el Río Catamaca, desde este hasta la quebrada Shingatingo.

Junta Parroquial:

Presidente: Alejandro Tamaquisa Huashco

Ubicación: calle Bolívar 206 y Carabobo

Teléfono: 032760059

Recursos: Computador sin acceso a Internet



*Figura 4.27 Junta Parroquial de Pilahuín*

#### **m. Pinllo**

Fue elevada a la categoría de parroquia civil en 1861, después de haber sido parroquia eclesiástica por mucho tiempo. Con 7727 habitantes y 13 Km<sup>2</sup> de extensión, se encuentra localizado a 3 Km de Ambato.

Tiene un clima benigno, con hermosos huertos en terreno irregular, con claudias, peras, ciruelos, moras y taxos. Es notable la pequeña industria del pan de pinllo.

#### **DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO-CENSALES**

##### **AL ESTE Y AL SUR**

Desde la cumbre del Cerro Sagatoa (Pilishurco), origen de la quebrada Shahuaushi, aguas abajo, hasta el cruce con la acequia Chacón-Sevilla; de este cruce, la referida acequia hacia el suroeste, hasta su unión con la quebrada

Cuyucto; aguas abajo hasta el cruce con la vía Ambato Tennis Club-Ficoa El Sueño.

## AL OESTE

Desde el cruce, la vía Ambato Tennis Club-Ficoa El Sueño, hacia el norte, hasta alcanzar la quebrada Quillali; de esta, la línea imaginaria al norte hasta la vía Quisapincha-Pinllo, a la altura longitudinal de la localidad Ficoa Alto; de la vía Quisapincha-Pinllo al norte, en dirección a Pinllo, hasta el cruce con la quebrada Cuzumbi; esta aguas arriba, hasta su confluencia con la Quebrada Seca; esta, aguas arriba, hasta sus nacientes en el Cerro Cantzag; de este cerro la línea de cumbre hacia el norte hasta alcanzar la cima del Sagatoa, origen de la quebrada Shahaushi.

Junta Parroquial:

Presidente: Marco Villacreses Lagos

Dirección: calle J. Ramos y Juan Montalvo

Teléfono: 032420954

Recursos: Computador sin acceso a Internet

Biblioteca pública con 2400 libros





*Figura 4.28 Junta Parroquial de Pinllo*

#### **n. Quisapincha**

Ubicada al Noroccidente de Ambato, tiene 100 Km<sup>2</sup> de extensión y 11581 habitantes. Entre las fundaciones que hizo don Antonio de Clavijo en 1570 consta Quisapincha, pero como parroquia eclesiástica se la conoce desde 1653. A parroquia civil se la elevó en 1858. Se halla incrustada en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes.

Sus elevaciones más importantes son el Casahuala con 4500 m y el Sagatoa 5810 m. En su mayor parte de clima frío se extienden extensos páramos. Tiene dos riachuelos el Alagua y el Quillali.

La actividad económica más sobresaliente en esta zona es la industria del cuero, en la confección de prendas de vestir como chompas, gorras, carteras y calzado.

#### **DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO-CENSALES**

##### **AL NORTE**

Desde la cumbre del Cerro Yanarrumi, el divisor hacia el este, que pasa por los cerros Cóndor, Amanta, Faya Huasi, Gallo urcu, Quillupungo, lomas Toro Uco y Palorumi.

##### **AL ESTE**

De la cima de la loma Palorumi, la línea de cumbre hacia el sur, que pasa por los cerros Sagatoa, Chamizal y Loma Chachasug, origen de la quebrada Quillali; de esta quebrada aguas abajo, hasta el cruce con la vía Ficoa El Sueño-

Ambato Tennis Club; de este cauce, la vía indicada hacia el sur en dirección al Ambato Tennis Club, hasta cruzar con el río Ambato.

#### AL OESTE

De esta confluencia, el curso del río Alajua, aguas arriba, hasta su origen en la afluencia de la quebrada Chatarrumi en el río Pumagua; de esta afluencia, la quebrada Chatarrumi, aguas arriba, hasta sus nacientes en la cumbre del Cerro Rumitangan; de este cerro, el divisor de la Cuchilla de Layhuapungu al noroeste, que pasa por los cerros Illahuas y Yanarrumi.

Junta Parroquial:

Presidente: Luis A. Iza

Dirección: Junto a la Plaza Central

Teléfono: 032772742

Recursos: Dos computadores sin acceso a Internet

Un equipo de amplificación

Biblioteca pública con 600 libros



*Figura 4.29 Junta Parroquial de Quisapincha*

## **o. SAN FERNANDO**

Con 191 Km<sup>2</sup> en San Fernando habitan 2327 habitantes.

De clima frío con terrenos muy ricos para la agricultura, especialmente de pastos para ganado bobino y lanar. Es un asiento de aborígenes dedicados al cultivo de cebolla, ajo, cebada, habas, ocas y mellocos.

### **DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO-CENSALES**

#### **AL NORTE**

Desde la cima de la loma Gavilán, el divisor de la Hondonada de Yanarrumi hacia el este, que pasa por el faldeo norte de la loma Puco Muñuna y la cima del Cerro Cashaguala.

#### **AL ESTE**

De la cumbre del Cerro Cashaguala, el divisor de la Cuchilla de Layhuaspungo y de Filo de Cahuán

Junta Parroquial:

Presidente: Miguel Angel Cayambe

Dirección: Junto a la Plaza Central

Teléfono: S/N

Recursos: Un computador sin acceso a Internet

Biblioteca pública con 1200 libros



*Figura 4.30 Junta Parroquial de San Fernando*

#### **p. SANTA ROSA**

Ubicada a 5 Km de Ambato, tiene una superficie de 90 Km<sup>2</sup> y 14511 habitantes. Su clima es templado con variaciones de acuerdo a la altura del terreno y a la influencia de los vientos helados del Carihuairazo. Carece de ríos y fuentes de agua pero para el riego dispone de las acequias “Chiquicahua” y “Casimiro Pazmiño”.

Como todas las demás parroquias, produce cereales, legumbres, flores, y frutas como la manzana, capulíes, claudias, moras y frutillas.

#### **DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO-CENSALES**

##### **AL NORTE**

Desde la afluencia de la quebrada Cruzhuaico en el río Ambato, el cruce de este, aguas abajo, hasta la altura longitudinal de la localidad Ficoa El Sueño ; del río Ambato, la línea imaginaria al sureste hasta la cumbre del Cerro Casigana;

de este cerro, la línea longitudinal hacia el sur, hasta alcanzar y seguir hacia el este por el sendero que pasa por la Hacienda Chilcaloma, hasta empalmar con la Panamericana Sur, tramo Ambato-Tisaleo hacia el Sur, en dirección a Tisaleo.

#### AL ESTE

De este empalme, la vía Ambato-Tisaleo hacia el sur, en dirección a Tisaleo hasta el cruce con la quebrada Terremoto; de este cruce, la quebrada terremoto, aguas arriba hasta la confluencia de sus quebradas formadoras, Patacocha y Llumantza, aguas arriba, a sus nacientes.

#### AL OESTE

De las nacientes de la quebrada Llumantza, el divisero al norte, que pasa por los cerros Angahuana, Sunantza y Loma Pucará; de la Loma Pucará, la vía hacia el roeste que pasa por la localidad el Ovalo y su extensión hasta el empalme del sendero que viene del Sur, situado a la altura longitudinal intermedia entre las localidades Cuatro Esquinas y Pampas Yuchas; del empalme señalado , el sendero hacia el norte hasta empalmar a la vía Juan Benigno Vela-Santa Rosa, junto a los orígenes de la quebrada Cruzhuaico, aguas abajo hasta la afluencia en el río Ambato.

Junta Parroquial:

Presidente: Patricio Villacís Canseco

Dirección: Calle Juan Montalvo frente al parque Central

Teléfono: 032754223

Recursos: Un computador sin acceso a Internet

Un equipo de amplificación

Biblioteca pública con 2600 libros



*Figura 4.31 Junta Parroquial de Santa Rosa*

#### **q. TOTORAS**

Fue fundada en el año de 1840. Se encuentra a 10 Km de Ambato, tiene una población de 5516 habitantes en una superficie de 8 Km<sup>2</sup>.

De clima templado, influenciado por el viento de los ríos Ambato y Pachanlica. Se cultiva cebada, patatas, maíz, fréjol, habas y principalmente chochos. Una buena porción de aves de corral como gallinas, patos y ganzos. Las labores artesanales son zapatería y carpintería.

Se la denomina Totoras por la abundancia de este vegetal acuático que se desarrolla en diferentes sitios y del que se hace tejidos de esteras, canastas, etc.

#### **DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO-CENSALES**

##### **AL NORTE**

Desde el cruce de la vía transversal Huachi Grande-Totoras con la quebrada Guangana, la vía en dirección a Totoras, hasta el cruce con la vía Montalvo-Huachi Chico al noreste, en dirección a Huachi Chico, hasta su empalme con la vía Huachi Chico-Totoras.

#### AL ESTE

De este empalme, el sendero que desde la localidad Terremoto, va hacia el Sureste hasta el río Pachanlica, pasando por La Libertad; el río Pachanlica, aguas arriba, a la afluencia de la quebrada Palagua.

#### AL SUR Y AL OESTE

De esta afluencia, la quebrada Palagua, aguas arriba hasta el cruce con la vía Cevallos-Huachi Grande; de este cruce, la vía hacia el noroeste que pasa entre San Pedro y El Placer, hasta el cruce con la quebrada Morejón; esta, aguas arriba hasta el cruce con la vía Cevallos-Huachi Grande, pasando por la localidad Luz de América; de este cruce la vía al noroeste en dirección a Huachi Grande, hasta el cruce con la quebrada Huangana.

Junta Parroquial:

Presidente: Alberto Guanelger Aldás N.

Dirección: La libertad

Teléfono: 032748052

Recursos: Un computador sin acceso a Internet

Biblioteca pública con 2000 libros



*Figura 4.32 Junta Parroquial de Totoras*

#### **r. UNAMUNCHO**

Parroquia rural de Ambato desde el 23 de noviembre de 1989. Tiene 4002 habitantes, está localizada en la Panamericana Norte Km 12 vía a Quito, a 2752 m.s.n.m.

Esta parroquia es considerada como un importante referente del potencial agrícola y ganadero del país.

#### **DESCRIPCIÓN DE LÍMITES GEOGRÁFICO-CENSALES**

**AL NORTE**

Cunchibamba

**AL SUR**

Puerto Arturo

**AL ESTE**



La carretera Panamericana y el río Cutuchi.

AL OESTE

El cerro Sagatoa (Pilishurco).

Junta Parroquial:

Presidente: José Gerardo Moreno Mejía

Dirección: Unamuncho Central calle Mateo Pangui frente al parque.

Teléfono: S/N

Recursos: Un computador sin acceso a Internet



*Figura 4.33 Junta Parroquial de Unamuncho*

## **CAPÍTULO V**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- En las parroquias rurales y suburbanas, la falta de recursos para acceder a una computadora y al Internet, se convierte en un limitante en el buen uso de las Tecnologías de Información y Comunicación que pueden ayudar a la formación integral de las personas.
- De la investigación de campo se puede concluir que las 18 juntas parroquiales de Ambato, no poseen ningún sistema de comunicaciones rápido y eficiente para intercambio de información con el Municipio de Ambato. Además la mayoría de ellas cuentan solamente con un computador, el mismo que no tiene acceso a Internet de banda ancha.
- Hay una necesidad urgente de proveer de mecanismos de comunicaciones a las juntas parroquiales rurales de Ambato, ya que actualmente el servicio de Internet en algunos casos solo es posible a través de redes de telefonía móvil, lo que representa altos costos en contraposición con las desventajas que estos poseen.
- Como alternativa de solución, las redes inalámbricas son herramientas útiles y eficientes para el acceso a internet, además de facilitar la instalación de los dispositivos sin necesidad de ningún tipo de cableado ni la modificación arquitectónica del área en donde se va a implantar la red.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Realizar el diseño de una Red que permita proveer de equipos tecnológicos y del servicio de Internet de Banda Ancha a las 18 juntas parroquiales de Ambato, para que exista una comunicación permanente entre estas y el Municipio.
- Ejecutar el diseño de una Red Inalámbrica, tomando en cuenta su capacidad y las nuevas tecnologías de enlace de acuerdo a la situación geográfica de la ciudad de Ambato.
- Es importante que el personal encargado de la administración de la red conozca acerca de la tecnología inalámbrica y todos los detalles de esta, así como los sistemas de gestión, los procedimientos de administración y las políticas de seguridad, por lo que se recomienda una capacitación oportuna para las personas a cargo de la red.
- Se recomienda aprovechar al máximo el uso de la Red, ya que con el diseño de la misma, se puede llegar a tener un enlace que no solamente ofrezca los servicios ya citados, sino también se pueden considerar otros beneficios como la posibilidad de brindar teleeducación a través de tele tutorías en centros comunitarios bien dotados.

## **CAPÍTULO VI**

## PROPUESTA

**Título:** Diseñar una Red Inalámbrica privada con tecnología IP para el servicio de comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales.

### 6.1. Antecedentes

La decisión de instalar una red privada, nace primordialmente de la necesidad de integridad, seguridad, rapidez y confiabilidad, a diferencia de lo que resultaría tener una red pública, en donde el proveedor de esta, sería quien decida o administre los parámetros bajo los cuales funcione la red.

El acceso a las tecnologías de la información para las zonas geográficas más desfavorecidas, plantea un creciente y correcto desarrollo socioeconómico que podría significar un importantísimo aporte, fomentando la igualdad de oportunidades educativas, acercándolas a la información y al conocimiento, que difícilmente se encuentran en localidades rurales.

El impacto que han tenido las nuevas tecnologías tales como: internet, videoconferencia, telefonía, etc, en la educación a distancia a puesto de manifiesto la necesidad de revisar y renovar las teorías, métodos, metodologías y técnicas utilizadas de manera tradicional; sobre todo si pensamos que el acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC's) aún sigue siendo restringido para muchos habitantes de diversas regiones del mundo, lo que produce y agrava aún más las desigualdades sociales existentes y la inequidad en la distribución de la riqueza mundial, aparejada al mismo tiempo con las oportunidades de desarrollo humano de la población que en esas regiones vive.

Son algunas las tecnologías inalámbricas que predominan en el ámbito de las redes de banda ancha, y a pesar de que posiblemente ninguna llegue a quedarse omnipresente, el acceso por Microondas es el ideal para redes de área Metropolitana, gracias a sus excelentes características en cuanto a tasa de transmisión y cobertura, comparada con su similar ADSL que es hasta el momento la tecnología más utilizada en el Ecuador para la distribución de

Internet, pero con notables limitaciones como en la cobertura que llega a un máximo de 5Km desde el switch central.

En cuanto a 3G, se puede decir que es un tipo de tecnología que exclusivamente ofrece servicios de telefonía móvil y es la adecuada para clientes que se mueven mucho, brindando velocidades menores, en el rango de varios cientos de Kpbs.

Wi-Fi por su parte se usa con frecuencia junto con el servicio DSL o cable módem para conectar los aparatos de una casa o negocio al Internet vía una conexión de banda ancha, y su cobertura y velocidad en teoría se limitan a 300m y 54Mbps respectivamente.

Los principales servicios que pueden brindarse con la implementación de esta red son: El Internet Inalámbrico de Banda Ancha a través de la contratación de un proveedor ISP, con lo que se puede obtener también correo electrónico, alojamiento web, registro de dominios, servidores de noticias, etc.

La VoIP no es considerada en sí mismo un servicio sino una tecnología que permite encapsular la voz en paquetes para ser transportados sobre redes de datos sin necesidad de disponer de los circuitos conmutados convencionales conocida como la PSTN (public switched telephone network – red telefónica pública conmutada), que son redes desarrolladas a lo largo de los años para transmitir las señales vocales. La PSTN se basaba en el concepto de conmutación de circuitos, es decir, la realización de una comunicación que requiere el establecimiento de un circuito físico durante el tiempo que dura ésta, lo que significa que los recursos que intervienen en la realización de una llamada no pueden ser utilizados en otra hasta que la primera no finalice, incluso durante los silencios que se suceden dentro de una conversación típica.

La primera ventaja y la más importante es el costo, una llamada mediante telefonía VoIP es en la mayoría de los casos mucho más barata que su equivalente en telefonía convencional. Esto es básicamente debido a que se utiliza la misma red para la transmisión de datos y voz, la telefonía convencional tiene costos fijos

que la telefonía IP no tiene, de ahí que esta es más barata. Usualmente para una llamada entre dos teléfonos IP la llamada es gratuita, cuando se realiza una llamada de un teléfono IP a un teléfono convencional el costo corre a cargo del teléfono IP.

La mayoría de los proveedores de VoIP entregan características por las cuales las operadoras de telefonía convencional cobran tarifas aparte. Un servicio de VoIP incluye:

- Identificación de llamadas.
- Servicio de llamadas en espera
- Servicio de transferencia de llamadas
- Repetir llamada
- Devolver llamada
- Llamada de 3 líneas (three-way calling).

En base al servicio de identificación de llamadas existen también características avanzadas referentes a la manera en que las llamadas de un teléfono en particular son respondidas. Por ejemplo, con una misma llamada en Telefonía IP se puede:

- Desviar la llamada a un teléfono particular.
- Enviar la llamada directamente al correo de voz.
- Dar a la llamada una señal de ocupado.
- Mostrar un mensaje de fuera de servicio.

La videoconferencia aporta una serie de beneficios evidentes sobre los demás medios de comunicación. Añadir la posibilidad de ver a nuestros interlocutores cuando mantenemos una charla con ellos a distancia hace la comunicación mucho más completa creando un sentido de presencia de todos los participantes. La formación a distancia debería aprovechar las ventajas que aporta esta nueva herramienta.

Si partimos del hecho de que la educación es un derecho básico e irrenunciable de todo ser humano, la Videoconferencia como medio de

comunicación flexible y a distancia debe de desempeñar un papel importante en el futuro, acercando la educación a la mayor cantidad posible de ciudadanos del mundo de manera efectiva y evitando las divisiones existentes en la sociedad. Países subdesarrollados y lugares con aislamiento geográfico, social, cultural, etc., deben de ser objetivo primordial de esta nueva tecnología, dotándose éstos con los medios necesarios para su uso.

Si nos conectamos a través de la Red Telefónica, que es analógica, se consiguen velocidades máximas de 56 Kbps en condiciones óptimas de la línea y con los más modernos módems. En este caso la calidad es baja, ya que necesitamos transmitir las imágenes con un factor de compresión alto para conseguir tasas de transferencia inferiores a 5 cuadros por segundo, no consiguiendo movimiento continuo y quedando el sonido entrecortado y no sincronizado con la imagen. Con un enlace digital básico a la RDSI se consiguen velocidades de hasta 64 ó 128 Kbps. Con esto se consiguen hasta 15 cuadros por segundo siendo aceptable su calidad. En el caso de un acceso primario a RDSI se consiguen velocidades de transmisión cercanas a 2 Mbps. Con esta opción se pueden conseguir secuencias de 25 cuadros por segundo con buena calidad, pero a un costo elevado.

Para que el vídeo y el sonido recibido tengan continuidad y una calidad aceptable, la transmisión se debe realizar a gran velocidad. Hay que tener en cuenta que la cantidad de información a enviar es muy grande. Las imágenes (fotogramas) capturadas por la cámara ocupan mucho espacio y éstas tienen que ser enviadas a una velocidad de transferencia del orden de 15 a 20 cuadros por segundo para que exista percepción de movimiento continuo. La mayoría de las películas cinematográficas por ejemplo, muestran una secuencia de 24 fotogramas por segundo, es por este motivo que una red inalámbrica de banda ancha ultrarápida supliría cualquiera de estos requerimientos.

Son muchos los motivos para preocuparnos por la seguridad de una red inalámbrica. Por ejemplo, queremos evitar compartir nuestro ancho de banda públicamente. A nadie con algo de experiencia se le escapa que las redes inalámbricas utilizan un medio inseguro para sus comunicaciones y esto tiene sus

repercusiones en la seguridad. Tendremos situaciones en las que precisamente queramos compartir públicamente el acceso a través de la red inalámbrica, pero también tendremos que poder configurar una red inalámbrica para limitar el acceso en función de unas credenciales.

También tenemos que tener en cuenta que las tramas circulan de forma pública y en consecuencia cualquiera que estuviera en el espacio cubierto por la red, y con unos medios simples, podría capturar las tramas y ver el tráfico de la red.

Para resolver los problemas de inseguridad que presenta una red inalámbrica tendremos que poder, por un lado, garantizar el acceso mediante algún tipo de autenticación a la red (WEP o WPA) y por otro garantizar el buen uso de la misma controlando contenidos y privacidad de las comunicaciones aunque se hagan a través de un medio inseguro.

## **6.2. Justificación**

La pretensión de dotar a estas zonas de conectividad a redes de voz, video y datos ha sido en los últimos años una preocupación de los gobiernos de los países en desarrollo, ya que en algunos casos se puede considerar un servicio básico, y en todos es un sustrato de gran importancia para el progreso y la promoción humana. No obstante, todos los esfuerzos por generalizar el acceso a redes de comunicación en zonas aisladas de países en desarrollo suelen topar desde los primeros pasos con la ausencia de soluciones tecnológicas realmente apropiadas, realistas y sostenibles.

Las redes inalámbricas, poseen múltiples ventajas respecto al cableado. Este adquiere dimensiones importantes ya que los kilómetros de cable, instalación, montaje, puesta en servicio y mantenimiento tienen un alto costo. Además, una vez establecido el cableado, los cambios y modificaciones significan un gasto adicional en ingeniería, equipos y montaje. Otra de sus limitantes es que una vez instalado, queda circunscrito a las máquinas y procesos asociados, donde las modificaciones exigen trabajos complejos.



La inversión inicial requerida para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo en hardware de una red cableada, pero la inversión de toda la instalación y el costo durante el ciclo de vida puede ser significativamente inferior. Los beneficios a largo plazo son superiores en ambientes muy alejados y con una compleja ubicación geográfica.

Actualmente, la demanda de los usuarios por tener accesos de banda ancha que les permita acceder a los nuevos servicios y prestaciones que ofrecen las redes de comunicaciones, es cada vez más grande, por lo tanto se necesita de nuevas tecnologías de interconexión que puedan suplir dichas necesidades.

Esta permite además de tener un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, la utilización de antenas más pequeñas, así como el control individual del tráfico de cada usuario, lo que simplifica el soporte de servicios que requieran comunicaciones en tiempo real, como la videoconferencia o aplicaciones de comunicaciones de voz como la VoIP.

El acceso a banda ancha ha estado tradicionalmente condicionado al alcance de las tecnologías de cable y ADSL, pero en algunos lugares como en las poblaciones rurales no se encuentra disponible, o es de baja calidad o tiene precios elevados. En cambio una tecnología inalámbrica es una alternativa económica para estos entornos.

### **6.3. Objetivos**

#### **6.3.1. General**

Diseño de una Red Inalámbrica Privada con tecnología IP para el servicio de comunicaciones entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales.

#### **6.3.2. Específicos**

- Definir las ubicaciones geográficas de las estaciones a enlazar y su perfil topográfico.
- Diseñar el modelado de operación de la red inalámbrica
- Establecer los requerimientos actuales y futuros que tienen las parroquias rurales en los servicios de comunicaciones de banda ancha.
- Comparar las características técnicas de los equipos existentes en el mercado y elegir el que mejor se adapten a los requerimientos de la red y su tecnología.

#### **6.4. Análisis de Factibilidad**

Se pudo determinar a través del análisis de las encuestas, que técnicamente el Municipio de Ambato, cuenta con personal altamente capacitado en el manejo de Hardware y Software de redes de comunicaciones inalámbricas.

La propuesta está orientada a la utilización de equipos que trabajen en frecuencias no licenciadas, por lo tanto, la factibilidad legal está garantizada.

En cuanto al presupuesto para la implementación de la red, si bien el Municipio no posee actualmente los recursos para ésta, el proyecto presentado puede ser incluido dentro del nuevo presupuesto para el año 2011, es lo que supieron manifestarnos personeros del Departamento de Informática.

#### **6.5. Fundamentación Científico-Técnica**

##### **6.5.1. RADIO ENLACES**

Un radioenlace terrestre establece la comunicación bidireccional entre dos transceptores ubicados en dos puntos fijos con coordenadas geográficas específicas mediante la emisión de radiofrecuencias de microonda.

Las estaciones de microondas constan de un par de antenas con línea de vista que se conectan a un radio transmisor cuya frecuencia de radiación ocupa una porción del espectro de frecuencias entre 1 y 300 Ghz que corresponde a 30 cm y 1 mm respectivamente, en longitudes de onda. En la práctica son ondas del orden de 1 Ghz a 12 Ghz.

Este tipo de onda solo se recibe dentro del horizonte visual. En un enlace debe existir línea de vista, esto es que no existan obstrucciones y se debe evitar el efecto del factor de curvatura de la tierra ( $k$ ), así como obstrucciones que permitan una claridad de al menos el 60% del despeje de la primera zona de Fresnel, la cual contiene la mayor cantidad de potencia destinada al receptor.

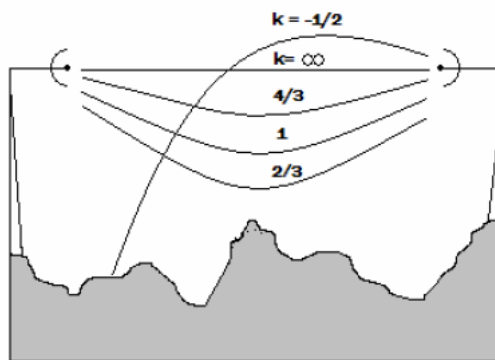


Figura 6.1 Factor de Curvatura K

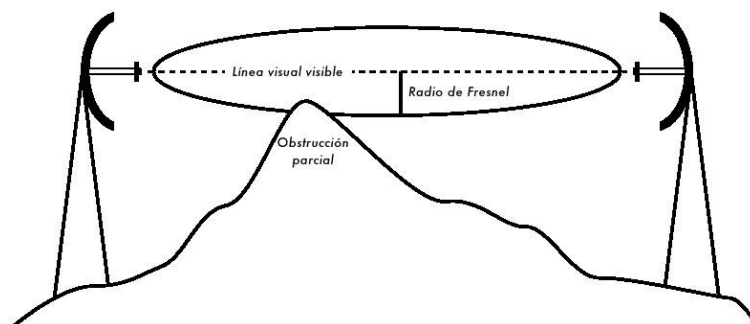


Figura 6.2 Libramiento de la Primera Zona de Fresnel

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

El diseño de un radioenlace de microondas involucra cuatro pasos básicos:

- Elección del sitio de instalación.
- Relevamiento del perfil del terreno y cálculo de altura del mástil para la antena.
- Cálculo completo del radio enlace, estudio de la trayectoria del mismo y los efectos a los que se encuentra expuesto.
- Prueba posterior a la instalación del radio enlace, y su posterior puesta en servicio con tráfico real.

#### **6.5.2. TECNOLOGIAS DE ENLACE**

La gran mayoría de las redes inalámbricas comunitarias utilizan tecnología Wi-Fi. Esta tecnología está definida en la familia de estándares inalámbricos 802.11 del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), siendo las más representativas las enmiendas 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11e y la 802.11n. Esta familia de estándares trabaja en las bandas de radiofrecuencia de 2.4GHz y 5GHz asignadas por la UIT (Unión internacional de Telecomunicaciones). Estas frecuencias no requieren de licencia por parte de los entes reguladores del espectro radioeléctrico.

La enmienda 802.11g usa la banda de frecuencias de 2.4GHz mientras que la 802.11a usa la banda de frecuencia de 5GHz. Esto hace que las redes que utilizan una u otra tecnología no sean interoperables a pesar de que utilizan las mismas técnicas de modulación y por ende la misma tasa máxima de transmisión de 54Mbps.

La enmienda 802.11b tiene una tasa de transferencia de 11 Mbps y opera también en la banda de 2.4GHz por lo cual es compatible con la 802.11g, que hace posible la interoperabilidad de dispositivos y redes que los utilicen.

Cada variante del estándar utiliza cierto número de canales dentro de la banda de frecuencia de trabajo. Los canales están separados cada 5MHz, pero cada transmisión ocupa unos 20MHz, por lo que no se pueden utilizar canales contiguos sin causar interferencia.

Se están desarrollando otras enmiendas del estándar 802.11 que prometen muchas mejoras sobre las actuales versiones. Entre ellas, una de las más importantes es la 802.11n que está definida para trabajar tanto en la banda de 2.4GHz como en la de 5GHz y ofrece una velocidad nominal de transmisión de hasta 600Mbps gracias a la incorporación de la tecnología MIMO (Multiple Input, Multiple Output). Ésta permite la utilización de varios flujos de datos al mismo tiempo entre el mismo par de estaciones, así como el uso de canales de 40MHz de ancho y de técnicas de modulación más avanzadas.

Una de las ventajas del uso de estándares para la implementación de redes inalámbricas comunitarias es la posibilidad de interconectar varias redes independientemente del proveedor tecnológico de los dispositivos que la conforman, pues todos deben cumplir con las características definidas en el estándar. Así, es posible implementar redes comunitarias que progresivamente puedan conectarse con otras para compartir recursos y servicios, facilitando el intercambio de información entre comunidades.

Otro estándar que se presta para la construcción de redes inalámbricas comunitarias es el IEEE 802.16, base de WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access – Interoperabilidad Mundial por Acceso a Microondas). Desde el punto de vista técnico, 802.16 presenta una serie de ventajas con respecto a 802.11 pues es un estándar que ha sido planeado desde el principio para redes de largo alcance y para ofrecer garantías de tiempo máximo de transmisión de paquetes que es lo que se conoce como “QoS (Quality of Service)” en redes de

telecomunicaciones. Existen dos vertientes de este estándar que no son compatibles entre sí, una enfocada a dar servicio a estaciones fijas, que es la que más se presta para redes comunitarias, y otra que admite la movilidad de los nodos y por tanto entra a competir directamente con las redes de telefonía celular.

IEEE 802.16 puede operar tanto en bandas sujetas a licencia como en la banda libre de 5.8GHz, por lo que constituye una opción viable para redes inalámbricas comunitarias. Varios operadores de telecomunicaciones han desplegado redes basadas en 802.16 en Latinoamérica, pero no se tiene conocimiento de ninguna red comunitaria que se haya instalado utilizando esta tecnología debido a que el costo de los equipos es aún muy elevado.

No se descarta que en el futuro esta situación pueda cambiar si las economías de escala permiten un abaratamiento significativo de las estaciones base, pero al ser una tecnología significativamente más compleja siempre será más cara que 802.11.

Existen numerosas redes comunitarias que se han implementado con tecnologías no estándar específicas de un fabricante en particular, conocidas como “tecnologías propietarias” o “no estándar”.

### **6.5.3. TECNOLOGÍAS PROPIETARIAS.**

#### **a. Canopy de Motorola.**

Un ejemplo muy difundido lo constituyen las redes basadas en la línea Canopy de la empresa Motorola. Aunque no tiene ninguna relación con los estándares existentes, Canopy puede operar tanto en frecuencias libres como en

frecuencias sujetas a licencia y ofrece soluciones punto a punto y punto a multipunto con tasas de transmisión que abarcan desde unos centenares de Kb/s a decenas de Mb/s. El alcance puede extenderse a decenas de kilómetros y su precio es intermedio entre las soluciones basadas en Wi-Fi y las basadas en WiMAX y sistemas de microondas tradicionales.

Se ofrece en varias gamas de frecuencias, 900 MHz, 2400 MHz, 5,15 GHZ, 5,4 GHz y 5,8 GHz. Son soluciones muy versátiles, con una caja plástica a prueba de intemperie que incorpora el radio y una antena de 8 dBi. El alcance se puede aumentar fácilmente añadiendo un reflector parabólico que incrementa la ganancia a 26 dBi.

### Principales Componentes

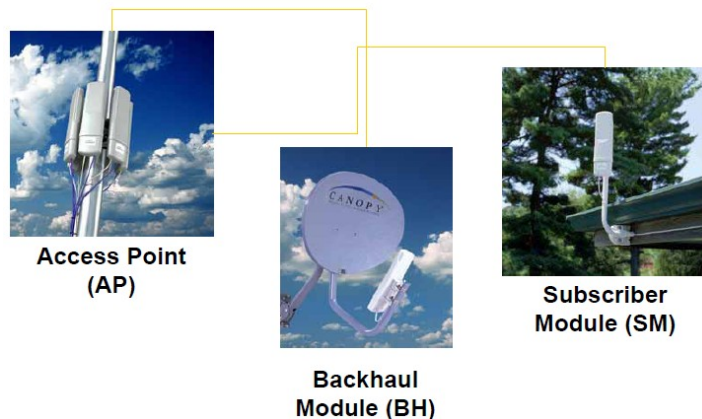


Figura 6.3 Componentes del Sistema Canopy de Motorola

El alcance de Canopy depende de su configuración:

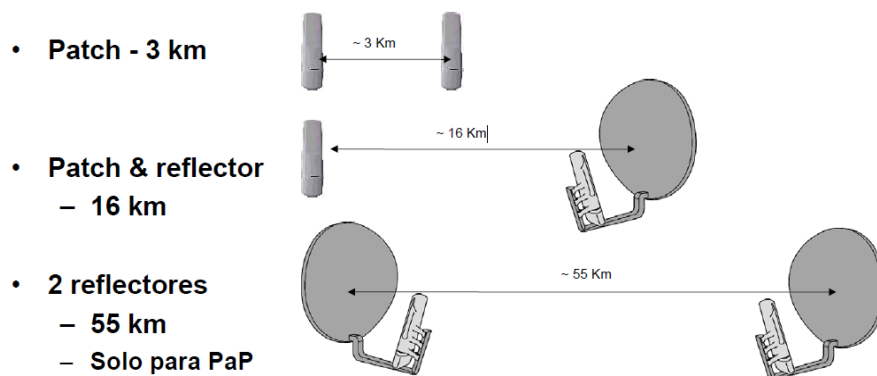


Figura 6.4 Alcance de los Equipos Canopy según su configuración

## **b. Mikrotik.**

Mención aparte merecen las soluciones híbridas, que ofrecen “extensiones” de la tecnología Wi-Fi adaptadas para transmitir a grandes distancias. Éstas son muy populares para las redes comunitarias y entre los varios fabricantes que las ofrecen destaca Mikrotik.

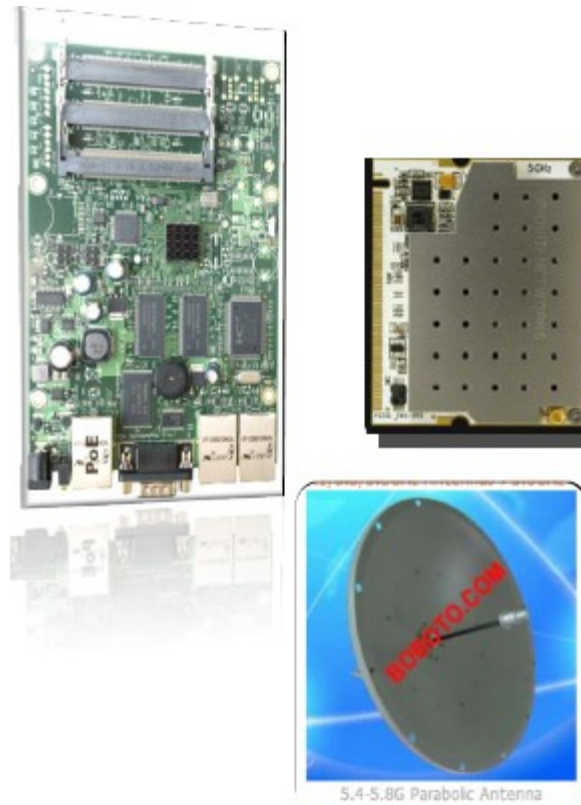
Mikrotik es una empresa con sede en Letonia y distribuidores en todo el mundo. Esta empresa empezó ofreciendo un producto de software, el Mikrotik OS, que se hizo muy popular porque puede ser utilizado en una gran variedad de enrutadores inalámbricos. Aunque este producto está protegido por varias licencias con diferentes precios dependiendo del nivel de funcionalidad ofrecido, el costo de las licencias es asequible.

También ofrecen enrutadores inalámbricos con el precio del software incluido en la compra del hardware. Su producto más avanzado, el software para enrutadores inalámbricos denominado “nstream dual”, permite transmitir a grandes distancias y a velocidades bidireccionales mayores 40Mb/s, cosa que se ha podido comprobar sobre un vano de 100 km.

Los equipos MIKROTIK tiene 3 componentes esenciales:

- 1.- Routerboard
- 2.- MiniPci Wireless 802.11 a/b/g/n
- 3.- Sistemas Operativo que este caso es RouterOs





*Figura 6.5 Equipamiento Mikrotik*

**c. Alvarion.**

Es una empresa de origen israelí que desde hace varios años se ha dedicado a fabricar equipos inalámbricos adecuados para trabajar en ambientes hostiles y trabajan en la banda de 5.8 GHz, en alturas que sobrepasan los 3000 m.s.n.m. El motivo es que al disminuir la densidad del aire con la altura se hace menos eficiente el mecanismo de transferencia de calor por la disminución del número de moléculas de aire disponibles para transferir el calor al ambiente. Por esto, para operar a grandes alturas los dispositivos electrónicos deben estar dotados de disipadores térmicos sobredimensionados.

Es un tema que vale la pena mencionar porque es frecuente que escojamos sitios altos para aumentar el alcance de las transmisiones, y porque en Ambato hay poblaciones a grandes alturas.

En la actualidad Alvarion ha convertido esta línea de productos al estándar WiMAX, siendo uno de los fundadores del WiMAX Forum. Estuvieron entre los primero fabricantes en someter sus equipos a las pruebas de interoperabilidad de WiMAX fijo.



*Figura 6.6 Equipos Alvarion*

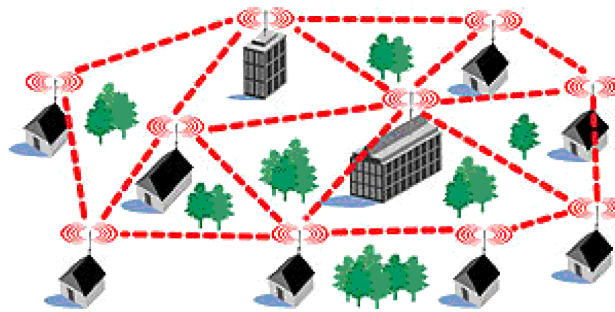
#### **6.5.4. Topologías**

Al identificar el papel que la red debe cumplir se deben considerar aspectos técnicos como la topología de la red, que corresponde a la disposición de sus nodos y el camino que deben recorrer los datos a través de dichos nodos para alcanzar su objetivo dentro de la red. Existen diferentes topologías posibles para redes inalámbricas y cada una de ellas puede adaptarse de mejor manera a diferentes servicios y posibilidades.

Un enlace punto a punto corresponde a una topología en línea y puede permitir la interconexión entre dos puntos o lugares que se encuentren distantes varios kilómetros siempre que se hayan tenido en cuenta las consideraciones técnicas necesarias para lograr el enlace. Este tipo de topología permite, por ejemplo, que una comunidad que no dispone de servicios de comunicaciones y que se encuentra a gran distancia de estos recursos pueda conectarse a una red (que puede ser internet o una red local independiente) para acceder a sus servicios o intercambiar información con otras comunidades.

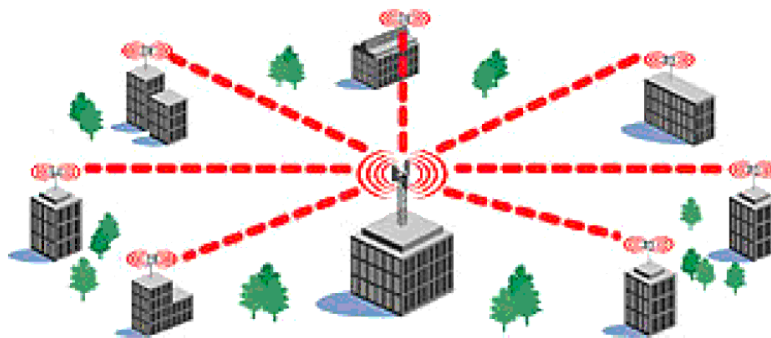
También es posible interconectar varias redes locales generando redes regionales con amplia cobertura para la difusión de información.

Una topología de malla permite interconectar a varios clientes de servicios inalámbricos facilitando el intercambio de información, o la realización de trabajos en forma mancomunada y con la posibilidad de cubrir un área extensa. Esta topología es usada para la implementación de redes libres en ciudades donde la densidad de población es alta y existe la posibilidad de que varias personas cuenten con clientes inalámbricos para conectarse a la red.



*Figura 6.7 Topología en Malla*

La topología en estrella permite la conexión de varios puntos con un nodo central que gestiona la información que va desde y hasta los clientes. Este tipo de topología es útil, por ejemplo, en la operación de pequeños proveedores de servicios que administran los recursos de la red y los distribuyen a organizaciones o personas de la comunidad que los requieran.



*Figura 6.8 Topología en Estrella*

#### **6.5.5. Servicios de Comunicaciones**

En las redes inalámbricas, para lograr el intercambio de información, existen diferentes mecanismos de comunicación o protocolos que establecen reglas que permiten el flujo confiable de información entre nodos. Por ejemplo, el conjunto de protocolos TCP/IP utilizado en redes de computadoras como internet, permite que cualquier computadora que los implemente pueda comunicarse con otra que se encuentre conectada a la misma red.

Las redes convergentes o redes de multiservicio hacen referencia a la integración de los servicios de voz, datos y video sobre una sola red basada en IP como protocolo de nivel de red.

Una red inalámbrica puede brindar servicios especializados como comunicaciones de voz sobre internet (VoIP) que, dadas las cifras de cobertura de telefonía fija y los altos costos de comunicación impuestos por compañías multinacionales, son una necesidad sentida en muchas comunidades rurales y urbanas marginales. Lo interesante de este servicio es que se adapta a habilidades que los usuarios ya tienen o que pueden adquirir más fácilmente como es hablar por teléfono, que para muchas personas es más simple que manejar una computadora para acceder a internet.

A través de las redes también es posible acceder a herramientas de educación a distancia que impulsen el desarrollo de competencias locales para la generación de soluciones y tecnologías apropiadas a las características de las comunidades. Además se facilita el acceso a servicios como los de intermediación financiera, que posibilitan el intercambio de dinero con emigrantes que han salido de las comunidades, o a redes de comercio justo que permiten la comercialización de productos locales a precios competitivos.

De acuerdo con los servicios que se deseen prestar es necesario verificar que la red cumpla con criterios de calidad y tasa de transmisión.

A través de la red es posible, por ejemplo, compartir contenidos y conexiones a internet, contar con servidores para publicar páginas web y recursos

multimedia, hacer uso de servicios de mensajería o de VoIP para comunicarse con otros puntos dentro de la red o fuera de ella, transmitir emisiones de radio o televisión en vivo, entre otros.

Los servicios provistos a través de la red pueden ser variados y existen experiencias en las que las comunidades se han capacitado y han logrado mantener una dinámica de adaptación de los usos de su red de acuerdo con las problemáticas y situaciones que van surgiendo.

## 6.6. Plan de Acción

### 6.6.1. Elección de los Sitios de Instalación

Como se mencionó anteriormente, el presente Proyecto considera el diseño de un sistema de transmisión de radioenlaces por microondas, por lo que es necesario primeramente determinar la situación geográfica de cada uno de los puntos a enlazar. La localización exacta pudo conseguirse gracias a la ayuda de un GPS (Global Positioning System) de la marca Garmin modelo etrex.

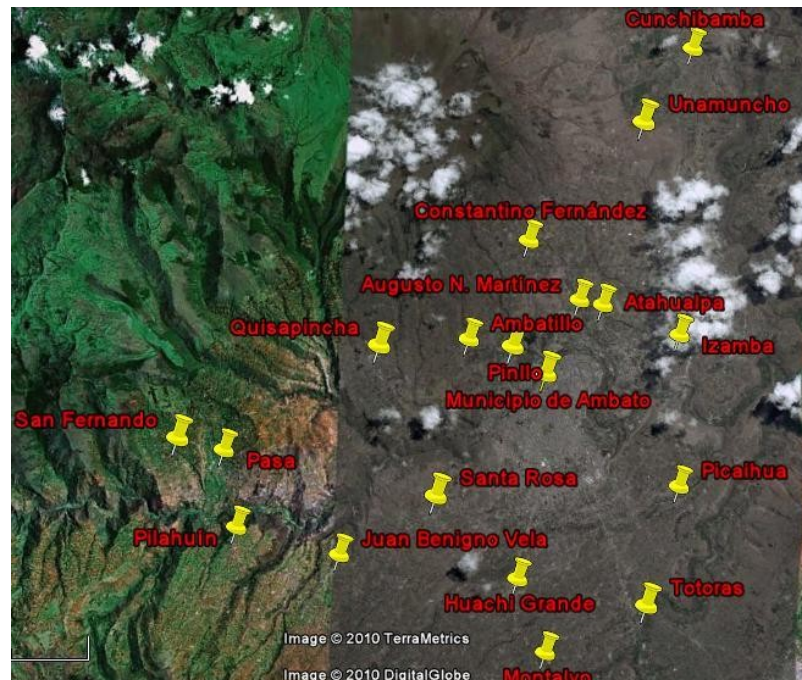


Figura 6.9 GPS Garmin modelo etrex

LOCALIDAD	COORDENADAS		ALTURA(msnm)
	LATITUD	LONGITUD	
MUNICIPIO DE AMBATO	S 1°14'31.4''	O 78°37'47.0''	2588
AMBATILLO	S 1°13'51.9''	O 78°39'18.4''	3109
ATAHUALPA	S 1°13'7.2''	O 78°36'43.1''	2908
AUGUSTO N. MARTÍNEZ	S 1°13'2.3''	O 78°37'10.2''	2652
CONSTANTINO FERNANDEZ	S 1°11'56.5''	O 78°38'12.7''	2941
CUNCHIBAMBA	S 1°08'7.1''	O 78°35'8.5''	2690
HUACHI GRANDE	S 1°18'26''	O 78°38'13.6''	2869

IZAMBA	S 1°13'39.2''	O 78°35'12.3''	2569
JUAN BENIGNO VELA	S 1°18'3.7''	O 78°41'39.4''	3115
MONTALVO	S 1°19'50.4''	O 78°37'38.9''	2929
PASA	S 1°16'7''	O 78°43'54.5''	3109
PICAIHUA	S 1°16'35''	O 78°35'8.2''	2604
PILAHUÍN	S 1°17'34.6''	O 78°43'37.4''	3327
SAN BARTOLOME DE PINLLO	S 1°14'0.4''	O 78°38'26.6''	2903
QUISAPINCHA	S 1°14'4''	O 78°41'1.4''	3106
SAN FERNANDO	S 1°15'56.8''	O 78°44'48.4''	3255
SANTA ROSA	S 1°16'54.9''	O 78°39'51.2''	3017
TOTORAS	S 1°18'56.1''	O 78°35'42.9''	2671
UNAMUNCHO	S 1°9'36.9''	O 78°36'4.2''	2752

*Tabla 6.1 Ubicación Geográfica de los Puntos a Enlazar*



*Figura 6.10 Ubicación Geográfica de las Estaciones en Google Earth*

Las antenas pueden estar ubicadas en las Estaciones Base, en lugares específicos dentro de la zona de cobertura de la estación terminal o en la misma estación terminal.

### **6.6.2. Determinación del Perfil Topográfico**

La obtención del diagrama de perfil es esencial, ya que permite determinar las posibles obstrucciones del enlace y por consiguiente su factibilidad. Existen dos maneras básicas de establecer el perfil del terreno para un enlace:

El primero, utilizando mapas topográficos adquiridos por lo general en el IGM; sobre los cuales hay que ubicar la estación base y las estaciones terminales. Después unir con una línea recta dichos puntos y finalmente tomar medidas cada vez que la recta se cruce con las curvas de nivel, con el fin de levantar el diagrama de perfil del enlace.

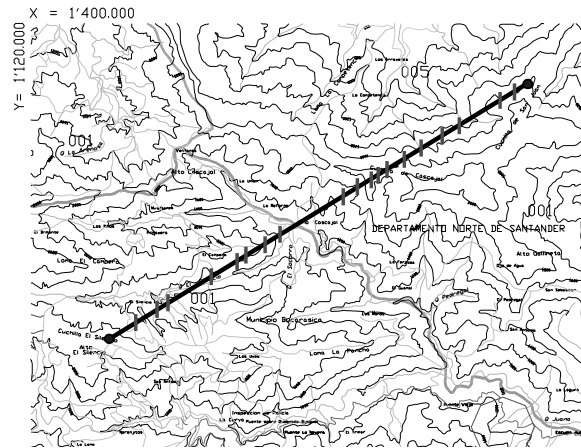


Figura 6.11 Mapa Topográfico

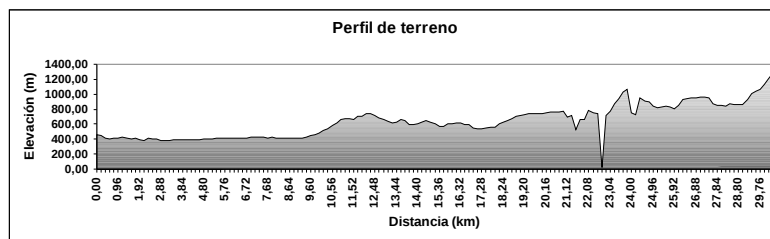
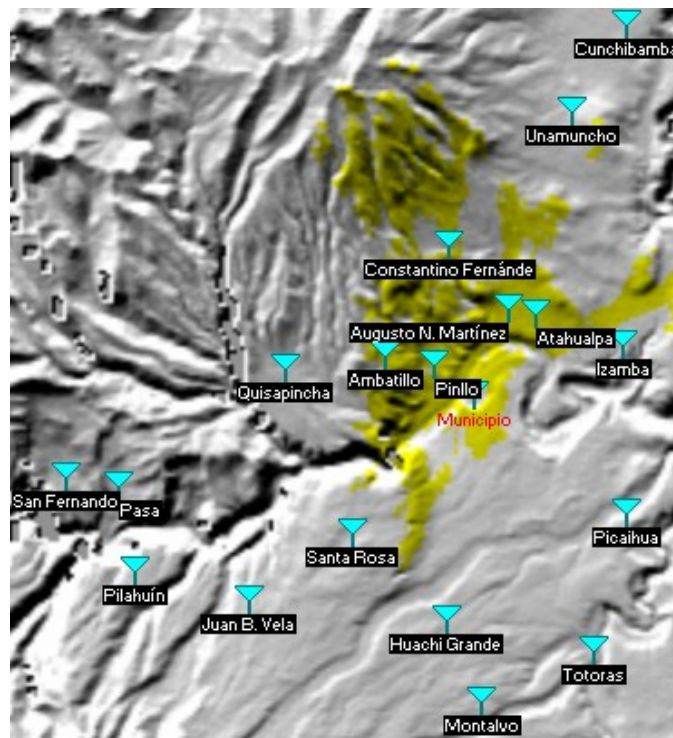


Figura 6.12 Perfil Topográfico

La segunda opción es emplear un mapa digital topográfico del sector, y con la ayuda de un software obtener el perfil del enlace.

A continuación tenemos el área de cobertura del Municipio de Ambato hacia las 18 parroquias rurales, para determinar si existe línea de vista entre ellos. Esto se pudo conseguir con la ayuda del software freeware (libre distribución)

Radio Mobile, por su sencillez de uso, entorno gráfico y aceptable fiabilidad que presenta en los resultados.



*Figura 6.13 Cobertura del Municipio de Ambato hacia las parroquias rurales*

Como podemos darnos cuenta, solamente existe línea de vista entre el Municipio de Ambato y cuatro parroquias rurales que son: Ambatillo, Atahualpa, Augusto N. Martínez y Pinllo, por lo que es necesario realizar un estudio para conseguir que el resto de parroquias se interconecten a través de sitios de repetición.

La propuesta se basa en el diseño de una red compuesta por enlaces Punto a Punto o Backbone, para enlazar las estaciones de mayor altura con el Municipio. Y para servir al resto de estaciones se van a utilizar enlaces Punto a Multipunto.



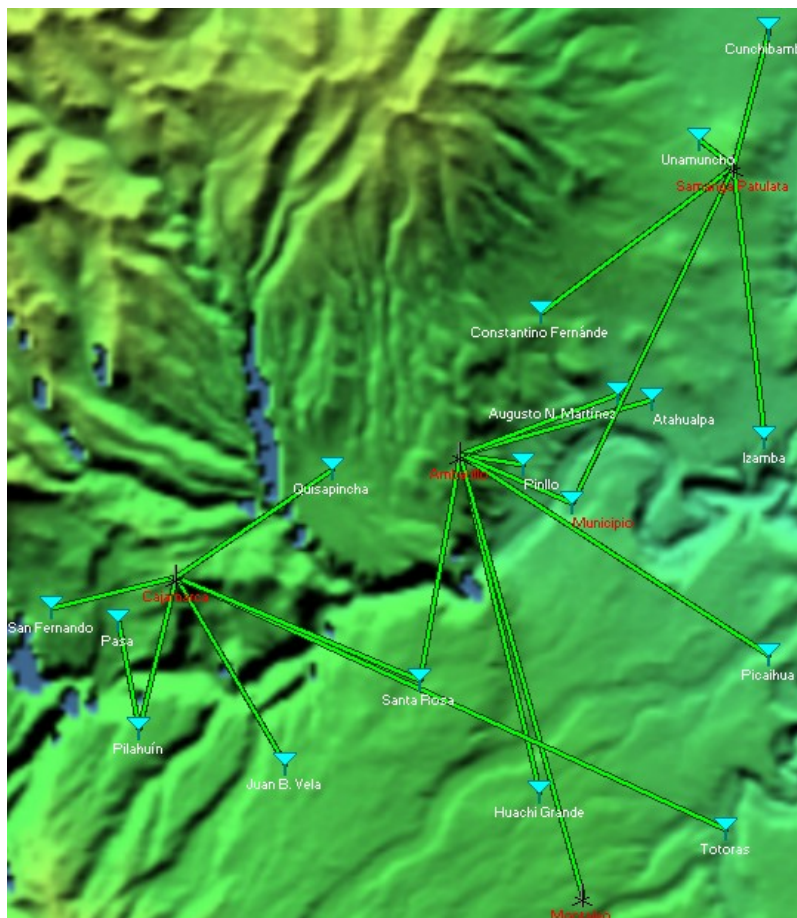


Figura 6.14 Propuesta de Red

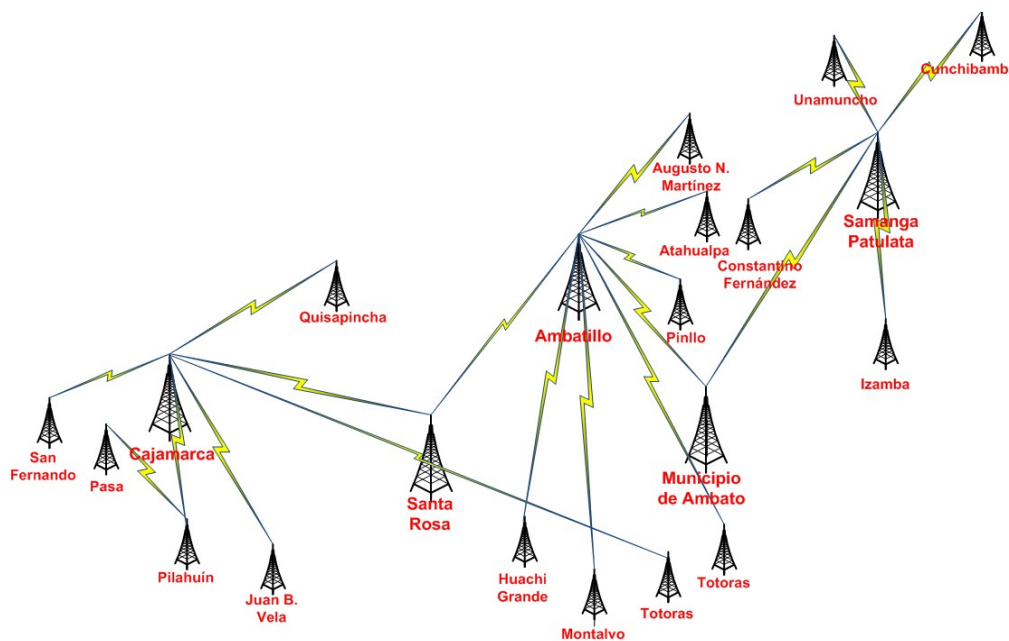
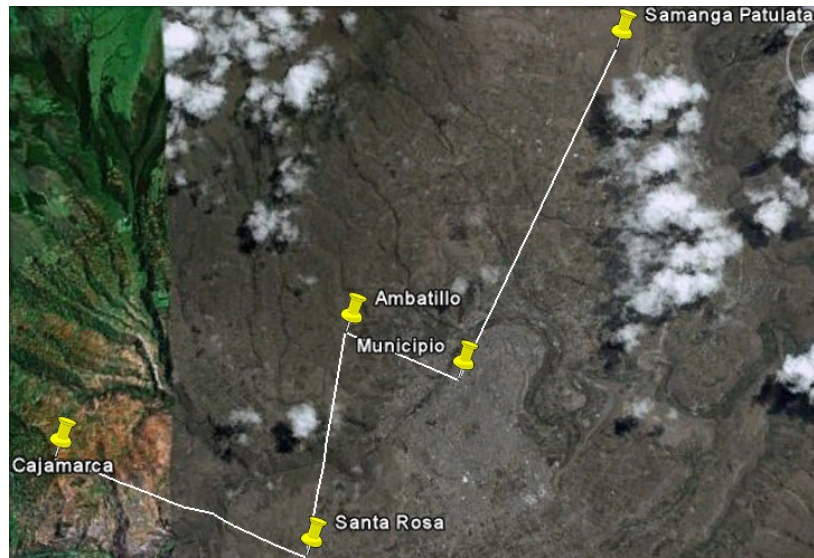


Figura 6.15 Diagrama General de la Red

a. **Enlaces Punto a Punto PTP (Backbone)**



*Figura 6.16 Enlaces Punto a Punto (PTP)*

b. **Enlaces Punto a Multipunto (PMP)**

Para interconectar al Municipio con Unamuncho, Cunchibamba, Izamba y Constantino Fernández, el lugar escogido es la loma Samanga Patulata, con una elevación de 2875 m.s.n.m, ubicada a  $1^{\circ}9'57,7''$  de latitud Sur y  $78^{\circ}35'36,6''$  de longitud Oeste, donde se plantea crear un enlace Punto a Multipunto.



*Figura 6.17 Primer Enlace PMP*

Para interconectar al Municipio con Huachi Grande, Montalvo, Picaihua, Augusto N. Martínez, Atahualpa y Pinllo, utilizamos a Ambatillo como estación central del segundo enlace Punto a Multipunto.

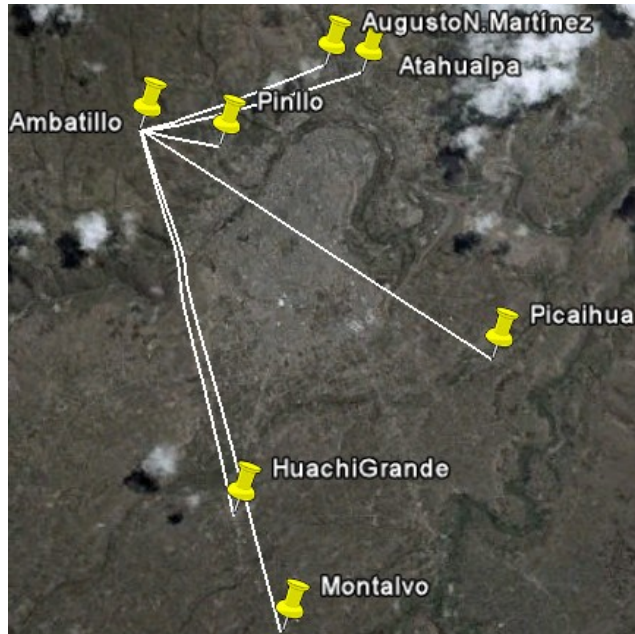


Figura 6.18 Segundo Enlace PMP

Para alcanzar las parroquias de Quisapincha, Juan Benigno Vela, Pilahuín, San Fernando y Totoras utilizamos como sitio central la loma Cajamarca, ubicada a 3525 m.s.n.m a 1°15'31'' latitud Sur y 78°43'8,2'' longitud Oeste.

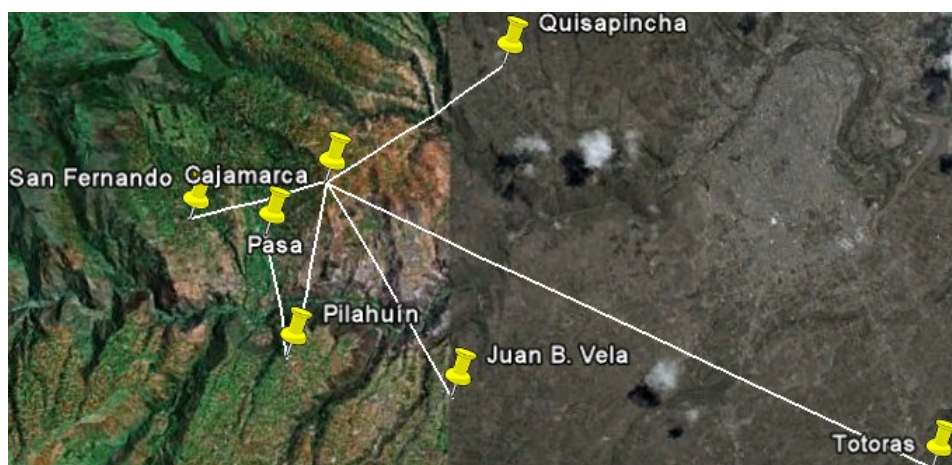


Figura 6.19 Tercer Enlace PMP

Para llegar a Pasa necesitamos un repetidor pasivo en la estación de Pilahuín ya que es la única que tiene línea de vista con este sitio.

Para alcanzar la parroquia de Totoras, utilizamos la estación ubicada en Santa Rosa.

### 6.6.3. Determinación de Requerimientos.

#### a. Ancho de Banda por aplicaciones

Nos referimos al ancho de banda disponible en una ruta sin enlaces rotos, debe estar disponible para permitir el uso de varios servicios como datos, voz, video etc.

**Correo Electrónico:** La información que se intercambia por el correo electrónico, corresponde a documentos de solo texto con aproximadamente un tamaño de 20 Kbytes o documentos gráficos de tamaño aproximado 400 Kbyte, se considera por lo tanto que el tamaño promedio de los archivos que se envían es de 500 Kbyte. Para el acceso al correo electrónico, se ha estimado que cada usuario revisa un promedio de dos correos en una hora. Tenemos así que el tráfico que maneja un correo electrónico para un usuario es:

$$V_{\text{correo}} = \frac{500\text{Kbytes}}{\text{correo}} \times \frac{8\text{bits}}{1\text{byte}} \times \frac{2\text{correos}}{1\text{hora}} \times \frac{1\text{hora}}{3600\text{seg}} = 2,22\text{Kbps}$$

Considerando que existen 19 entidades municipales que estarán enlazadas de las cuales en el Municipio estimamos unos 50 usuarios, mientras que en las parroquias rurales aproximadamente 10 usuarios en cada una, que utilizan cerca del 16 por ciento del ancho de banda.

$$V_{\text{correo}} = 2,22\text{Kbps} \times 0,1666 \times 230\text{usuarios} \approx 84\text{Kbps}$$

**Acceso a Internet:** Para utilizar este servicio se ha considerado que una página web tiene un peso aproximado de 25 Kbyte, incluyendo texto e imágenes medianas, además se ha estimado que un usuario accederá a 1 página Web en 30 segundos, debido a que se brindará Internet de banda ancha. Considerando esto se tiene.

$$V_{\text{int}} = \frac{25\text{Kbytes}}{\text{página}} \times \frac{8\text{bits}}{1\text{byte}} \times \frac{1\text{página}}{30\text{segundos}} = 6,66\text{Kbps}$$

$$V_{\text{int}} = 6,66\text{Kbps} \times 0,5 \times 230\text{usuarios} = 760\text{Kbps}$$

**Voz por Internet:** Para transportar la voz por Internet (VPI), se requiere un ancho de banda de 13 Kbps por cada usuario potencial del servicio.

**Vídeo sobre IP:** Para utilizar los servicios que proporciona el Vídeo sobre IP, como el Vídeo Broadcast se requiere un ancho de banda de 128 Kbps (VoIP).

La capacidad total se obtiene de las sumas parciales del ancho de banda para cada aplicación como son: el servicio de correo electrónico, el tráfico generado por el servicio de voz por Internet (VPI) y Vídeo sobre IP (VoIP) y la capacidad para ofrecer servicios adicionales (cerca de 2000kbps).

$$AB_{\text{total}} = 84\text{kbps} + 760\text{kbps} + 2000\text{kbps} = 2844\text{kbps} \approx 3\text{Mbps}$$

De acuerdo con este resultado nuestro I.S.P (proveedor de servicios de internet) debe ofrecer este ancho de banda para nuestra red.

#### 6.6.4. Selección de Equipos

Para seleccionar el equipo a utilizar, se ha realizado un análisis técnico y de costos según los catálogos técnicos obtenidos de las direcciones electrónicas de las empresas que proveen equipos de comunicación inalámbrica como lo son: Motorola, Mikrotik y Alvarion (Ver Anexos), de los cuales se ha determinado que la mejor alternativa es la implementación de la red con equipos Canopy de Motorola, no solamente por su bajo costo, sino porque además es fácil de operar, administrar e instalar.

	<b>Motorola</b>	<b>Alvarion</b>	<b>Mikrotik</b>
5 Radio Bases	9900 \$	14500 \$	10000 \$
18 Equipos de Suscriptor	10260 \$	11160 \$	14940 \$
Total	20160 \$	25660 \$	24940 \$

*Tabla 6.2 Estimación de Costos de equipos de comunicaciones inalámbricas*

CARACTERÍSTICAS	BreezeMAX Estación Base (Alvarion)	Mikrotik	Canopy (Motorola)
Estándar	802,16 - 2004, futuro 802.16 e	802.11a/b/g	802.3af
Banda de Frecuencias	1.5GHz; 2.3GHz WCS; 2.5GHz BRS ; 3.3 - 3.8GHz ; 5 GHz	3.5 GHz	900 MHz, 2400 MHz, 5,15 GHz, 5,4 GHz y 5,8 GHz.
Duplexing Mode	FDD, TDD	FDD	TDD, TDMA
Modulación	64QAM to BPSK (8 adaptive levels)	OFDM / DBPSK / DQPSK / CCK	1X = QPSK (3/4); 2X = 16QAM (3/4); 3X = 64QAM (3/4)
Ancho de Canal	1.75MHz, 3.5GHz, 5MHz, 7MHz, 10 MHz	22MHz	20 MHz
Potencia de Transmisión	34dBm	25dbm	27dbm
Ganancia Antena	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	6dbi	8dbi , con reflector 26 dbi
Interfaz	10/100/1000 Base-T, E1/T1	802.3	Base T 10/100, half/full duplex – velocidad negociada automáticamente (compatible con 802.3)
Protocolos	IP	IP	IPV4, UDP, TCP, IP, ICMP, Telnet, SNMP, HTTP, FTP

Tabla 6.3 Resumen de Características Técnicas

EQUIPOS	THROUGHPUT (Mbps)	COBERTURA (Millas)	ANCHO DEL CANAL (Mhz)	LATENCIA (ms)	SENSITIVIDAD (dB)	ANTENA
SERIE 100 - ADVANTAGE 5.7 GHZ - DES	14	1	20	5-7	-86	3 dB, 60'
	POTENCIA (Wattios)	Modulacion	ESPACIAMIENTO DE CANALES	METODO DE ACCESO	CANALES NO SOBRELAPADOS	Eficiencia del canal (bps/Hz)
	1	HIGH INDEX 2-level FSK	Cada 5 Mhz	TDD/TDMA	6	0,70

Tabla 6.3 Características de equipos Motorola Canopy Serie 100

Con los equipos de la serie 100 Advantage de Motorola Canopy que llegan a niveles de Throughput de hasta 14 Mbps, en redes punto – multipunto a una latencia en niveles de 5-7 ms, se provee de una plataforma inalámbrica de banda ancha con niveles de rendimiento asociados normalmente a tecnologías de cable de cobre y fibra óptica. La reducción de la latencia a un promedio de 6 ms permite al sistema Canopy soportar aplicaciones como Voz sobre IP (VoIP) y videoconferencia.

El siguiente diagrama contiene a toda la red y los componentes de esta.

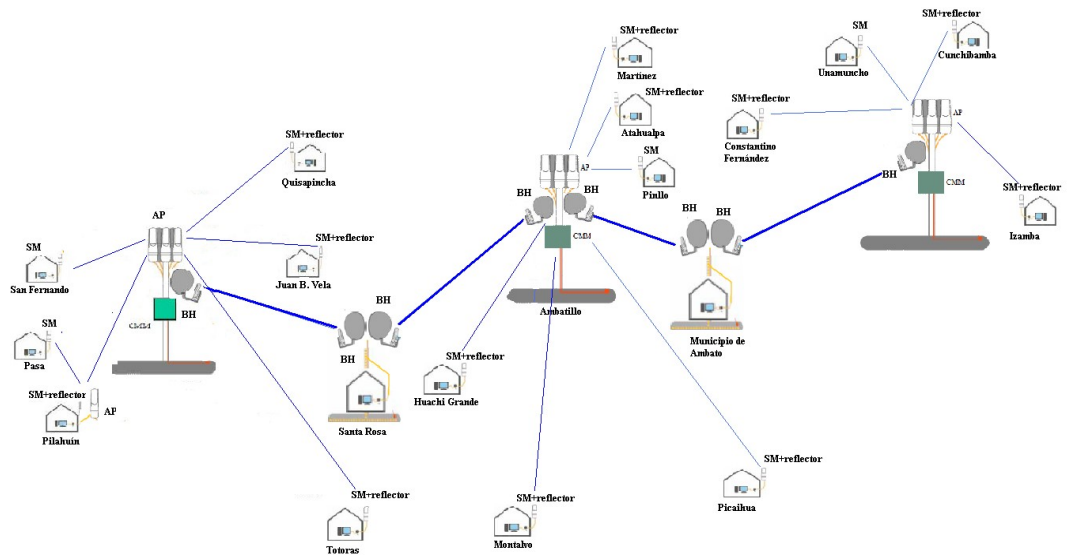


Figura 6.20 Diagrama General de componentes de la red

### 6.6.5. DISEÑO FÍSICO

Comprende la información necesaria para implementar la red. Este incluye todos los equipos para proporcionar los servicios a los usuarios, además de su ubicación y distribución.

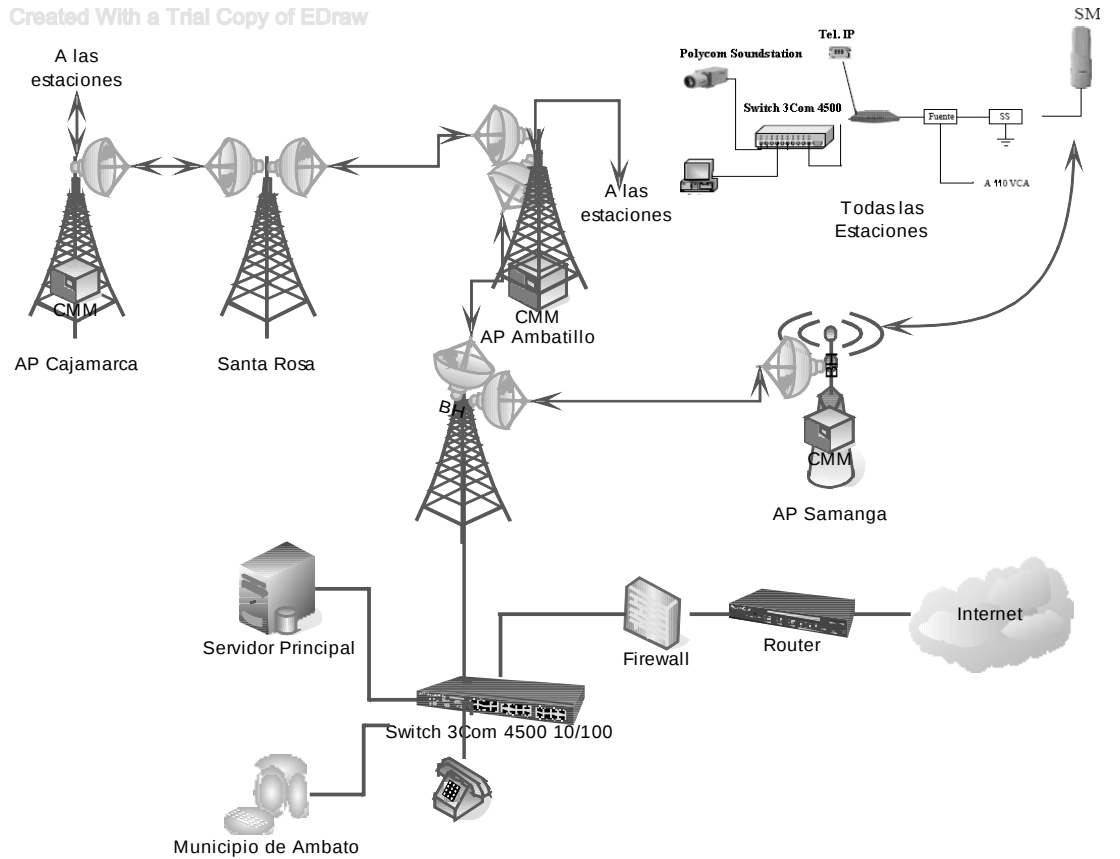


Figura 6.21 Diagrama Físico de la Red

Componente	Descripción
Switch 3Com 4500	Switch capa 3 con 24 puertos Ethernet y 2 Gigabit. Orientado a proveer conectividad entre redes que administrará el Municipio. Capaz de manejar niveles de seguridad de acceso para evitar que usuarios no autorizados ingresen desde la red de una junta parroquial a otra
Servidor	Con Linux CentOS 5.0 Servidor de Correos, Puede alojar la página web del Municipio, así como servicio FTP. Resuelve nombres de Dominio a clientes internos DNS.
Router Cisco 3620	Router de frontera Conectado serialmente al modem del proveedor de Internet y otra conexión FastEthernet para la conexión a la red privada del Municipio
Teléfono IP Linksys SPA901	Control de volumen, llamada en espera, transferencia de llamadas, servidor web



	para administración y configuración, Puerto Ethernet 10Mbps
Equipo para Videoconferencia VSX6000	Ancho de banda máximo 768 Kbps, Excelente audio y video
Firewall Cisco PIX 525	Encargado de dar seguridad a la red. En este se definen los permisos de entrada y salida de Internet y el resto de servicios
Canopy Módulo Backhaul (BH)	Conexión Punto a Punto 10 (7 efectivo) o 20 (14 efectivo) Mbps
Canopy Módulo Cluster Manager (CMM)	Switch Ethernet Receptor GPS Conectores para AP's o BH's
Módulo de Suscriptor (SM)	Protocolo Punto a Multipunto Se comunica con el AP Sectores de 60° Sirve a múltiples computadoras a través de un switch o hub

*Tabla 6.4 Descripción de los Componentes de la Red*

#### 6.6.6. DISEÑO LÓGICO

Considerando la capacidad de la red y su posterior crecimiento, esta puede tener una asignación de direcciones IP privadas, de la siguiente manera:

<b>DIRECCIÓN DE SUBRED</b>	<b>MÁSCARA DE SUBRED</b>	<b>UBICACIÓN</b>
10.102.1.0	255.255.255.0	Municipio de Ambato
10.102.2.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Ambatillo
10.102.3.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Atahualpa
10.102.4.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Augusto N. Martínez
10.102.5.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Constantino Fernández
10.102.6.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Cunchibamba
10.102.7.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Huachi Grande
10.102.8.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Izamba
10.102.9.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Juan B. Vela
10.102.10.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Montalvo
10.102.11.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Pasa
10.102.12.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Picaihua
10.102.13.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Pilahuín

10.102.14.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Pinllo
	255.255.255.0	Junta parroquial de Quisapincha
10.102.15.0	255.255.255.0	Junta parroquial de San Fernando
10.102.16.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Santa Rosa
10.102.17.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Totoras
10.102.18.0	255.255.255.0	Junta parroquial de Unamuncho

Tabla 6.5 Direccionamiento de la Red

### 6.6.7. Estudio del Perfil del Terreno y Cálculo de Radioenlaces

#### a. Enlaces Punto a Punto:

#### Municipio – Samanga Patulata:



Figura 6.22 Perfil del Enlace Municipio – Samanga Patulata

La distancia entre Municipio y SamangaP es 9,4 km (5,8 miles)  
 Azimut norte verdadero = 25,5°, Ángulo de elevación = 1,7732°  
 Variación de altitud de 361,6 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1,9F1 a 4,5km  
 La frecuencia promedio es 5800,000 MHz  
 Espacio Libre = 127,1 dB, Obstrucción = -0,4 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,0 dB  
 La pérdida de propagación total es 141,8 dB  
 Ganancia del sistema de Municipio a SamangaP es de 152,0 dB ( yagi1.ant a 25,5° ganancia = 17,0 dB )  
 Ganancia del sistema de SamangaP a Municipio es de 152,0 dB ( yagi1.ant a 205,5° ganancia = 17,0 dB )  
 Peor recepción es 10,2 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.23 Cálculos del Radioenlace Municipio – Samanga Patulata

## Municipio – Ambatillo:

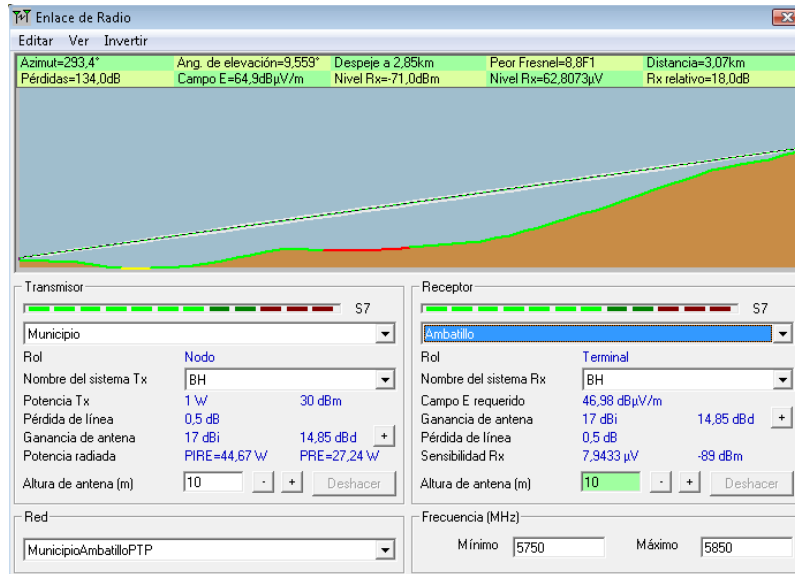


Figura 6.24 Perfil del Enlace Municipio – Ambatillo

La distancia entre Municipio y Ambatillo es 3,1 km (1,9 miles)  
 Azimut norte verdadero = 293,4°, Ángulo de elevación = 9,5589°  
 Variación de altitud de 544,1 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 8,8F1 a 2,8km  
 La frecuencia promedio es 5800,000 MHz  
 Espacio Libre = 117,4 dB, Obstrucción = 1,4 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 134,0 dB  
 Ganancia del sistema de Municipio a Ambatillo es de 152,0 dB ( yagi1. ant a 293,4° ganancia = 17,0 dB )  
 Ganancia del sistema de Ambatillo a Municipio es de 152,0 dB ( yagi1. ant a 113,4° ganancia = 17,0 dB )  
 Peor recepción es 18,0 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.25 Cálculos del Radioenlace Municipio - Ambatillo

## Ambatillo – Santa Rosa:

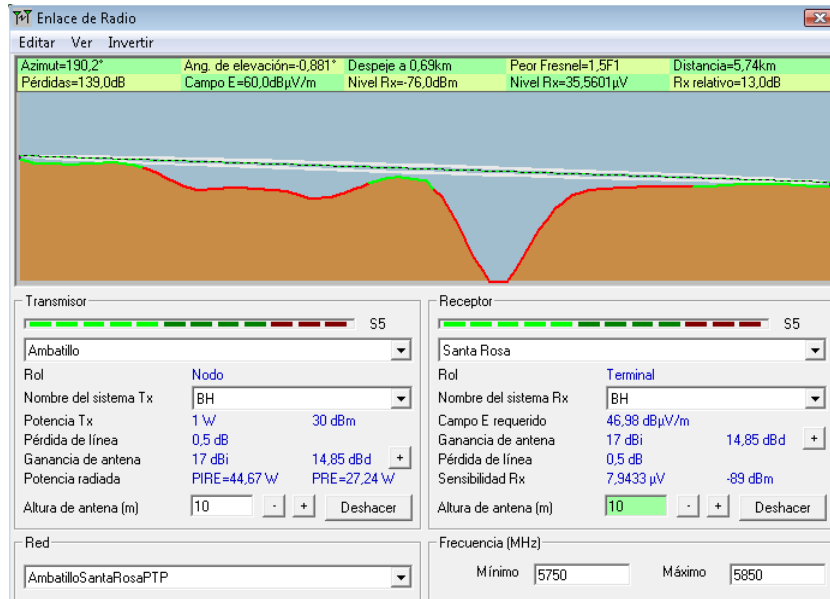


Figura 6.26 Perfil del Enlace Ambatillo – Santa Rosa

La distancia entre Ambatillo y Santa Rosa es 5,7 km (3,6 miles)  
 Azimut norte verdadero = 190,2°, Angulo de elevación = -0,8808°  
 Variación de altitud de 392,7 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1,5F1 a 0,7km  
 La frecuencia promedio es 5800,000 MHz  
 Espacio Libre = 122,8 dB, Obstrucción = 1,0 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,1 dB  
 La pérdida de propagación total es 139,0 dB  
 Ganancia del sistema de Ambatillo a Santa Rosa es de 152,0 dB ( yagi1.ant a 190,2° ganancia = 17,0 dB )  
 Ganancia del sistema de Santa Rosa a Ambatillo es de 152,0 dB ( yagi1.ant a 10,2° ganancia = 17,0 dB )  
 Peor recepción es 13,0 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.27 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Santa Rosa

## Santa Rosa – Cajamarca:

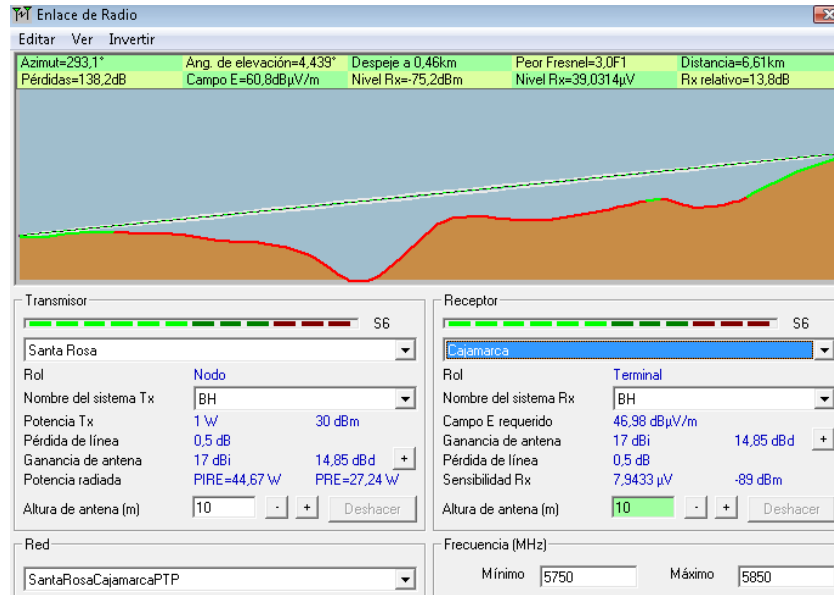


Figura 6.28 Perfil del Enlace Santa Rosa – Cajamarca

La distancia entre Santa Rosa y Cajamarca es 6,6 km (4,1 miles)  
 Azimut norte verdadero = 293,1°, Angulo de elevación = 4,4398°  
 Variación de altitud de 781,8 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 3,0F1 a 0,5km  
 La frecuencia promedio es 5800,000 MHz  
 Espacio Libre = 124,1 dB, Obstrucción = -1,1 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 138,2 dB  
 Ganancia del sistema de Santa Rosa a Cajamarca es de 152,0 dB ( yagi1.ant a 293,1° ganancia = 17,0 dB )  
 Ganancia del sistema de Cajamarca a Santa Rosa es de 152,0 dB ( yagi1.ant a 113,1° ganancia = 17,0 dB )  
 Peor recepción es 13,8 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.29 Cálculos del Radioenlace Santa Rosa – Cajamarca

## b. Enlaces Punto a Multipunto:

### Samanga Patulata – Cunchibamba:

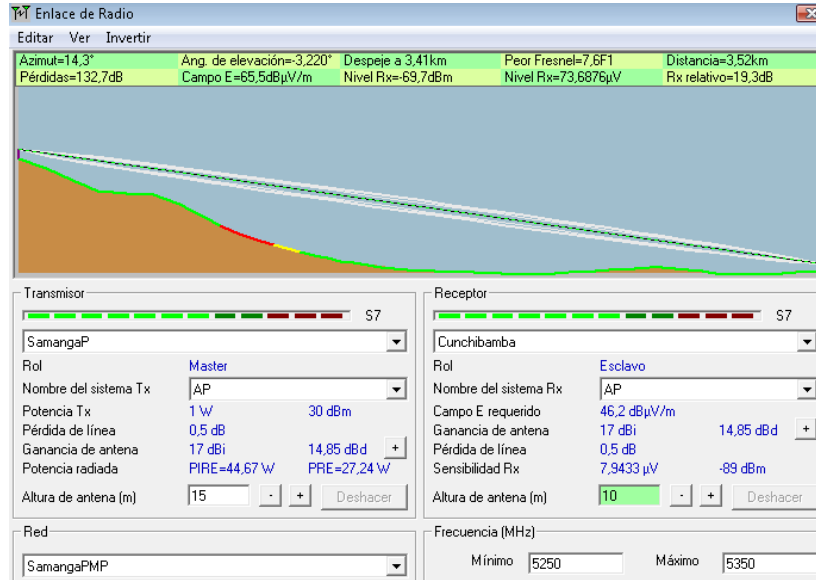


Figura 6.30 Perfil del Enlace Samanga Patulata – Cunchibamba

La distancia entre SamangaP y Cunchibamba es 3,5 km (2,2 miles)  
 Azimut norte verdadero = 14,3°, Angulo de elevación = -3,2201°  
 Variación de altitud de 186,3 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 7,6F1 a 3,4km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 117,8 dB, Obstrucción = -0,3 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 132,7 dB  
 Ganancia del sistema de SamangaP a Cunchibamba es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Cunchibamba a SamangaP es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 19,3 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.31 Cálculos del Radioenlace Samanga Patulata – Cunchibamba

## Samanga Patulata – Unamuncho:

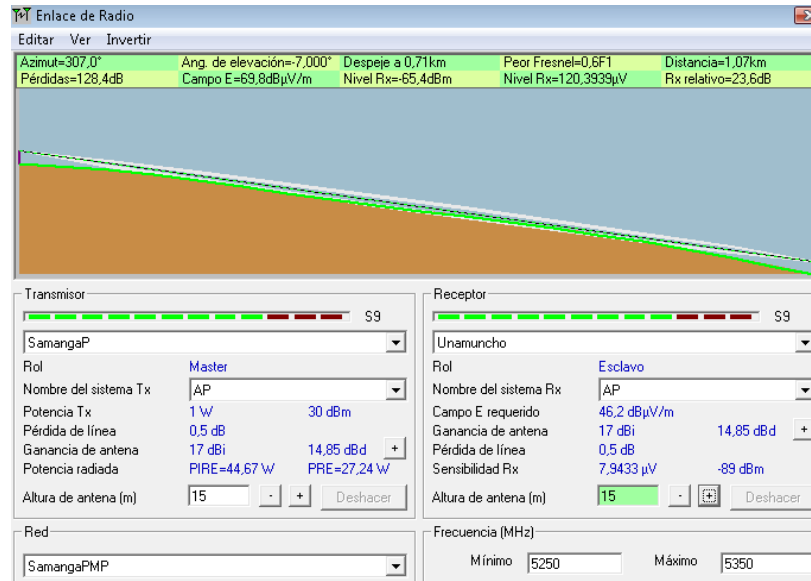
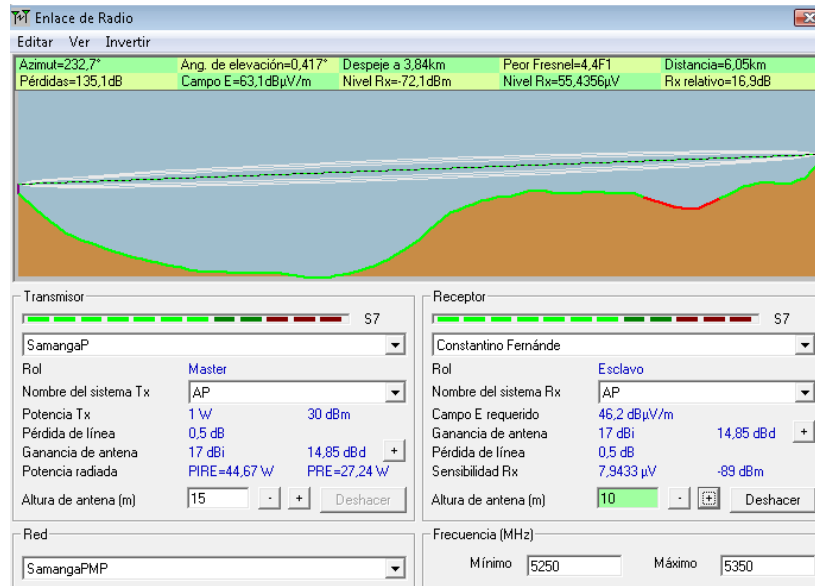


Figura 6.32 Perfil del Enlace Samanga Patulata – Unamuncho

La distancia entre SamangaP y Unamuncho es 1,1 km (0,7 miles)  
 Azimut norte verdadero = 307,0°, Angulo de elevación = -7,0003°  
 Variación de altitud de 118,3 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 0,6F1 a 0,7km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 107,4 dB, Obstrucción = 6,0 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 14,9 dB  
 La pérdida de propagación total es 128,4 dB  
 Ganancia del sistema de SamangaP a Unamuncho es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Unamuncho a SamangaP es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 23,6 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.33 Cálculos del Radioenlace Samanga Patulata – Unamuncho

Samanga Patulata – Constantino Fernández:



*Figura 6.34 Perfil del Enlace Samanga Patulata – Constantino Fernández*

La distancia entre SamangaP y Constantino Fernández es 6,1 km (3,8 miles)  
 Azimut norte verdadero = 232,7°, Angulo de elevación = 0,4172°  
 Variación de altitud de 167,2 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4,4F1 a 3,8km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 122,5 dB, Obstrucción = -2,5 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,1 dB  
 La pérdida de propagación total es 135,1 dB  
 Ganancia del sistema de SamangaP a Constantino Fernández es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Constantino Fernández a SamangaP es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 16,9 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

*Figura 6.35 Cálculos del Radioenlace Samanga Patulata – Constantino Fernández*



## Samanga Patulata –Izamba:

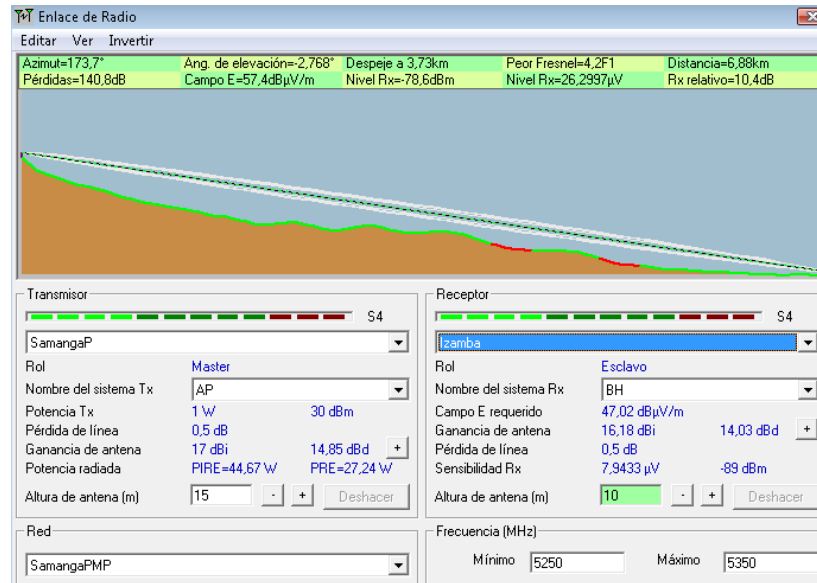


Figura 6.36 Perfil del Enlace Samaga Patulata – Izamba

La distancia entre SamangaP y Izamba es 6,9 km (4,3 miles)  
 Azimut norte verdadero = 173,7°, Angulo de elevación = -2,7680°  
 Variación de altitud de 310,8 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4,2F1 a 3,7km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 123,6 dB, Obstrucción = 2,1 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,1 dB  
 La pérdida de propagación total es 140,8 dB  
 Ganancia del sistema de SamangaP a Izamba es de 151,2 dB  
 Ganancia del sistema de Izamba a SamangaP es de 151,2 dB ( yagi1.ant a 353,7° ganancia = 16,2 dB )  
 Peor recepción es 10,4 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.37 Cálculos del Radioenlace Samanga Patulata – Izamba

## Ambatillo – Atahualpa:

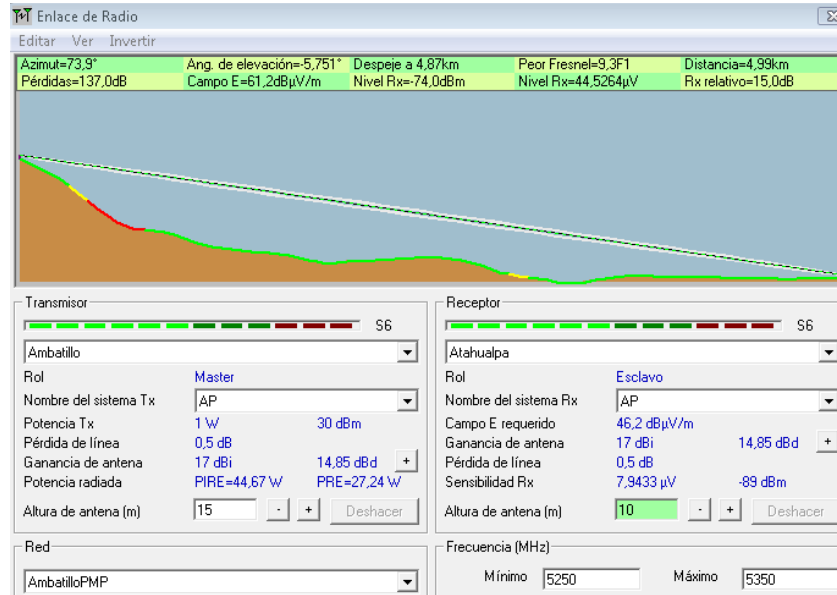
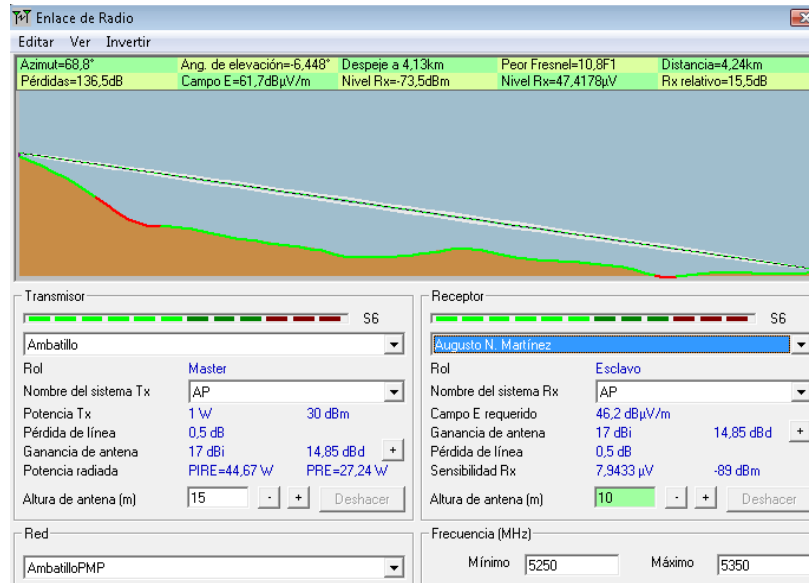


Figura 6.38 Perfil del Enlace Ambatillo – Atahualpa

La distancia entre Ambatillo y Atahualpa es 5,0 km (3,1 miles)  
 Azimut norte verdadero = 73,9°, Ángulo de elevación = -5,7505°  
 Variación de altitud de 505,5 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 9,3F1 a 4,9km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 120,8 dB, Obstrucción = 1,0 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 137,0 dB  
 Ganancia del sistema de Ambatillo a Atahualpa es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Atahualpa a Ambatillo es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 15,0 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.39 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Atahualpa

Ambatillo – Augusto N. Martínez:



*Figura 6.40 Perfil del Enlace Ambatillo – Augusto N. Martínez*

La distancia entre Ambatillo y Augusto N. Martínez es 4,2 km (2,6 miles)  
 Azimut norte verdadero = 68,8°, Ángulo de elevación = -6,4479°  
 Variación de altitud de 481,7 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 10,8F1 a 4,1km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 119,4 dB, Obstrucción = 1,9 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 136,5 dB  
 Ganancia del sistema de Ambatillo a Augusto N. Martínez es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Augusto N. Martínez a Ambatillo es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 15,5 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

*Figura 6.41 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Augusto N. Martínez*

## Ambatillo – Pinllo:

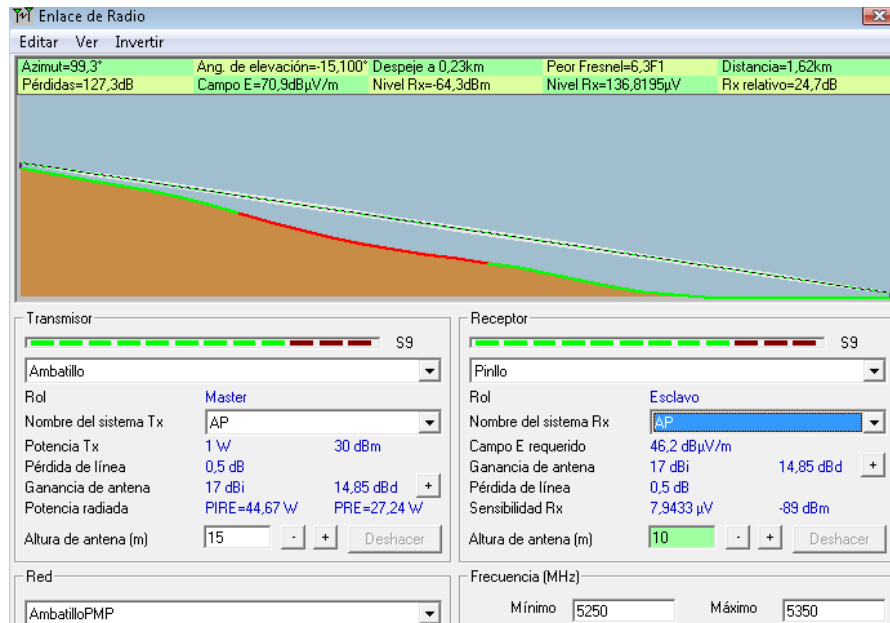


Figura 6.42 Perfil del Enlace Ambatillo – Pinllo

La distancia entre Ambatillo y Pinllo es 1,6 km (1,0 miles)  
 Azimut norte verdadero = 99,3°. Angulo de elevación = -15,0997°  
 Variación de altitud de 424,1 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 6,3F1 a 0,2km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 111,1 dB, Obstrucción = 1,0 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 127,3 dB  
 Ganancia del sistema de Ambatillo a Pinllo es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Pinllo a Ambatillo es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 24,7 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.43 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Pinllo

## Ambatillo – Huachi Grande:

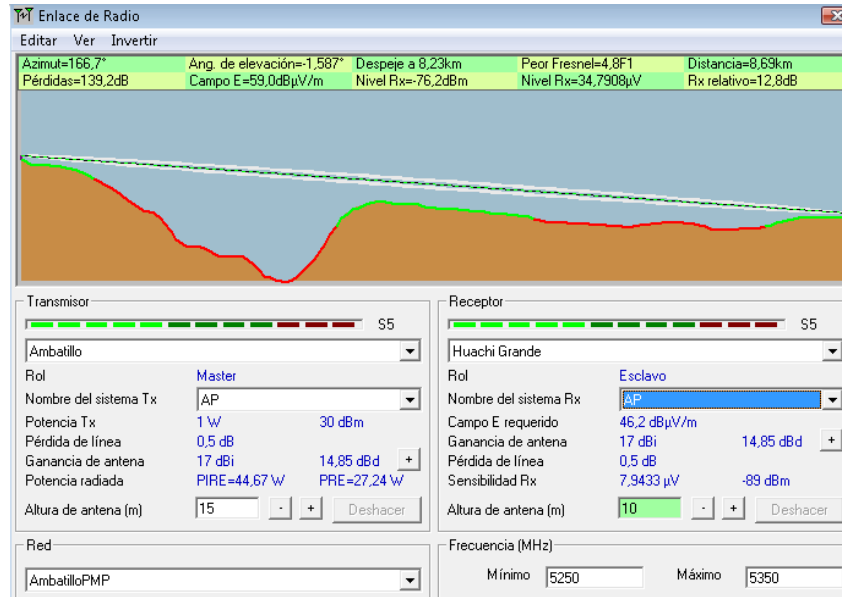


Figura 6.44 Perfil del Enlace Ambatillo – Huachi Grande

La distancia entre Ambatillo y Huachi Grande es 8,7 km (5,4 miles)  
 Azimut norte verdadero = 166,7°, Ángulo de elevación = -1,5871°  
 Variación de altitud de 482,3 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4,8F1 a 8,2km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 125,7 dB, Obstrucción = -1,6 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,1 dB  
 La pérdida de propagación total es 139,2 dB  
 Ganancia del sistema de Ambatillo a Huachi Grande es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Huachi Grande a Ambatillo es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 12,8 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.45 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Huachi Grande

## Ambatillo – Montalvo:

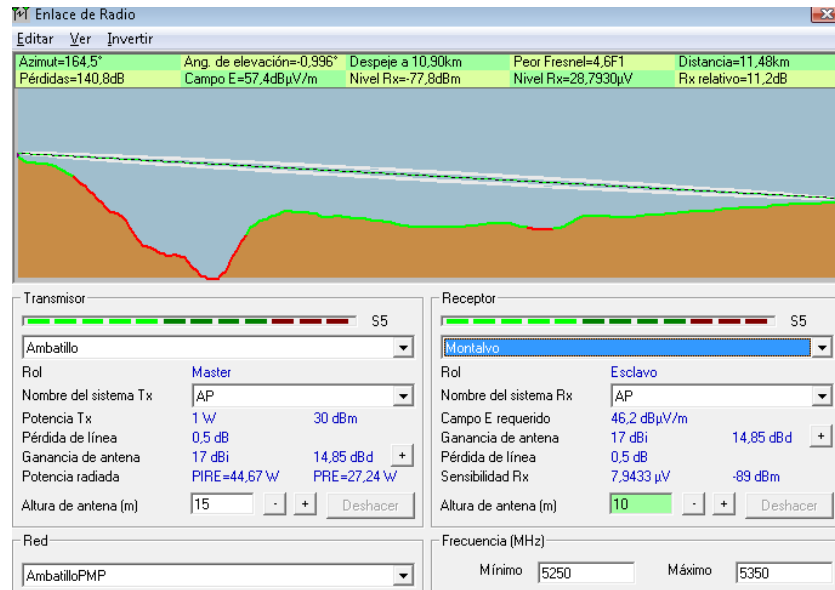


Figura 6.46 Perfil del Enlace Ambatillo – Montalvo

La distancia entre Ambatillo y Montalvo es 11,5 km (7,1 miles)  
 Azimut norte verdadero = 164,5°. Ángulo de elevación = -0,9960°  
 Variación de altitud de 488,8 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4,6F1 a 10,9km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 128,1 dB, Obstrucción = -2,3 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,1 dB  
 La pérdida de propagación total es 140,8 dB  
 Ganancia del sistema de Ambatillo a Montalvo es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Montalvo a Ambatillo es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 11,2 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.47 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Montalvo

## Ambatillo – Picaihua:

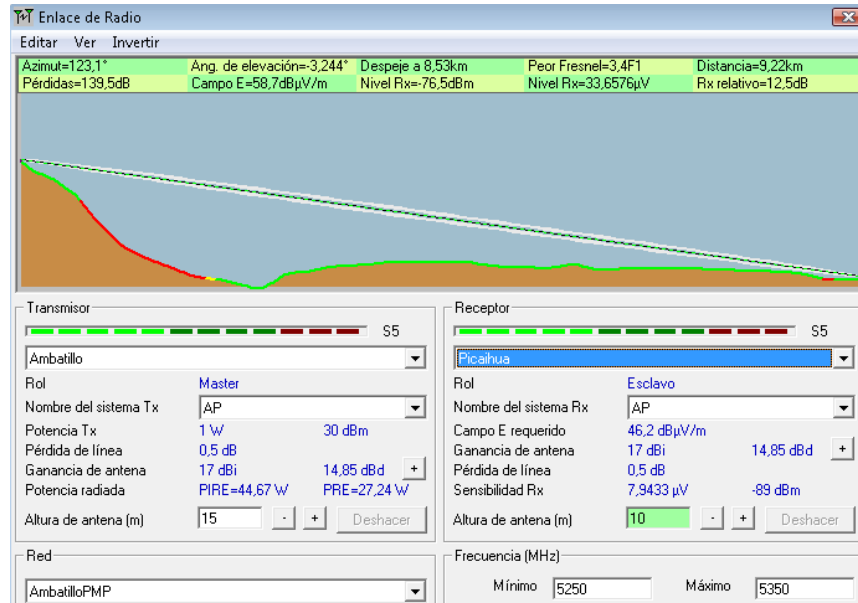


Figura 6.48 Perfil del Enlace Ambatillo – Picaihua

La distancia entre Ambatillo y Picaihua es 9,2 km (5,7 miles)  
 Azimut norte verdadero = 123,1°, Angulo de elevación = -3,2436°  
 Variación de altitud de 538,0 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 3,4F1 a 8,5km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 126,2 dB, Obstrucción = -1,8 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,1 dB  
 La pérdida de propagación total es 139,5 dB  
 Ganancia del sistema de Ambatillo a Picaihua es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Picaihua a Ambatillo es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 12,5 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.49 Cálculos del Radioenlace Ambatillo – Picaihua

## Cajamarca – Quisapincha:

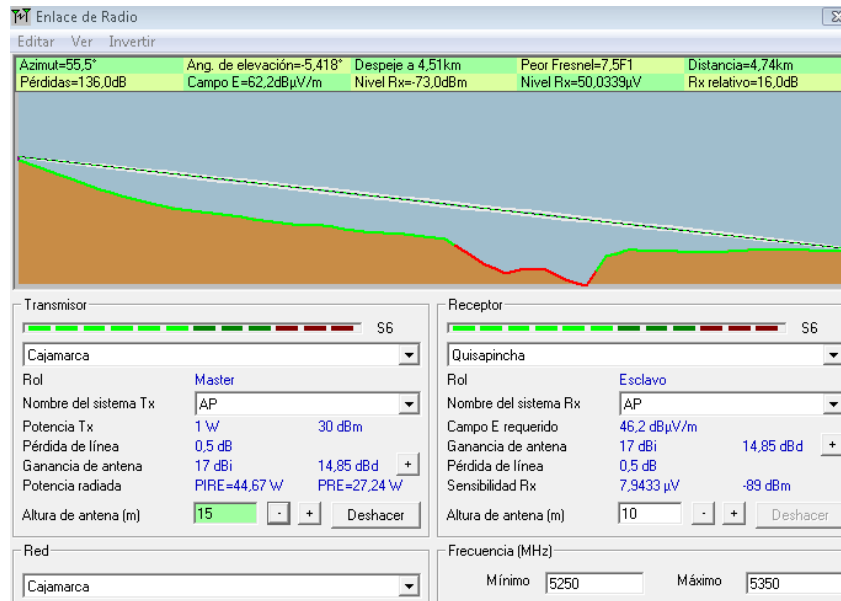


Figura 6.50 Perfil del Enlace – Cajamarca – Quisapincha

La distancia entre Cajamarca y Quisapincha es 4,7 km (2,9 miles)  
 Azimut norte verdadero = 55,5°, Angulo de elevación = -5,4181°  
 Variación de altitud de 600,5 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 7,5F1 a 4,5km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 120,4 dB, Obstrucción = 0,4 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 136,0 dB  
 Ganancia del sistema de Cajamarca a Quisapincha es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Quisapincha a Cajamarca es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 16,0 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.51 Cálculos del Radioenlace Cajamarca – Quisapincha



## Cajamarca – San Fernando:

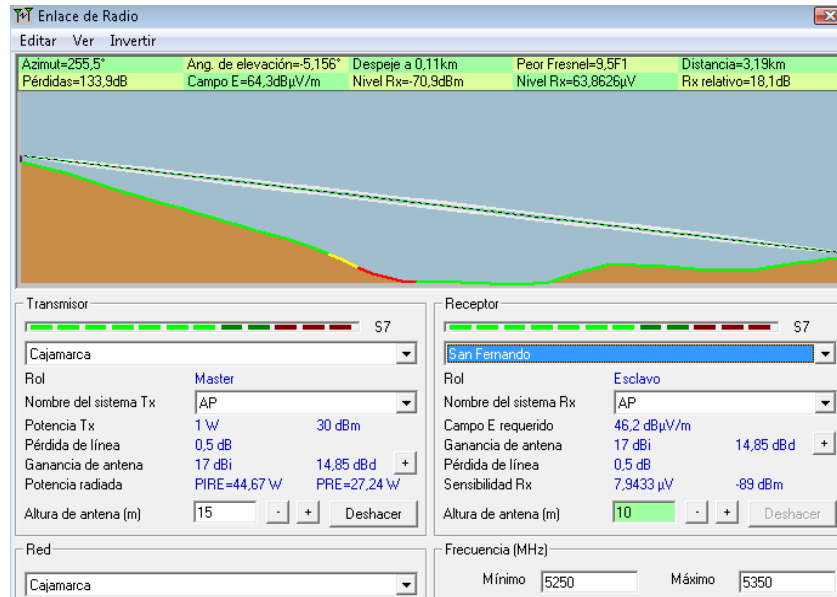


Figura 6.52 Perfil del Enlace Cajamarca – San Fernando

La distancia entre Cajamarca y San Fernando es 3,2 km (2,0 miles)  
 Azimut norte verdadero = 255,5°, Angulo de elevación = -5,1556°  
 Variación de altitud de 353,1 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 9,5F1 a 0,1km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 117,0 dB, Obstrucción = 1,7 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 133,9 dB  
 Ganancia del sistema de Cajamarca a San Fernando es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de San Fernando a Cajamarca es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 18,1 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.53 Cálculos del Radioenlace Cajamarca – San Fernando

## Cajamarca – Juan B. Vela:

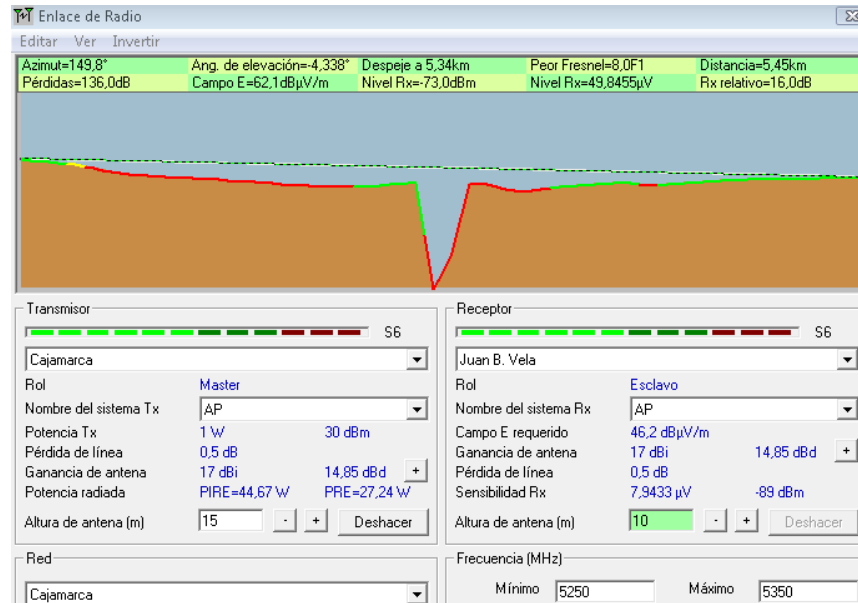


Figura 6.54 Perfil del Enlace Cajamarca – Juan B. Vela

La distancia entre Cajamarca y Juan B. Vela es 5,5 km (3,4 miles)  
 Azimut norte verdadero = 149,8°, Angulo de elevación = -4,3378°  
 Variación de altitud de 2971,5 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 8,0F1 a 5,3km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 121,6 dB, Obstrucción = -0,8 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 136,0 dB  
 Ganancia del sistema de Cajamarca a Juan B. Vela es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Juan B. Vela a Cajamarca es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 16,0 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.55 Cálculos del Radioenlace Cajamarca – Juan B. Vela

## Cajamarca – Pilahuín:

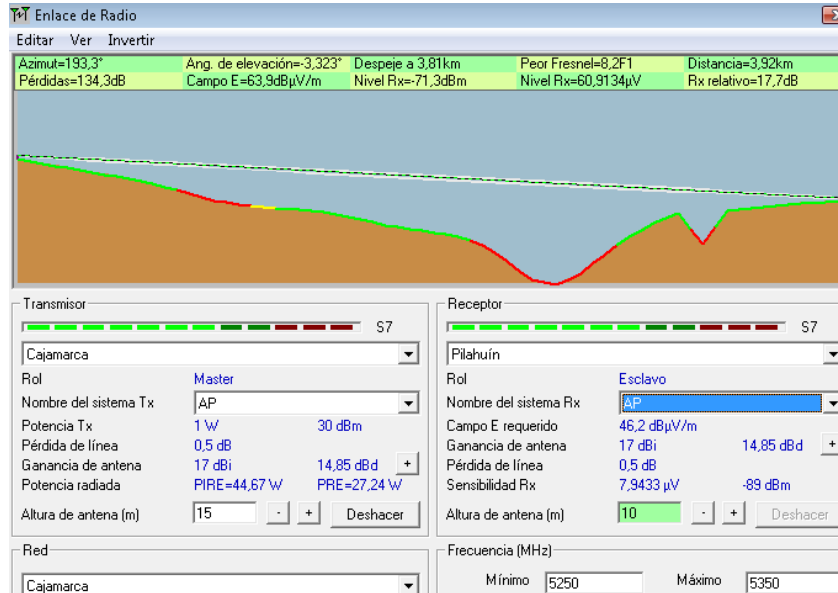


Figura 6.56 Perfil del Enlace Cajamarca – Pilahuín

La distancia entre Cajamarca y Pilahuín es 3,9 km (2,4 miles)  
 Azimut norte verdadero = 193,3°, Angulo de elevación = -3,3228°  
 Variación de altitud de 650,4 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 8,2F1 a 3,8km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 118,8 dB, Obstrucción = 0,3 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 134,3 dB  
 Ganancia del sistema de Cajamarca a Pilahuín es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Pilahuín a Cajamarca es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 17,7 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.57 Cálculos del Radioenlace Cajamarca – Pilahuín

## Cajamarca – Totoras:

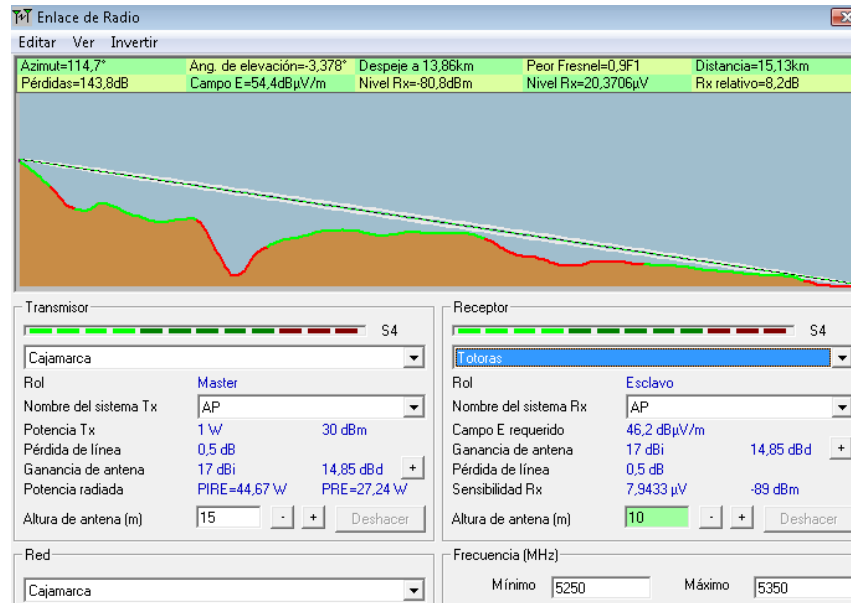


Figura 6.58 Perfil del Enlace Cajamarca – Totoras

La distancia entre Cajamarca y Totoras es 15,1 km (9,4 miles)  
 Azimut norte verdadero = 114,7°, Angulo de elevación = -3,3780°  
 Variación de altitud de 864,9 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 0,9F1 a 13,9km  
 La frecuencia promedio es 5300,000 MHz  
 Espacio Libre = 130,5 dB, Obstrucción = -1,7 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,0 dB  
 La pérdida de propagación total es 143,8 dB  
 Ganancia del sistema de Cajamarca a Totoras es de 152,0 dB  
 Ganancia del sistema de Totoras a Cajamarca es de 152,0 dB  
 Peor recepción es 8,2 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.59 Cálculos del Radioenlace Cajamarca – Totoras

## Pilahuín – Pasa:

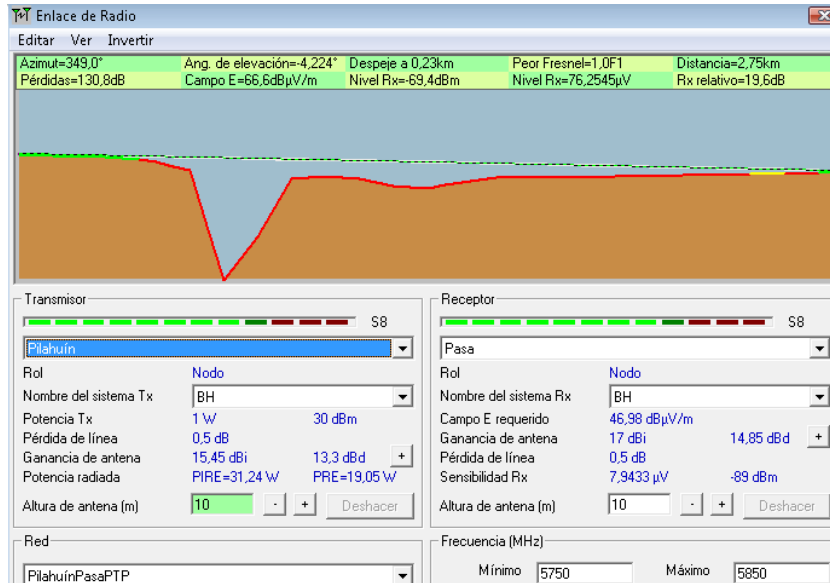


Figura 6.60 Perfil del Enlace Pilahuín – Pasa

La distancia entre Pilahuín y Pasa es 2,8 km (1,7 miles)  
 Azimut norte verdadero = 349,0°, Angulo de elevación = -4,2239°  
 Variación de altitud de 1559,8 m  
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1,0F1 a 0,2km  
 La frecuencia promedio es 5800,000 MHz  
 Espacio Libre = 116,5 dB, Obstrucción = -0,9 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 15,2 dB  
 La pérdida de propagación total es 130,8 dB  
 Ganancia del sistema de Pilahuín a Pasa es de 150,4 dB (yagi1.ant a 349,0° ganancia = 15,4 dB )  
 Ganancia del sistema de Pasa a Pilahuín es de 150,4 dB (yagi1.ant a 169,0° ganancia = 17,0 dB )  
 Peor recepción es 19,6 dB sobre el señal requerida a encontrar  
 90,000% de tiempo, 80,000% de ubicaciones, 80,000% de situaciones

Figura 6.61 Cálculos del Radioenlace Pilahuín – Pasa

### c. Resumen de Cálculos de Radioenlace

Parámetros Enlaces	Distancia(Km)	Mínimo despeje fresnel F1	Pérdida de propagación total (dB)	Ganancia del sistema (dB)	Peor recepción (dB)
Municipio-Samanga	9,4	1,9 a 4,5 Km	141,8	152	10,2
Municipio-Ambatillo	3,1	8,8 a 2,8 Km	134	152	18
Ambatillo-Santa Rosa	5,7	1,5 a 0,7 Km	139	152	13
Santa Rosa-Cajamarca	6,6	3 a 0,5 Km	138,2	152	13,8
Samanga-Cunchibamba	3,5	7,6 a 3,4 Km	132,7	152	19,3

Samanga-Unamuncho	1,1	0,6 a 0,7 Km	128,4	152	23,6
Samanga-Constantino Fernández	6,1	4,4 a 3,8 Km	135,1	152	16,9
Samanga-Izamba	6,9	4,2 a 3,7 Km	140,8	151,2	10,4
Ambatillo-Atahualpa	5	9,3 a 4,9 Km	137	152	15
Ambatillo-A. Martínez	4,2	10,8 a 4,1 Km	136,5	152	15,5
Ambatillo-Pinllo	1,6	6,3 a 0,2 Km	127,3	152	24,7
Ambatillo-Huachi Grande	8,7	4,8 a 8,2 Km	139,2	152	12,8
Ambatillo-Montalvo	11,5	4,8 a 10,9 Km	140,8	152	11,2
Ambatillo-Picaihua	9,2	3,4 a 8,5 Km	139,5	152	12,5
Cajamarca-Quisapincha	4,7	7,5 a 4,5 Km	136	152	16
Cajamarca-San Fernando	3,2	9,5 a 0,1 Km	133,9	152	18,1
Cajamarca-Juan B. Vela	5,5	8 a 5,3 Km	136	152	16
Cajamarca-Pilahuín	3,9	8,2 a 3,8 Km	134,3	152	17,7
Cajamarca-Totoras	15,1	0,9 a 13,9 Km	143,8	152	8,2
Pilahuín-Pasa	2,8	1 a 0,2 Km	130,8	150,4	19,6

*Tabla 6.6 Resumen de datos de Radioenlaces*

## **6.7. Marco Administrativo**

### **6.7.1. Recursos Institucionales**

- Ilustre Municipio de Ambato
- Universidad Técnica de Ambato

- Juntas Parroquiales de Ambato

### 6.7.2. Talentos Humanos

Persona	Cargo
Ing. Francisco López	Director de Informática del Ilustre Municipio de Ambato
Ing. Giovanny Brito M.Sc.	Asesor del Proyecto de Tesis
Ing. Francisco Vásquez	Investigador
Personal del Depto. De Informática del Municipio de Ambato	

Tabla 6.6 Talentos Humanos

### 6.7.3. Materiales

Estaciones	SM	SM+ reflector	BH	AP	CMM	PC	Switch	Torre 10m	Luz baliza	Pararrayos	Caja Intemp	Puesta a tierra	UPS
Municipio			2			1	1	1	1	1	1	1	1
Ambatillo			2	2	1		1	1	1	1	1	1	1
Atahualpa		1					1						1
A. Martínez		1					1						1
C. Fernández		1					1						1
Cunchibamba		1					1						1
H. Grande		1					1						1
Izamba		1					1						1
Juan B. Vela		1					1						1
Montalvo		1					1						1
Pasa	1						1						1
Picaihua		1					1						1
Pilahuín		1		1	1		1						1
Pinlo	1						1						1
Quisapincha		1					1						1
San Fernando	1						1						1
Santa Rosa			2				1	1	1	1	1	1	1
Totoras		1					1	1	1	1			1
Unamuncho	1						1						1
Samanga Pat.			1	3	1			1	1	1	1	1	1
Cajamarca			1	3	1			1	1	1	1	1	1

Tabla 6.7 Materiales

### 6.7.4. Financieros

#### a. Costo Primario

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (\$)</b>	<b>Precio Total (\$)</b>
SM (Módulo de Suscriptor) 5,2 GHz HK1022A	4	721	2884
SM + reflector 5,2 GHz HK1028A	12	1060	12720
AP Advantage (Access Point) 5,2 GHz HK1023A	9	1385	12465
CMM (Cluster Management Module ) HK1029A	4	1780	7120
BH (Backhaul) con reflector 20 Mbps - 5,7 GHz HK1036A	8	1985	15880
Switch 3Com 4500	19	1140	21660
Servidor	1	2000	2000
Router Cisco	1	450	450
Teléfono IP Linksys SPA901	19	108	2052
Equipos de Videoconferencia Polycom VSX6000	19	4120	78280
Torre de 10m	6	1500	9000
Pararrayos	6	100	600
Luz de Baliza	6	200	1200
Caja Intemperie	5	160	800
Cable a tierra	6	200	1200
UPS	21	720	15120
Bobina cable UTP cat. 5e	1	250	250
Conectores RJ45	80	0,65	52
Mano de Obra		15000	
<b>TOTAL</b>			<b>198733</b>

*Tabla 6.8 Coste Primario*



El costo total del proyecto es de 198733 dólares, el mismo que puede ser incluido dentro del presupuesto anual que maneja el Municipio de Ambato para el próximo año.

**b. Costo Secundario**

Detalle	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Transporte	80	1,5	120
Hora Internet	800	1	800
Resma hojas	4	4,5	18
Impresiones	1200	0,25	300
Material de oficina	20	5	100
Imprevistos			120
<b>TOTAL</b>			<b>1458</b>

*Tabla 6.9 Coste Secundario*

El costo secundario es de 1458 dólares, y por ser este un proyecto de tesis, este valor fue cubierto por el autor.

**6.7.5. Cronograma**

TIEMPO	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE							
	SEMANAS																															
ACTIVIDAD	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Selección del Tema y Delimitación	X	X																														
Recolección de Información			X	X	X	X																										
Desarrollo del Proyecto							X	X	X	X	X	X	X	X																		
Presentación del Proyecto															X																	
Revisión del proyecto y Corrección																	X	X	X	X	X											
Elaboración del Informe Final																									X	X	X	X	X	X		
Presentación																															X	X

*Tabla 6.10 Cronograma*

**6.8. Previsión de la Evaluación de la Propuesta**

Una vez concluido el diseño de la red, podemos decir que se consiguió enlazar a todas las parroquias rurales de Ambato con su Municipio, de una manera confiable y económica.

**a. Recuperación de la Inversión**

Considerando una estimación actual de gastos mensuales en los que incurre el Municipio de Ambato debido a la inexistencia de un sistema de comunicaciones en cada junta parroquial, se tiene:

<b>Detalle</b>	<b>Precio Unitario (\$)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total (\$)</b>
Internet Móvil	40	1	40
Pasajes	1	100	100
Gasolina	1,50	40	60
Papel	4	3	12
Tinta Impresora	10	4	40
Horas Trabajador perdidas por trámites	3	40	120
Material de oficina	10	2	20
Mantenimiento vehículo municipal	50	1	50
Varios			100
<b>TOTAL</b>			<b>542</b>

*Tabla 6.11 Estimación de gastos mensuales*

Tomando en cuenta que este gasto se lo efectúa en cada parroquia tendremos un total mensual de  $18 \times 542 = 9756$  aproximadamente 10000 dólares.

Si se estima los gastos para un año  $12 \times 10000\$ = 120000\$$  y con una inversión de 198733 \$ que se recuperarán en el transcurso del segundo año.

Con el sistema Canopy en un solo sitio se puede comenzar a prestar servicios de comunicaciones de Banda Ancha rápidamente a una comunidad que se encuentre dentro de 3 kilómetros (2 millas) en la banda de 5.2Ghz y hasta 16 kilómetros (10 millas) si se utiliza reflector pasivo en la banda de 5.7Ghz. Más aún, los Módulos de Punto de Acceso incluyen todas las capacidades de

administración y diagnóstico de la red que se necesita para controlar y supervisar a distancia.

Las dificultades de acceso a recursos de financiación por parte de las comunidades rurales hacen que la implementación de infraestructura de telecomunicaciones dependa de las grandes empresas. Y aunque éstas tienen la capacidad económica o facilidades de acceso a fondos de financiación, no tienen interés en trabajar con comunidades remotas. Se limitan a la provisión de servicios de baja calidad y altos costos o simplemente, debido al desconocimiento de la realidad local, no generan alternativas viables y apropiadas para las comunidades.

Es por esto que la solución planteada, traerá consigo la inclusión tecnológica a las poblaciones rurales por parte del propio Municipio de Ambato, quien se hará cargo de la administración y mantenimiento de la red.

Es de suma importancia impulsar mecanismos locales de apropiación social de tecnologías, que deben incluir desde procesos de capacitación en los aspectos técnicos de implementación y mantenimiento de la red, hasta la sensibilización sobre el potencial de estas tecnologías para conseguir el desarrollo de las zonas rurales.

## CAPÍTULO VII

### BIBLIOGRAFÍA

Stallings, W. (2004); *Comunicaciones y Redes de Computadores*. Prentice Hall, Pearson Education.

Tomasi, W. (2003); *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, cuarta edición*, Pearson Education.

Tanenbaum, A. (2001); *Redes de Computadora*". Cuarta edición; Prentice Hall; Pearson Education

Frenzel, L. (2004); *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*. Alfaomega;

Corrales, L. (2006); *Telecomunicaciones Inalámbricas*. Escuela Politécnica Nacional

### FUENTES DE INFORMACION EN INTERNET

[http://www.datarq.fadu.uba.ar/sigradi/e-magazine/era\\_de\\_redes.htm](http://www.datarq.fadu.uba.ar/sigradi/e-magazine/era_de_redes.htm)

<http://www.virusprot.com/cursos/Redes-Inal%C3%A1mbricas-Curso-gratis13.htm>

<http://telecentros1.inictel.net/infraestructura.shtml>

[http://www.videnet.gatech.edu/cookbook.es/list\\_page.php](http://www.videnet.gatech.edu/cookbook.es/list_page.php)

<http://www.uniandesonline.edu.ec/revistas/index.php>

<http://www.colnodo.org.co/?s=r&apc=r1-1--&x=12530>

<http://www.tesamerica.com.bo/index.php/services/ingenieriadetransmision.html>

<http://www.wlanmall.com>

<http://www.mastermagazine.info/articulo/8826.php>

<http://www.radiocomunicacion.com.pe/canopy-motorola.htm>

[http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/014240/014240\\_Cap1.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/014240/014240_Cap1.pdf)

<http://innovacion.ita.es/labora/CongresoTelecentros/menu3/doc/Resumen%20r>

ed%20rural.doc.pdf

<http://www.ugr.es/~sevimeco/biblioteca/distancia/Jose%20Antonio%20Ortega%20Carrillo%20-%20Construyendo%20la%20ciberescuela.pdf>

<http://telecentrosrurales.net/noticias/noticia.php>

[http://www.siemon.com/la/white\\_papers/03-08-26-VideoOverIP.asp](http://www.siemon.com/la/white_papers/03-08-26-VideoOverIP.asp)

<http://www.itecuador.com/2010/05/estudio-inec-hogares-73-7-posee-telefoniamovil-y-solo-el-7-7-acceso-a-internet/>

<http://www.scribd.com/doc/30412889/Fase-Investigacion-Documento-Final>

[http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version1/South\\_America](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version1/South_America)



Otros ( )

5. Qué servicios cree Ud. que se deben utilizarán más en esta red?

Telefonía IP ( )

VoIP ( )

Videoconferencia ( )

Internet inalámbrico ( )

6. ¿Qué medidas de seguridad se pueden configurar en la red?

Autenticación ( )

Antivirus ( )

Control de Uso ( )

7. ¿Qué beneficios traerá la implementación de la red?

Tener un sistema de comunicación entre el Municipio de Ambato y sus parroquias rurales ( )

Mejorar el desarrollo socio-económico de las parroquias rurales ( )

Elevar la calidad de vida de las personas que habitan en estas zonas ( )

Todas las anteriores ( )

8. ¿Posee el Municipio de Ambato personal calificado para administrar la red?

a. SI ( )

b. NO ( )

9. Considera Ud. que el Municipio de Ambato dispone del presupuesto para implementar esta red?

a. SI ( )

b. NO ( )

¡Agradecemos cordialmente su colaboración!