

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA  
PARA EL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN LA CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TATIANA MARIANELA PAZMIÑO LUCIO**

**DIRECTOR: ING. FERNANDO CARRERA**

**Quito, Junio 2004**

## DECLARACIÓN

Yo, Tatiana Marianela Pazmiño Lucio, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

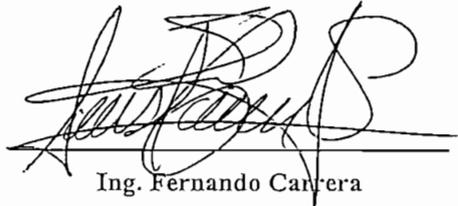


---

Tatiana Marianela Pazmiño Lucio

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Tatiana Marianela Pazmiño Lucio, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fernando Cantera', written over a horizontal line.

Ing. Fernando Cantera

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Un especial agradecimiento al Ingeniero Fernando por su acertada dirección en el presente proyecto, y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para la culminación del mismo.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico primeramente a Dios por la fortaleza que me ha dado para poder culminar mi carrera.

A mis padres por estar conmigo en las buenas y en las malas, por educarme, por los valores impartidos y por los consejos dados en el momento oportuno.

A mi esposo por su apoyo incondicional.

Y a quienes son la razón de mi existencia "mis hijos".

Tatiana

**CONTENIDO**

**RESUMEN**..... xii

**PRESENTACIÓN**..... xiv

**CAPITULO 1**

**MARCO TEÓRICO**..... 1

**1.1 INTRODUCCIÓN**..... 2

**1.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN**..... 2

**1.2.1 INTRODUCCION**..... 2

**1.2.2 PARES TRENZADOS**..... 4

**1.2.2.1 Descripción física**..... 4

**1.2.2.2 Tipos de trenzado**..... 6

*1.2.2.2.1 UTP: Unshielded Twisted Pair (Par trenzado sin apantallar)*..... 6

*1.2.2.2.2 STP: Shielded Twisted Pair (Par trenzado apantallado)*..... 6

**1.2.2.3 Aplicaciones**..... 7

**1.2.3 CABLE COAXIAL**..... 7

**1.2.3.1 Descripción física**..... 7

**1.2.3.2 Clasificación**..... 8

*1.2.2.3.1 Cables coaxiales estándar de tipo RG*..... 9

*1.2.2.3.2 Cables coaxiales con núcleos aislados por aire*..... 9

*1.2.2.3.3 Cables coaxiales de polietileno celular irradiado*..... 9

**1.2.3.3. Aplicaciones**..... 9

**1.2.4 FIBRA ÓPTICA**..... 10

**1.2.4.1. Descripción física** ..... 10

**1.2.4.2. Tipos** ..... 11

*1.2.4.2.1 Fibras multimodo de índice de escala* ..... 12

*1.2.4.2.2 Fibras monomodo de índice de escala* ..... 12

*1.2.4.2.3 Fibras Multimodo de índice gradual*..... 12

**1.2.4.3. Aplicaciones**..... 13

**1.2.5 RADIOCOMUNICACIÓN**..... 13

**1.2.5.1 Omnidireccionales**..... 14



1.3.3.3	<i>Factores inherentes al diseño de la celda LMDS</i> .....	42
1.3.3.4	WLL.....	43
1.4	<b>ESTADO ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES EN EL CENTRO HISTORICO DE QUITO</b> .....	44
 <b>CAPITULO 2</b>		
	<b>ESTUDIO PREVIO AL DISEÑO DE RED</b> .....	46
2.1	<b>ESTUDIO DE MERCADO</b> .....	47
2.1.1	OBJETIVOS.....	47
2.1.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	47
2.1.3	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	48
2.1.4	ESTADO ACTUAL DE UNA RED EN EL CENTRO HISTORICO DE QUITO.....	50
2.1.5	DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PUNTOS .....	51
2.1.6	UBICACIÓN DE LOS USUARIOS EN EL MAPA.....	53
2.1.7	ANCHOS DE BANDA REQUERIDOS .....	53
2.1.8	REQUERIMIENTOS DE UN SISTEMA DE ACCESO MODERNO.....	55
2.2	<b>FACTORES A CONSIDERARSE EN EL DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA</b> .....	56
2.2.1	COBERTURA .....	56
2.2.2	RENDIMIENTO.....	57
2.2.3	INTEGRIDAD Y FIABILIDAD.....	57
2.2.4	COMPATIBILIDAD CON REDES EXISTENTES.....	57
2.2.5	INTEROPERATIVIDAD DE LOS DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS DENTRO DE LA RED.....	58
2.2.6	INTERFERENCIA Y COEXISTENCIA .....	58
2.2.7	LICENCIAS.....	59
2.2.8	SIMPLICIDAD Y FACILIDAD DE USO.....	59
2.2.9	SEGURIDAD EN LA COMUNICACIÓN.....	60
2.2.10	ESCALABILIDAD.....	60

## CAPITULO 3

<b>DISEÑO DE RED</b> .....	62
<b>3.1 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS INALÁMBRICAS</b> .....	63
3.1.1 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.....	64
<b>3.2 REQUERIMIENTOS</b> .....	65
<b>3.3 DISEÑO DE LA RED</b> .....	67
3.3.1 ANÁLISIS DE LÍNEAS DE VISTA .....	67
3.3.2 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES BASE.....	72
3.3.3 COBERTURA DE CLIENTES DESDE LAS ESTACIONES BASE.....	73
<b>3.4 CÁLCULOS DEL ENLACE</b> .....	75
3.4.1 DISEÑO DE LAS CELDAS.....	79
3.4.1.1 Cobertura con ángulo de 30 grados.....	80
3.4.1.2 Cobertura con ángulo de 45 grados.....	80
3.4.1.3 Cobertura con ángulo de 60 grados.....	81
3.4.1.4 Selección del diseño en base a su cobertura.....	82
3.4.1.5 Elección del ángulo de elevación de las antenas de la base.....	83
3.4.1.5.1 Cálculos del ángulo requerido.....	84
3.4.2 CALCULO DE LA CAPACIDAD REQUERIDA.....	85
<b>3.5 DESCRIPCIÓN DE DIFERENTES EQUIPOS QUE USEN TECNOLOGÍA SPREAD SPECTRUM</b> .....	86
3.5.1 EQUIPO Kb/SS.....	87
3.5.1.1 Funcionalidad del equipo remoto.....	87
3.5.1.2 Administración del sistema.....	87
3.5.2 EQUIPO ORINOCO.....	88
3.5.2.1 Funcionalidad del equipo remoto.....	88
3.5.2.2 Administración del sistema.....	89
3.5.3 EQUIPO TSUNAMI.....	89
3.5.3.1 Funcionalidad del equipo remoto.....	89

3.5.3.2	Administración del sistema.....	90
3.5.4	EQUIPO TRANGO.....	90
3.5.4.1	Funcionalidad del Equipo Remoto.....	90
3.5.4.2	Administración del sistema.....	91
3.5.5	RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES MARCAS DE EQUIPOS.....	91
3.5.6	ELECCIÓN DEL EQUIPO.....	92
3.5.7	CANALIZACIÓN DE FRECUENCIAS.....	93
3.5.8	COMUNICACIÓN ENTRE ESTACIONES BASE.....	94
3.5.9	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO FINAL.....	95
3.5.10	GRÁFICO DEL DISEÑO FINAL.....	96
3.5.11	RESUMEN DEL DISEÑO FINAL.....	96
3.5.11.1	Tabla con cálculos de propagación.....	97
3.6	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	99

## CAPITULO 4

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO .....	100
4.1 INTRODUCCIÓN.....	101
4.2 COSTOS RED ALAMBRICA.....	101
4.2.1 HARDWARE.....	102
4.2.2 PROTECCIONES ELECTRICAS.....	103
4.2.3 PLANTA INTERNA.....	103
4.2.4 PLANTA EXTERNA.....	104
4.2.5 COSTO POR EQUIPOS DONDE LOS CLIENTES.....	105
4.2.6 RESUMEN CAPITAL INVERTIDO EN LA RED DE CABLE.....	105
4.2.7 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LA RED DE CABLE.....	106
4.3 COSTOS RED INALÁMBRICA.....	107
4.3.1 COSTOS DE INVERSIÓN.....	107
4.3.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	108
4.4 ANALISIS DE BENEFICIOS.....	109
4.4.1 INGRESOS.....	111

4.4.2 EGRESOS.....	112
4.4.3 INGRESOS MENOS EGRESOS.....	113
4.4.3.1 INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	114
<b>CAPITULO 5</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>117</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	118
5.2 RECOMENDACIONES.....	119
<b>VOCABULARIO.....</b>	<b>121</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>130</b>

## RESUMEN

En las principales ciudades del país se vienen ejecutando los proyectos de regeneración urbana, con el fin de mejorar la apariencia de las ciudades como su calidad de vida.

Los proyectos incluyen eliminación de postes y paredes para el paso de los cables de luz, teléfono, líneas dedicada, líneas de televisión por cable, etc., mediante la construcción de ductos para el paso de los cables indicados.

Una alternativa al uso de ductos, constituyen las redes inalámbricas, que como muestran las tendencias en libros y revistas especializados de telecomunicaciones, sus índices actuales de crecimiento y expectativas a futuro son mayores a los de las redes alámbricas.

Con este antecedente el presente proyecto está enfocado a diseñar una red inalámbrica que permita ofertar los mismos servicios que una red alámbrica de datos al Centro Histórico de Quito.

Este trabajo consta de cinco capítulos distribuidos de la siguiente manera:

En el Capítulo 1 se hace una introducción al tema, describiendo los medios de transmisión en general y profundizando en los inalámbricos. Luego se revisa las tecnologías de transmisión que podrían servir para su desarrollo.

En el Capítulo 2, se realiza un análisis del mercado existente, tomando como base el de un carrier interesado en este estudio y que facilitó la información de su cartera de clientes.

El diseño de la red inalámbrica se lo realiza en el Capítulo 3, donde se elige una de las tecnologías descritas en el capítulo uno. Luego se hace una revisión de las marcas más representativas en el mercado para la elección de los equipos a utilizarse.

En el Capítulo 4 se realiza un estudio económico y cálculo de factores de rentabilidad para determinar la viabilidad del proyecto.

Por último en el Capítulo 5 se encuentran las conclusiones y recomendaciones referentes a los resultados obtenidos en la realización del presente estudio.

## PRESENTACIÓN

En general un enlace inalámbrico es implementado en sitios de difícil acceso con cable o como en el caso de este proyecto, debido a las reglamentaciones existentes por parte del Municipio.

El diseño de esta red inalámbrica que cubre un importante sector financiero y comercial ubicado en el Centro Histórico de Quito, fue realizado empleando la tecnología de comunicaciones inalámbricas *Spread Spectrum*.

En la tecnología *Spread Spectrum* la señal transmitida es ensanchada en frecuencia, ocupando un ancho de banda mucho más amplio que el que requiere la señal. Trabaja en las bandas no licenciadas de 2,4 y 5,8 Ghz. Y permite el desarrollo e implementación de redes punto multipunto de bajo costo.

La ciudad se encuentra saturada de enlaces *Spread Spectrum* especialmente en la banda de 2,4 Ghz; razón por la cual para este proyecto se han seleccionado equipos que trabajan en la banda de 5,8Ghz.

Para el diseño se realizó un análisis previo de los requerimientos de capacidad y cobertura del Centro Histórico, así también se plantea cubrir la zona desde bases instaladas en tres sectores distintos con fin de contar con un diseño que presente alternativas de cobertura.

**CAPITULO 1**  
**MARCO TEÓRICO**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

Actualmente a nivel mundial existe una gran diversidad de sistemas de telecomunicaciones tales como telefonía conmutada, redes de comunicaciones de datos, telefonía móvil, comunicaciones satelitales, etc.

Todos estos sistemas tienen un objetivo común, el de reunir, procesar y distribuir la información de una manera rápida y eficiente, utilizando los avances tecnológicos disponibles en la actualidad.

En lo referente a medios de transmisión y tecnologías de acceso a redes, se tienen muchos adelantos que se han ido desarrollando de acuerdo a los requerimientos.

## **1.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN.**

### **1.2.1 INTRODUCCIÓN**

Hoy en día prácticamente cualquier producto relacionado con la informática se ha diversificado tan ampliamente que existe en el mercado una gran variedad de la cual elegir, cualquiera que sea el producto: microprocesadores, software, dispositivos periféricos, etc. Dentro de todos estos, los productos relacionados a las comunicaciones han proliferado de una manera asombrosa, particularmente para todo lo que se refiere a redes locales, redes MAN, WAN, y redes remotas. Adicionalmente a esto, existen protocolos, estándares, interfaces, etc; disponibles para elaborar una red. Es una labor importante de todo administrador de sistemas o redes, conocer plenamente todos los detalles de cada uno de los medios de comunicaciones empleados en redes, ya que no es nada difícil perderse dentro de esta maraña de términos y productos relacionados.

En la actualidad, considerar al ordenador como una unidad independiente de su entorno inmediato, ha pasado a ser una idea de la década de los años 50, cuando

el avance tecnológico no permitía la posibilidad ni mucho menos la facilidad de interconectar ordenadores entre sí. Muchos factores se han sucedido para que este hecho sea factible, particularmente el desarrollo de modelos y protocolos comunes a cualquier plataforma de computación, de tal forma que más allá del fabricante del equipo, este pueda comunicarse con otros a través de un conjunto de normas estandarizadas.

Adicionalmente, los investigadores de redes han permitido adecuar prácticamente cualquier medio de comunicaciones hacia la informática, desde los medios más cercanos como el telefónico, hasta los más avanzados como la fibra óptica. Sin embargo intentar entender complejos sistemas de redes donde actúan diversos elementos, es una tarea imposible si no queda claro el funcionamiento en sus mismas bases constituidas, en todos los casos, por algún medio de comunicación.

El modelo OSI se ha constituido en la llave maestra que ha posibilitado la pronta expansión de las redes hacia todos los rincones del mundo. Este modelo de manera estratificada muestra las diversas funciones altamente modulares y estructuradas en capas, cada una de las cuales tiene un objetivo específico. Los canales de comunicación son los que fundamentalmente se hallan dentro de todo tipo de red, y por tanto, en todos los nodos u ordenadores por los cuales una determinada comunicación es establecida.

La primera capa o la más baja dentro del modelo, tiene la función específica de interconectar físicamente a los equipos participantes en la red ya sea que se encuentren uno al lado de otro o al otro lado del mundo, cabe entonces decir que por los medios de transmisión de datos se mueve absolutamente toda la información de las capas superiores del modelo OSI, tratándose de una red LAN, MAN o WAN, conexiones remotas, aplicaciones en redes, etc. Adicionalmente en esta capa se contemplan las interfaces, forma de los conectores, voltajes, tarjetas de red, velocidad de transmisión, etc; en resumen todo lo que tiene que ver con hardware y electrónica de comunicaciones.

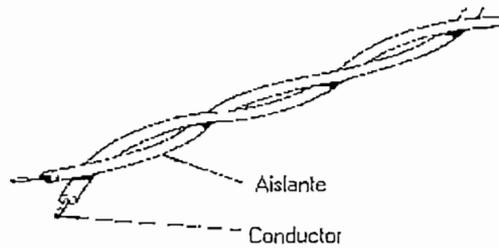
Medio de transmisión es el sistema por el que viaja la información transmitida (datos, voz, audio) entre dos o más puntos distantes entre sí. Por el medio de transmisión viajan ondas electromagnéticas, que son las que realmente llevan la información. Por tanto, la adecuada elección de un medio de comunicación permite no solamente mover los caudales de información actuales de una empresa, sino tener perspectivas para proyecciones futuras. Dentro de estos medios está el par trenzado, coaxiales, fibra, microondas, infrarrojos, radio enlace.

El protagonista principal de cualquier comunicación es el medio de transmisión sobre el que ésta tiene lugar: el coste de una comunicación de larga distancia puede atribuirse en su mayor parte a los medios de transmisión, mientras que en el caso de las comunicaciones a corta distancia, el coste fundamental recae sobre los equipos.

## **1.2.2 PARES TRENZADOS.**

### **1.2.2.1 Descripción física.**

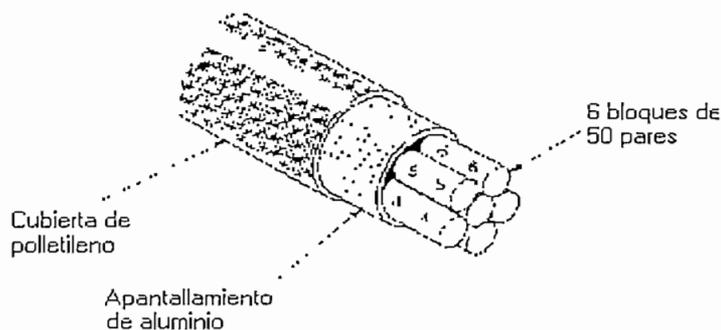
Se trata de dos hilos conductores de cobre envueltos cada uno de ellos en un aislante y trenzado el uno alrededor del otro para evitar que se separen físicamente, y sobre todo, para conseguir una impedancia característica bien definida. Al trenzar los cables, se incrementa la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas (interferencias y diafonía), dado que el acoplamiento entre ambos cables es mayor, de forma que las interferencias afectan a ambos cables de forma más parecida. Al cruzar los pares de hilos se consigue reducir el *crosstalk* existente entre ellos, así como el campo creado alrededor de los mismos, dado que la corriente inducida sobre cada uno de los cables se ve prácticamente cancelada por la corriente que circula por el otro hilo (de retorno) del par.



*Figura 1.1 Par trenzado*

Es necesario que los cables tengan una impedancia característica bien definida para asegurar una propagación uniforme de las señales de alta velocidad a lo largo del cable, y para garantizar que la impedancia de los equipos que se conectan a la línea sea la adecuada, de modo que pueda transferirse la máxima potencia de ésta. Cuando se conoce la impedancia característica de una línea con cierta precisión se puede diseñar una terminación adecuada que garantice la no reflexión de las señales (lo que da lugar a errores).

Generalmente se tienen varios pares trenzados que se encapsulan con una cubierta protectora en un mismo cable, y a los que se denominan cables de pares apantallados (Figura 1.2). El aislante tiene dos finalidades: proteger de la humedad al cable y aislar los cables eléctricamente unos de otros. Comúnmente se emplea polietileno, PVC.



*Figura 1.2 Pares de cables apantallados*

Los hilos empleados son de cobre sólido de 0.2 - 0.4 mm de diámetro. El paso de torsión de cada cable puede variar entre una torsión por cada 7 cm en los de peor calidad y 2 vueltas por cm en los de mejor calidad.

### 1.2.2.2 Tipos de trenzado.

Existen dos tipos de par trenzado:

- UTP
- STP

#### 1.2.2.2.1 *UTP: Unshielded Twisted Pair (Par trenzado sin apantallar)*

Muy sensible a interferencias, tanto exteriores como procedentes de pares adyacentes. Es muy flexible y se suele utilizar habitualmente en telefonía. Su impedancia característica es de 100 ohmios. La norma EIA/TIA 568 los divide en varias categorías, destacando:

- **Categoría 3:** velocidad de transmisión de 16 MHz a 100 m de distancia máxima.
- **Categoría 5:** velocidad de transmisión de 100 MHz a 100 m de distancia máxima.

#### 1.2.2.2.2 *STP: Shielded Twisted Pair (Par trenzado apantallado).*

Cada par individual va envuelto por una malla metálica, y a su vez el conjunto del cable se recubre por otra malla, haciendo de jaula de Faraday, lo que provoca que haya mucha menos diafonía, interferencias y atenuación. Se trata de cables más rígidos y caros que el UTP. El STP que estandariza EIA/TIA 568 es un cable de impedancia característica de 50 ohmios y que actúa a una frecuencia de 300 MHz. Los conectores que se usan suelen ser RJ45 metálico y hermafrodita.

El apantallamiento permite mejores anchos de banda, velocidad de transmisión mayor, pero son más gruesos y rígidos.

### 1.2.2.3 Aplicaciones.

Básicamente se usa en las siguientes aplicaciones:

- LANs (Redes de área local:10, 100, 155 Mbps) .
- Transmisión analógica (bucle de abonado del sistema telefónico, principalmente) y digital (por ej. RDSI).

Los cables de pares trenzados se usan frecuentemente para conectar a los abonados del servicio telefónico a sus respectivas centrales locales, siendo la principal razón para su uso el reducido costo y sus bien conocidas características.

Los pares trenzados no apantallados se han usado también para enlaces de comunicaciones: los enlaces que utilizan técnicas de multiplexación en el tiempo funcionando a velocidades de 1,544Mbps o 2,048Mbps permiten una distancia entre repetidores de aproximadamente 1,5Km.

### 1.2.3 CABLE COAXIAL.

Las señales eléctricas de alta frecuencia circulan por la superficie exterior de los conductores, por lo que los pares trenzados y los cables de pares resultan ineficientes. El efecto de las corrientes de superficie se traduce en que la atenuación se incrementa con la raíz cuadrada de la frecuencia.

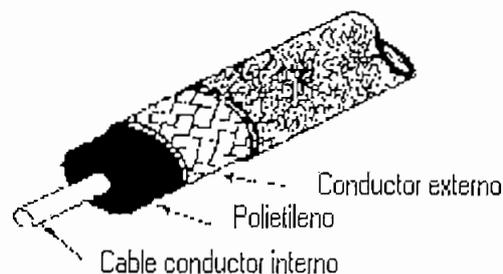
#### 1.2.3.1 Descripción Física.

Consiste en dos conductores cilíndricos concéntricos, entre los cuales se coloca generalmente algún tipo de material dieléctrico (polietileno, PVC). Lleva una cubierta protectora que lo aísla eléctricamente y de la humedad. Los dos conductores del coaxial se mantienen concéntricos mediante unos pequeños

discos. La funcionalidad del conductor externo es hacer de pantalla para que el coaxial sea muy poco sensible a interferencias y a la diafonía.

Los cables coaxiales se utilizan para transmisión de datos a alta velocidad a distancias de varios kilómetros, es decir, se cubren grandes distancias, con mayores velocidades de transmisión y ancho de banda, así como la conexión de un mayor número de terminales. Características generales:

- La respuesta en frecuencia es superior a la del par trenzado. Hasta 400 MHz.
- Tiene como limitaciones como ruido térmico e intermodulación
- Necesita amplificadores más frecuentemente que el par trenzado.
- Puede ser rígido o flexible. (Figura 1.3)



*Figura 1.3 Cable coaxial*

Las interferencias eléctricas no tienen importancia en estos cables si la pantalla exterior carece de discontinuidades. El uso de portadoras de elevada frecuencia inmuniza el sistema frente a las interferencias de baja frecuencia originadas por los dispositivos eléctricos y los tubos fluorescentes.

### 1.2.3.2 Clasificación.

Hay tres tipos principales de cable coaxial:

- Tipo RG

- Núcleos aislados por aire
- Polietileno celular irradiado

#### *1.2.3.2.1 Cables coaxiales estándar de tipo RG*

Utilizados para transmitir señales de televisión doméstica. La mayoría de los cables de tipo RG usan polietileno como aislante interior, aunque el RG-62 emplea aire. Los cables coaxiales de un centímetro de diámetro son más adecuados que los de medio centímetro para velocidades por encima de 30Mbps.

#### *1.2.3.2.2 Cables coaxiales con núcleos aislados por aire*

Tienen un diámetro pequeño, actúan como retardadores en caso de incendio y tienen una constante dieléctrica pequeña, lo que les proporciona propiedades eléctricas mucho mejores que las de los tipos RG. Presentan una atenuación muy baja, de unos 40dB/100m a 400MHz para los tipos que empleen malla trenzada, y que llega a los 50dB para los de malla continua. Finalmente, son menos costosos que los cables de polietileno o teflón.

#### *1.2.3.2.3 Cables coaxiales de polietileno celular irradiado*

Son más caros que los de núcleo aislado por aire, pero cuyas características no presentan las pequeñas variaciones que experimentan estos al ser doblados.

#### **1.2.3.3 Aplicaciones.**

Se trata de un medio de transmisión muy versátil. Se emplea como cable de antena de TV, en la red telefónica a larga distancia entre centrales, en la

conexión de periféricos, en las redes de área local. También se emplean para enlaces entre centrales telefónicas que utilizan técnicas FDM.

#### 1.2.4 FIBRA ÓPTICA.

##### 1.2.4.1 Descripción Física.

Es una fibra flexible, extremadamente fina, capaz de conducir energía óptica (luz). Para su construcción se pueden usar diversos tipos de cristal; las de mayor calidad son de sílice, con una disposición de capas concéntricas, donde se pueden distinguir tres partes básicas: núcleo, cubierta y revestimiento. El diámetro de la cubierta suele ser de centenas de  $\mu\text{m}$  (valor típico:  $125 \mu\text{m}$ ), el núcleo suele medir entre 2 y  $10 \mu\text{m}$ , mientras que el revestimiento es algo mayor: decenas de mm.

La transmisión por fibra óptica se basa en la diferencia de índice de refracción entre el núcleo y la cubierta que tiene un índice menor. El núcleo transmite la luz y el cambio que experimenta el índice de refracción en la superficie de separación provoca la reflexión total de la luz, de forma que sólo abandona la fibra una mínima parte de la luz transmitida. En función de cómo sea el cambio del valor del índice de refracción las fibras se dividen en:

- Fibras ópticas de índice a escala (*stepped-index*): donde el cambio es muy abrupto.
- Fibras ópticas de modo gradual (*graded-index* o *gradex*): que experimentan un cambio gradual parabólico

Se emplea en el rango de  $10^{14}$  -  $10^{15} \mu\text{m}$  de longitud de onda (luz visible y parte del infrarrojo). Los núcleos de los cables de fibra óptica pueden ser de vidrio o de plástico (polímero). La fibra óptica con núcleo de plástico es más flexible, se puede doblar mejor y los conectores pueden adaptarse mejor sin

necesidad de pulir los extremos o de utilizar resinas epóxicas. La fibra óptica de plástico tiene mayor diámetro en el núcleo, lo que hace que los conectores sean menos sensibles a los errores de alineamiento (pérdidas de acoplamiento menores). El cable resulta también menos sensible a las impurezas de fabricación. Un cable con núcleo de plástico no precisa elementos adicionales para alcanzar la rigidez que necesita, como tiras de Kevlar, por lo que es más barato que los de vidrio. La desventaja de los cables con núcleo de plástico es que presentan una atenuación mucho mayor, lo que limita la longitud del enlace.

#### 1.2.4.2 Tipos.

Se distinguen tres tipos de transmisión:

- Monomodo
- Multimodo de índice gradual
- Multimodo de salto de índice

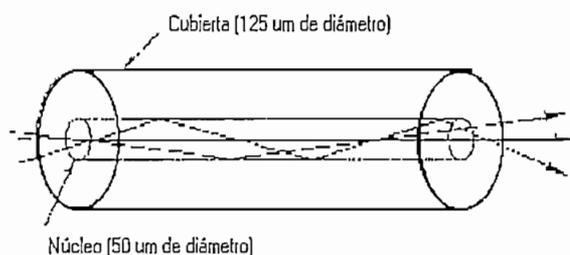
En la propagación monomodo la luz recorre una única trayectoria en el interior del núcleo, proporcionando un gran ancho de banda. Para minimizar el número de reflexiones en la superficie entre el núcleo y el recubrimiento, el núcleo debe ser lo más estrecho posible. Esto hace que su fabricación sea muy complicada, por lo que surgieron las fibras multimodo, cuyo diámetro es mucho mayor. También es mayor el número de trayectorias de la luz, resultantes de las distintas reflexiones. Esto da lugar a una dispersión de las componentes, lo que disminuye la velocidad de propagación.

Hay tres tipos de fibras ópticas:

- Fibras multimodo de índice de escala
- Fibras monomodo de índice de escala
- Fibras multimodo de índice gradual

#### 1.2.4.2.1 *Fibras multimodo de índice de escala:*

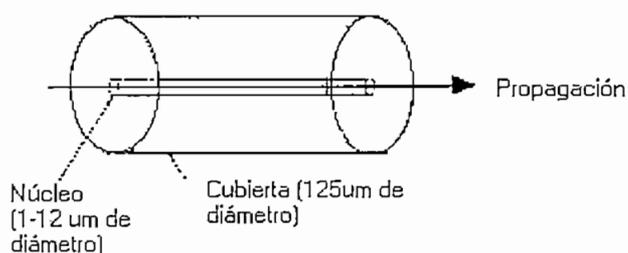
El diámetro del núcleo está entre los 50 y los 60 $\mu\text{m}$ , pero puede llegar a los 200 $\mu\text{m}$ . Mientras que el diámetro del recubrimiento suele acercarse al tamaño estándar de los 125 $\mu\text{m}$ , la dispersión es elevada. Sus aplicaciones se limitan a la transmisión de datos a baja velocidad o cables industriales de control.



*Figura 1.4 Fibras multimodo de índice de escala*

#### 1.2.4.2.2 *Fibras monomodo de índice de escala:*

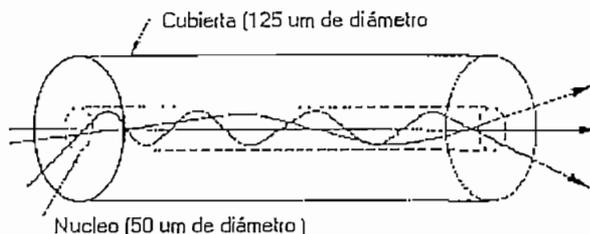
Diámetro de entre 1 y 10  $\mu\text{m}$ , recubrimiento de 125 $\mu\text{m}$  de diámetro. La dispersión es baja y se consiguen anchos de banda de varios GHz/Km.



*Figura 1.5 Fibra monomodo de índice de escala*

#### 1.2.4.2.3 *Fibras multimodo de índice gradual*

El diámetro del núcleo está entre los 50 y los 60 $\mu\text{m}$ , y el del recubrimiento en 125 $\mu\text{m}$ . Aunque existen muchos modos de propagación, la velocidad es mayor que en las fibras multimodo de índice en escala, lo que reduce su dispersión.



*Figura 1.6 Fibra multimodo de índice gradual*

Como transmisores (fuentes de luz) se emplean diodos LED y diodos LASER (éstos últimos para larga distancia y alta velocidad).

#### 1.2.4.3 Aplicaciones.

Destacan las siguientes aplicaciones:

- Transmisión a larga distancia, en telefonía, una fibra puede contener 60.000 canales.
- Transmisión metropolitana para enlaces cortos de entornos de 10 Km. sin necesidad de repetidores, y con capacidad de unas 100.000 conversaciones por cada fibra.
- Acceso a áreas rurales, se usan para una longitud de 50 a 150 Km., con un transporte del orden de 5000 conversaciones por fibra.
- Bucles de abonado.
- Redes de área local (LAN) de alta velocidad.

#### 1.2.5 RADIOCOMUNICACION

La radiocomunicación puede definirse como Telecomunicación realizada por medio de las ondas radioeléctricas. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), define las ondas radioeléctricas como las ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin guía artificial y cuyo límite superior de frecuencia se fija, convencionalmente, en 3.000GHz.

La radiocomunicación que hace uso de elementos situados en el espacio, se denomina radiocomunicación espacial. Toda radiocomunicación distinta de la espacial y de la radioastronomía, se llama radiocomunicación terrenal.

La técnica de la radiocomunicación consiste en la superposición de la información que se desea transmitir en una onda electromagnética soporte, llamada portadora. La inserción de esa información constituye el proceso denominado modulación .

La onda modulada se envía al medio de propagación a través de un dispositivo de acoplamiento con el medio denominado antena. El conjunto de equipos para el tratamiento de la información: moduladores, filtros, antenas constituye la estación transmisora (o abreviadamente, el transmisor).

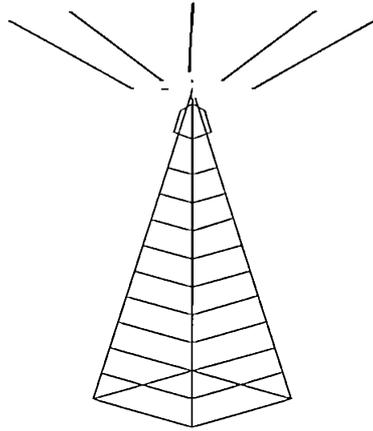
Cuando la onda transmitida alcanza el punto o puntos de destino, accede al sistema receptor por medio de una antena de recepción, que capta una fracción de la energía. El alcance útil o cobertura de una emisión radioeléctrica depende del tipo e intensidad de las perturbaciones.

Existen dos tipos de radiaciones básicas en sistemas de comunicación inalámbricos:

- Omnidireccionales
- Direccionales

#### **1.2.5.1 Omnidireccionales**

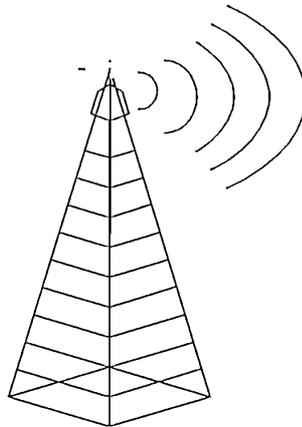
La antena transmisora emite en todas las direcciones espaciales con la misma potencia y frecuencia. Y la receptora recibe igualmente en toda dirección. Con este tipo de radiación lo que se consigue es un mejor aprovechamiento del espectro y de la potencia radiada. (Figura 1.7)



*Figura 1.7 Comunicación omnidireccional*

#### 1.2.5.2 Direccionales

La energía emitida se concentra en un haz, para lo cual se requiere que la antena receptora y transmisora estén alineadas. Cuanto mayor sea la frecuencia de transmisión, es más factible confinar la energía en una dirección. (Figura 1.8)



*Figura 1.8 Comunicación Direccional*

### 1.2.5.3 División del espectro <sup>1</sup>

El espectro de frecuencias está dividido de la siguiente manera:

SÍMBOLO	NOMBRE	FRECUENCIA
VLF	Very Low Frequency	3-30KHz
LF	Low Frequency	30-300KHz
MF	Mid Frequency	300-3000KHz
HF	High Frequency	3-30MHz
VHF	Very High Frequency	30-300MHz
UHF	Ultra High Frequency	300-3000MHz
SHF	Super High Frequency	3-30GHz
EHF	Extra High Frequency	30-300GHz
		300-3000GHz

*Tabla # 1.1 División del espectro de frecuencias*

Básicamente se emplean tres tipos de ondas del espectro electromagnético para comunicaciones:

- Microondas: 2 GHz - 40 GHz. Muy direccionales. Pueden ser terrestres o por satélite.
- Ondas radio: 30 MHz - 1 GHz. Omnidireccionales.
- Infrarrojos:  $3 \times 10^{11}$  - 200THz.

La zona espectral de las microondas está dividida como se muestra en la tabla 1.2.

Las microondas cubren una parte importante del espectro, de los 2 a los 40 GHz; el ancho de banda potencial y la velocidad de transmisión aumentan con la frecuencia, por lo que sus prestaciones son muy buenas y tienen múltiples aplicaciones. (Tabla 1.3)

<sup>1</sup> <http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/telematica/tel.html> (Medios de transmisión)

El problema fundamental de este tipo de comunicación es la atenuación, que dependerá de la longitud de onda que estemos utilizando, así como de las condiciones meteorológicas.

BANDA	FRECUENCIAS
L	1 - 2 GHz
S	2 - 4 GHz
C	4 - 8 GHz
X	8 - 12 GHz
Ku	12 – 18 GHz
K	18 – 27 GHz
Ka	27 – 40 GHz

*Tabla # 1.2 Bandas de frecuencia de las microondas*

BANDA (GHz.)	ANCHO DE BANDA (MHz.)	RÉGIMEN DE TRANSMISIÓN (Mbps.)
2	7	12
6	30	90
11	40	90
18	220	274

*Tabla # 1.3 Relación frecuencia, ancho de banda, velocidad de transmisión para las microondas*

#### 1.2.5.4 Cálculos de propagación

El desempeño de un sistema se garantiza en base a la obtención de parámetros de recepción de señal adecuados para garantizar una tasa de errores mejor a  $1 \times 10^{-8}$ , para ello se requiere la realización de los cálculos de propagación que son los que nos permitirán establecer los parámetros de potencia de los equipos y la ganancia adecuada de las antenas.

Los sistemas analizados en el presente proyecto, son del tipo LOS (*Line of Sight*), es decir que requieren línea de vista, por tanto debemos cumplir con las condiciones de propagación en línea de vista.

#### 1.2.5.4.1 *Línea de vista y primera zona de Fresnel*

Debido a que la atmósfera no es un medio homogéneo, la trayectoria del rayo sufre una curvatura dada por los índices de difracción de la atmósfera, adicionalmente la tierra también es curva, por lo que las líneas de vista deben ser calculados en base a los índices de refracción y a la curvatura de la tierra la constante  $K_e$ .

La constante  $K_e$  varía según la zona, obteniéndose así:

- Para zonas frías  $K_e = 6/5$  a  $4/3$
- Para zonas templadas  $K_e = 4/3$
- Para zonas tropicales  $K_e = 4/3$  a  $2/3$

Los enlaces de radiocomunicaciones deben cumplir dos condiciones para ser considerados como enlaces con línea de vista:

- Que la primera zona de Fresnel este libre en un 100% para una curvatura equivalente de la tierra de  $K_e = 4/3$
- Que la primera zona de Fresnel este libre en un 60% para un curvatura equivalente de la tierra de  $K_e = 2/3$

Para verificar el cumplimiento de las condiciones señaladas, se requiere realizar la gráfica de los perfiles entre la estación transmisora y la estación receptora. Esto requiere de la obtención de las alturas del terreno a lo largo del trayecto. A estos datos de altura se adiciona el factor  $h_k$  que representa la corrección en el trayecto dada por el factor  $K_e$ , y calculado mediante la ecuación (1.1):

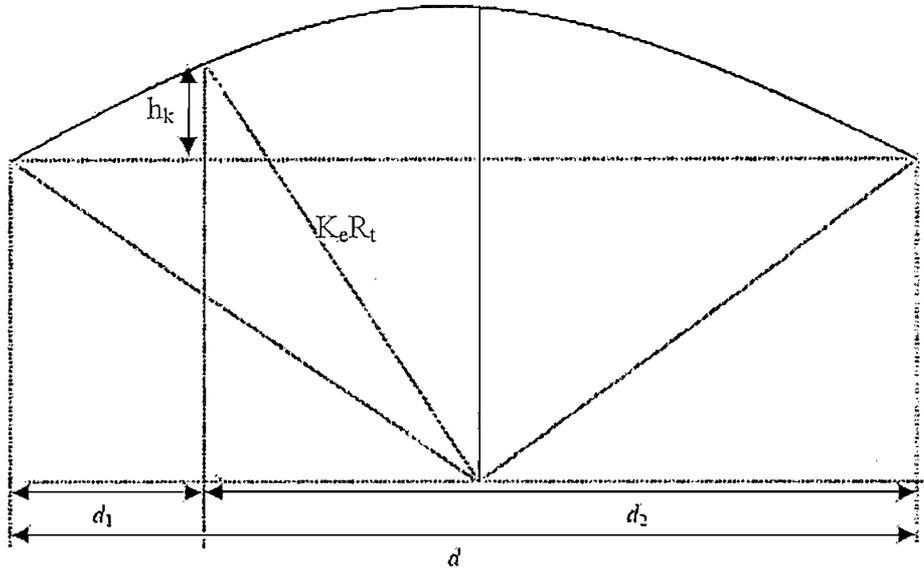


Figura 1.9 Corrección del trayecto dada por  $K_e$

$$h_k = \frac{d_1 * d_2}{2 * K_e * R_t} \quad (1.1)$$

Para el cálculo de la primera zona de Fresnel, empleamos la fórmula (1.2):

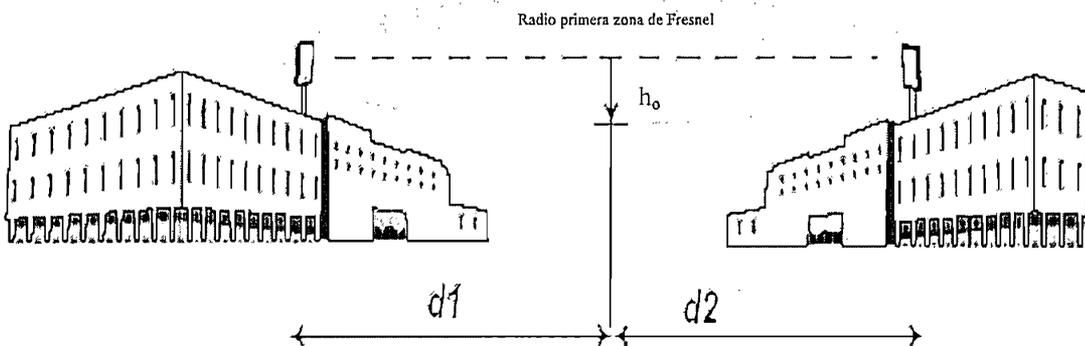


Figura 1.10 Zona de Fresnel

$$h_o = \sqrt{\frac{\lambda(d_1 * d_2)}{d_1 + d_2}} \quad (1.2)$$

La ganancia del sistema a diseñar, debe ser mayor o igual que la suma de todas ganancias y pérdidas incurridas por una señal, conforme se propaga de un transmisor a un receptor.

Entonces:

$$G_s = P_{Tx} - P_{RU} \quad (1.3)$$

En donde:

- $G_s$  = Ganancia del sistema (dB)
- $P_{Tx}$  = Potencia de salida del transmisor (dBm)
- $P_{RU}$  = Potencia mínima de entrada del receptor para un objetivo de calidad determinado (umbral de recepción).

La potencia requerida en el receptor, se calcula en base a las fórmulas siguientes:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + \text{Ganancias} - \text{Pérdidas} \quad (1.4)$$

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_{Rx} - L_{Tx} - L_O - A_{AD} \quad (1.5)$$

En donde:

- $P_{Rx}$  = Potencia en el receptor
- $P_{Tx}$  = Potencia de salida del transmisor
- $G_{Tx}$  = Ganancia de la antena de Transmisión
- $G_{Rx}$  = Ganancia de la antena de Recepción
- $L_{Tx}$  = Pérdidas en los cables y conectores de Transmisión
- $L_{Rx}$  = Pérdidas en los cables y conectores de Recepción
- $L_O$  = Pérdidas en el espacio libre.
- $A_{AD}$  = Atenuaciones adicionales por reflexión, refracción y difracción

Las pérdidas de trayectoria en el espacio libre se definen como las pérdidas sufridas por una onda Electromagnética conforme se propaga en línea

recta a través de vacío sin ninguna absorción o reflexión de energía de los objetos cercanos, y se expresa en la siguiente ecuación (1.6):

$$L_o = \left( \frac{4\pi f D}{c} \right)^2 \quad (1.6)$$

Donde:

- f = frecuencia
- D= distancia
- c = velocidad de la luz

Convirtiendo esta expresión a dB:

$$L_o = 20 \log \left( \frac{4\pi}{c} \right) + 20 \log f + 20 \log D \quad (1.7)$$

Sustituyendo la frecuencia en GHz y la distancia en Km,

$$L_o = 92,4 + 20 \log f(\text{GHz}) + 20 \log D(\text{Km}) \quad (1.8)$$

Conociendo ya la potencia de recepción, hay que verificar que su valor sea mayor que la potencia de umbral del equipo, para asegurar que el nivel de la señal pueda ser aceptado por el receptor. Esto se conoce como margen de desvanecimiento, el cual debe ser positivo y está dado por la siguiente expresión:

$$F_M = P_{Rx} - P_{RU} \quad (1.9)$$

Con estos valores se puede obtener la confiabilidad del enlace, que está dada por la ecuación:

$$\text{Confiabilidad} = 100(1 - PD) \quad (1.10)$$

Donde:

- $P_D$  = Probabilidad de desvanecimiento

Y su valor puede encontrarse con la siguiente expresión<sup>2</sup>:

$$P_D = KD^{3.6} f^{0.89} (1 + E_p)^{-1.4} * 10^{\frac{-F_M}{10}} \quad (1.11)$$

Donde:

- $K$  = factor geoclimático para el trayecto para el mes más desfavorable (para Ecuador =  $2,6 \times 10^{-6}$ )
- $D$  = Distancia del trayecto en Km
- $f$  = frecuencia del trayecto en GHz
- $F_M$  = Margen de desvanecimiento
- $E_p$  = Angulo de inclinación del trayecto, dado por la fórmula:

$$|E_p| = \frac{|h_R - h_T|}{D} \quad (1.12)$$

Donde:

- $h_R$  = Altura de la estación transmisora sobre el nivel del mar
- $h_T$  = Altura de la estación receptora sobre el nivel del mar

<sup>2</sup> Rec. UIT-R P-530-8 (Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa)

## 1.3 ULTIMA MILLA DE UNA RED

### 1.3.1 INTRODUCCION

Los clientes de servicios de telecomunicaciones son cada vez más exigentes en cuanto a la calidad, disponibilidad y ancho de banda ofrecido por sus proveedores. Por otro lado el tráfico de datos es cada vez mayor con respecto al generado por los servicios de voz, haciendo que los vínculos establecidos para estos últimos deban adaptarse a los requerimientos de nuevas aplicaciones de multimedia y datos, y especialmente el acceso rápido a contenidos de Internet.

La variedad de maneras de llegar a los clientes con gran ancho de banda y distintos servicios depende de diversas variables, densidad demográfica, cantidad de empresas e industrias en la zona, servicios demandados, servicios ya existentes en el área, condiciones ambientales urbanas y restricciones regulatorias.

Cualquier tecnología de telecomunicaciones que conecte a un usuario (hogar o empresa) a una red central de telecomunicaciones, es llamada "tecnología de última milla". El conocido "problema de las tecnologías de última milla" es la necesidad de adecuar dichas tecnologías a los requerimientos actuales de ancho de banda de los usuarios.

Las tecnologías de última milla se dividen en analógicas y digitales. El servicio telefónico discado fue la primera tecnología analógica, durante años se ha especulado sobre las redes telefónicas y, en particular, si se podría superar los 14,4 Kbps primero, y los 28,8 Kbps después, utilizando pares de cobre. Pero actualmente no es apta para usos comerciales de Internet debido a su naturaleza discada y a su ancho de banda limitado. La RDSI ya dio un importante paso adelante al proporcionar 192 Kbps en su acceso básico, para alcanzar mayores velocidades es necesario utilizar tecnologías digitales.

A continuación se detallan las tecnologías de acceso o también llamadas de última milla de más reciente desarrollo. Las basadas en ondas de radio o inalámbricas y las que utilizan los enlaces de cobre ya instalados para servicios telefónicos.

### 1.3.2 ALTERNATIVAS ALAMBRICAS

#### 1.3.2.1 ISDN

Las tecnologías digitales de última milla nacen con ISDN (*Integrated Services Digital Network*), que permite transmitir voz, datos y video sobre líneas telefónicas directamente en digital. El ancho de banda alcanza 128 Kbps (pudiéndose contratar varias líneas), pero se trata de una conexión discada por lo cual no es propia para ofrecer servicios en Internet.

La Red Digital de Servicios Integrados RDSI (*Integrated Services Digital Network*, ISDN) es un conjunto de estándares CCITT/ITU para la transmisión digital por hilo común de cobre así como para otros medios.

ISDN es un completo sistema de procesamiento desarrollado por los carriers de telefonía con la intención de crear una red totalmente digital que permita transportar voz así como aplicaciones de datos (textos, gráficas, videoconferencia, etc), desde una única interfaz de red. Entre las ventajas que posee respecto a las conexiones por módem son: la velocidad y confiabilidad de la conexión. Usando ISDN se puede lograr conexiones a más de 64 Kbps lo cual es un aumento de 50% en comparación a un módem.

La RDSI requiere adaptadores a ambos extremos de la transmisión de modo que el proveedor de acceso también necesita un adaptador RDSI. La red RDSI generalmente está disponible a través de la compañía telefónica en la mayoría de las zonas urbanas.

Esta tecnología contempla dos tipos de interfaces, que se conocen como BRI (*Basic Rate Interface*) diseñada para el hogar y la pequeña empresa y PRI (*Primary Rate Interface*) para usuarios mayores. Ambas tasas incluyen varios canales B (*bearer* o transportadores) y un canal D (delta). Los canales B transmiten datos, voz y otros servicios. El canal D transporta información de control y señalización.

Una interfaz BRI tiene dos canales B de 64 Kbps y un canal D de señalización de 16 Kbps. Así un usuario de tasa básica puede tener un servicio de hasta 128 Kbps.

Los accesos PRI tienen 30 canales B y uno D en Europa y 23 canales B y uno D en Estados Unidos. Este tipo de interfaz es comúnmente utilizada para aplicaciones de voz o por los proveedores de servicios para atención de diversos y múltiples usuarios.

Los enlaces ISDN son orientados a conexión lo cual significa que primero se debe generar la conexión y sobre esa conexión comienza a pasar tráfico. Las llamadas ISDN son completadas en 250ms, lo cual es bastante rápido.

#### **1.3.2.2 Cable Modem**

Otra tecnología de transmisión se da a través del cable coaxial de televisión para abonados, llamada Cable Modem, es una excelente alternativa de acceso para hogares.

El cable módem es un dispositivo que permite acceder a la información de Internet a altas velocidades, así mismo, brinda servicios de transporte de datos, empleando para ello la red de televisión por cable.

Los Cable Modems son dispositivos externos que se conectan mediante un splitter, el cual permite conectar a un solo cable coaxial de la red de televisión por

cable tanto el decodificador de video como el cable modem el mismo que cuenta con un puerto ethernet .

Los tipos de servicio pueden ser de una o dos vías:

Si es de una vía se utiliza la línea telefónica para enviar tráfico a Internet (subida) y se utiliza la red de televisión por cable para recibir los datos de Internet (bajada). El módem telefónico está integrado al cable módem.

Las ventajas son:

- Reducción en la tarifa de Internet para usuarios de alto consumo.
- Estabilidad en la conexión.
- Mayor velocidad de bajada, que la tecnología tradicional.
- Tarifa de uso ilimitado.

Si es de dos vías no es necesario el uso de la línea telefónica, todo el tráfico hacia y desde Internet viaja por la red de televisión por cable (sujeto a zonas de cobertura).

Las ventajas son:

- No utiliza línea telefónica.
- Todo el tráfico viaja por la red de televisión por cable.
- Mayor velocidad de transmisión
- Tarifa de uso ilimitado.
- Estabilidad en la conexión.

### 1.3.2.3 xDSL

A pesar de que aún no se han logrado estandarizar por completo, los módems xDSL nos ofrecen la capacidad necesaria en términos de ancho de

banda para acceder a toda clase de servicios multimedia interactivos a través de los accesos telefónicos tradicionales. En otras palabras, nos permiten convertir el bucle de abonado convencional, hoy utilizado únicamente para conectar el teléfono o un módem de hasta 56,6 kbps, en un potente sistema de acceso a los nuevos servicios multimedia o a las redes WAN de banda ancha.

El factor común de todas las tecnologías DSL (*Digital Subscriber Line*) es que funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración. A pesar de que entre ellas pueden existir solapamientos funcionales, todo parece indicar que su coexistencia está asegurada, lo cual obligará a los proveedores de estos servicios a optar por una o por otra según el tipo de aplicación que se decidan a ofrecer. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación alcanzada entre los módems, velocidad y simetrías entre el tráfico descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente. Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones.

#### **1.3.2.3.1 HDSL (*High bit rate Digital Subscriber Line*):**

Los primeros en aparecer fueron los módems HDSL, diseñados para ofrecer servicios a velocidades de hasta 2,048 Mbps sobre 2 o 3 pares de cobre en anchos de banda que varían entre 8 kHz y 240 kHz, según la técnica de modulación utilizada.

Aplicaciones típicas para HDSL serían para la conexión de centralitas PBX, las antenas situadas en las estaciones base de las redes telefónicas celulares, servidores de Internet, interconexión de LANs y redes privadas de datos.

#### **1.3.2.3.2      *SDSL (Single line Digital Subscriber Line):***

Es prácticamente la misma tecnología que HDSL pero utiliza únicamente un par, por lo que se sitúa estratégicamente en el segmento de los usuarios residenciales que sólo disponen de una línea telefónica.

#### **1.3.2.3.3      *RADSL/ADSL (Rate-Adaptive/Asymmetric Digital Subscriber Line)***

Esta nueva tecnología suplanta a las anteriores, ofreciendo velocidades de acceso mayores y una configuración de canales que se adapta mejor a los requerimientos de las aplicaciones dirigidas a los usuarios privados como vídeo simples (o TV en modo distribución), vídeo bajo demanda o acceso a Internet. Son estas las típicas aplicaciones donde se necesitan unos anchos de banda elevados para recibir la información multimedia y solo unos pocos kbps para seleccionarla.

#### **1.3.2.3.4      *VDSL (Very High Digital Subscriber Line):***

Esta tecnología, aún en fase experimental, coincide básicamente con ADSL y permitirá velocidades de hasta entre 13 y 60 Mbps pero sobre distancias menores.

### **1.3.3 ALTERNATIVAS INALÁMBRICAS**

Una gran variedad de tecnologías han sido desarrolladas en el mercado de las comunicaciones inalámbricas, estas redes son típicamente configuradas en celdas con topología Punto – Multipunto y en su gran mayoría requieren que exista línea de vista entre la celda y el usuario, aunque en los últimos años se ha trabajado mucho en el desarrollo de equipos y tecnologías que permitan trabajar en medios sin línea de vista.

Es reconocido que los sistemas inalámbricos son una alternativa viable de acceso de última milla, especialmente en áreas donde la infraestructura alámbrica es inadecuada o no existe. Las soluciones inalámbricas son mucho más rápidas de desarrollar que las soluciones alámbricas y a costos menores.

Actualmente existen varias soluciones que pueden ser categorizadas basadas en parámetros como: banda de frecuencia, ancho de banda, rango de cobertura, requerimiento de licencias, etc.

La tabla siguiente resume las tecnologías más empleadas.

	BANDA (GHZ)	ANCHO DE BANDA (MHZ)	RANGO (KM)
ISM	0.9	25	<1
ISM	2.4	83	<45
MMDS	2.5	200	<45
WLL	3.5	300	<30
ISM	5.8	200	<18
LMDS	>28	1200	<5

*Tabla # 1.4 Tecnologías inalámbricas más utilizadas*

Para posteriores capítulos se tratará a ISM como *Spread Spectrum*, ya que esta es la tecnología empleada en estas bandas, y en el caso de Ecuador las bandas ISM se las conoce como de Espectro Ensanchado.

### 1.3.3.1 Spread Spectrum (Espectro ensanchado)

#### 1.3.3.1.1 Introducción

Los aspectos teóricos de usar *Spread Spectrum* (SS) en un ambiente de fuerte interferencia se conocen desde hace más o menos cuarenta años.

Inicialmente las técnicas de *Spread Spectrum* se desarrollaron para los propósitos militares y ponerlas en práctica era muy costoso. Los adelantos tecnológicos y las técnicas de procesamiento digital de señales permitieron desarrollar equipo menos costoso para el uso civil. Las aplicaciones de esta tecnología incluyen teléfonos portátiles, la transmisión inalámbrica de datos y sistemas de comunicación por satélite.

Una ventaja principal de este tipo de modulación SS es su robustez ante interferencias. Esto permite que otras señales SS puedan convivir en un mismo espectro.

Se han establecido estándares que determinan las características tanto de la capa física como de la capa de acceso al medio (MAC) de esta tecnología, siendo los más importantes el IEEE 802.11 y el 802.11b<sup>3</sup>.

La señal SS es enviada en un ancho de banda mucho mayor que el requerido por la señal original, pudiendo existir en un mismo rango de frecuencias otras señales de banda angosta sin que estas representen un problema ya que en el receptor estas señales son consideradas ruido.

#### *1.3.3.1.2 Clasificación de las técnicas Spread Spectrum*

Las técnicas de *Spread Spectrum* son varias y dentro de ellas las más importantes son:

- Secuencia Directa (DS)
- Salto de frecuencia (FH)
- Salto de tiempo (TH)
- Híbrida

---

<sup>3</sup> Referencia: [www.Conatel.gov.ec/espanol/radiocomunicaciones/radiocomunicaciones.html](http://www.Conatel.gov.ec/espanol/radiocomunicaciones/radiocomunicaciones.html) (Norma para la implementación y operación de sistemas de espectro ensanchado.)

### 1.3.3.1.2.1 Espectro ensanchado por secuencia directa (Direct Sequence DSSS).

La señal original es codificada con una señal pseudo aleatoria, es decir mediante una operación XOR se combina con una secuencia de bits aleatorios, a cada estado se le asigna un único código de bits, obteniéndose para el 1 lógico de la señal original un conjunto de bits correspondientes a un código específico asignado y al 0 lógico de la señal original el complemento del código de bits, como se observa en la siguiente figura:

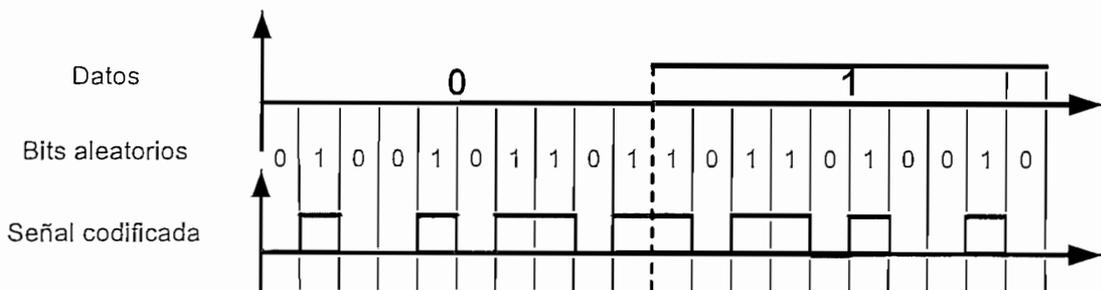


Figura 1.11 Datos codificados con señal pseudo aleatoria

A la señal de bits aleatorios se denomina código de dispersión o código Barker, este código reconocido en el receptor permite recuperar la señal original.

En la transmisión la señal modificada por los códigos pseudo-aleatorios es luego modulada mediante modulación BPSK o QPSK, obteniendo una señal con baja densidad espectral y amplio espectro comparable con una señal de ruido, esta señal es transmitida a la frecuencia del emisor.

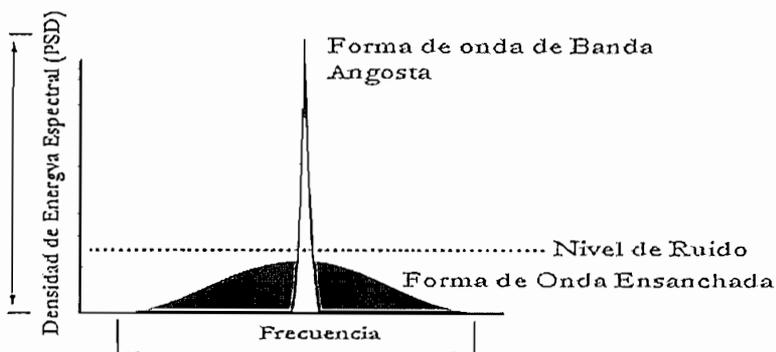


Figura 1.12 Densidad espectral de la señal DSSS frente al ruido

En el receptor las señales de banda angosta son suprimidas ya que únicamente reconoce las señales de banda ancha. Luego de demodular la señal, en el receptor se realiza un producto punto o escalar de las secuencias recibidas con su código correspondiente (cada estado tiene su única y propia secuencia de bits). Todas las secuencias diferentes a la secuencia de bits empleada en el lado transmisor son ortogonales a esta, dando como resultado de este producto punto 0. Correspondiendo el valor de 1 únicamente a la secuencia de ese receptor.

Con las características dadas anteriormente se puede ver que a medida que sea mayor el número de bits con que se codifica, el espectro de la señal será mayor, es más difícil el interceptar la señal por alguna otra estación y en caso de que la obtenga deberá conocer también la secuencia de bits empleada en su codificación, lo que da como resultado una comunicación más segura.

Para realizar esta comunicación los equipos de transmisión y recepción deberán estar sincronizados, por lo que se envía desde el transmisor una secuencia de bits conocida y de longitud dada para que el receptor se sincronice. Las transmisiones que se dan lugar sin tener un buen sincronismo entre el transmisor y el receptor, se verán como ruido aleatorio, el cual a veces puede ser reconocido por el algoritmo de decodificación. El equipo receptor puede escuchar a todos los emisores a la vez que ejecuta el algoritmo de decodificación para cada uno de ellos en paralelo. Mientras mayor es la secuencia de bits mayor es la posibilidad de ser detectada correctamente en presencia de ruido.

#### *1.3.3.1.2.2 Espectro ensanchado por Salto de Frecuencia (Frequency Hopping FHSS).*

La frecuencia de portadora es desplazada varias veces por segundo (el tiempo que la señal suele quedarse en un canal es menor a 1 milisegundo) dentro de un rango de frecuencias cuyo orden de saltos sigue la secuencia establecida mediante un código de bits, es por ello que se dice que se codifica la frecuencia de trabajo con una señal pseudo aleatoria. Parte de la información es enviada en cada frecuencia y repetida un número determinado de veces.

Las frecuencias utilizadas por los saltos y el orden de utilización se denominan modelo de *hopping* (*hopping pattern*). El tiempo de permanencia en cada frecuencia es lo que se conoce como *dwell time*, y debe ser muy corto para evitar interferencias, tanto el *dwell* como el *hopping* están sujetos a restricciones por parte de los organismos de regulación.

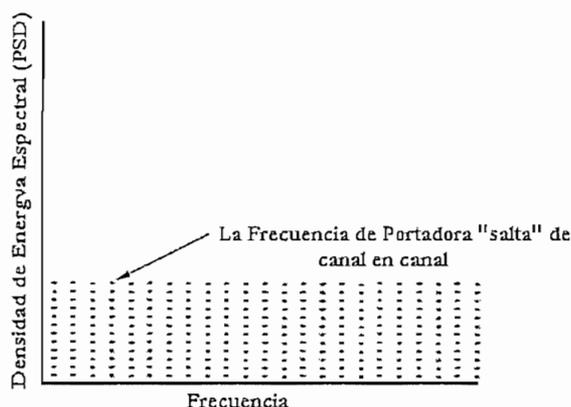


Figura 1.13 Espectro ensanchado por salto de frecuencia

#### 1.3.3.1.2.3 Espectro ensanchado por salto de tiempo

En este sistema el período y el ciclo de la frecuencia portadora son variados en forma pseudo aleatoria siguiendo lo determinado en la secuencia de códigos. El tiempo en que cada ráfaga de datos se envía es determinado por una secuencia.

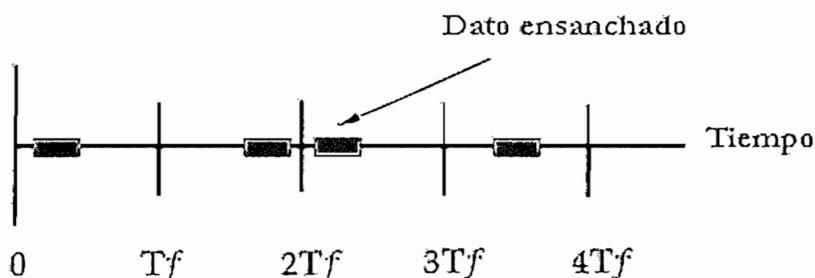


Figura 1.14 Ensanchamiento de datos en el tiempo

#### 1.3.3.1.2.4 *Espectro ensanchado Híbrido*

Es una combinación de las técnicas anteriores del espectro ensanchado. Lo más usual es combinar secuencia directa y salto de frecuencia.

#### 1.3.3.1.3 *Características de los sistema SS*

Actualmente los sistemas en el mercado únicamente expanden el espectro por secuencia directa o por salto de frecuencia ya que las otras son más comunes en equipos de uso militar.

Los equipos receptores de la señal deberán manejar un ancho de banda apropiado para captar la señal, además deberán tener el decodificador apropiado para obtener la información del emisor. Los equipos receptores que no tengan estas características interpretarán esta señal como ruido (por ejemplo la señal se presenta como un zumbido para los receptores de radio, además que ellos sólo escuchan una parte del ancho de banda total de la señal).

Para demodular la señal en el receptor, se elimina primero la expansión del espectro (proceso denominado correlación) para luego ser demodulada. Para realizar el proceso de correlación, tanto el equipo transmisor como el receptor deben estar sincronizados para lo cual el emisor suele enviar una secuencia de códigos de sincronismo.

Las bandas utilizadas para transmisión *spread spectrum* en nuestro país son:

- 902-928 MHz ( 26 MHz de ancho de banda)
- 2400 – 2483.5 MHz (83.5 MHz de ancho de banda)
- 5725 – 5850 MHz (125 MHz de ancho de banda)

Bandas que son reconocidas por el CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones). Estos valores corresponden a las bandas ISM “cuyos equipos son destinados a producir y utilizar, en un espacio reducido, energía radioeléctrica con fines industriales, científicos y médicos, domésticos o similares, con exclusión de todas las aplicaciones de telecomunicaciones”. A estas bandas se les llama no licenciadas.

De acuerdo al CFR 15.247<sup>4</sup>, el pico máximo de salida de potencia en el transmisor no debe ser mayor a 1 Watt; en caso de usar antenas direccionales y si la ganancia empleada en los sistemas fijos punto - punto y punto multipunto excede los 6 dBi la potencia de salida del transmisor deberá reducir 1 dB por cada 3 dB de ganancia que supere a los 6 dBi.

Los usuarios que utilizan esta tecnología, deben aceptar las interferencias causadas por otras señales en la misma banda de frecuencia y los equipos no deberán causar interferencia a usuarios primarios como son gobierno, médico, científico e industrial.

### 1.3.3.2 MMDS

#### 1.3.3.2.1 *Introducción*

MMDS (*Microwave Multipoint Distribution System*, Sistema de Distribución Multipunto de Microondas) es una tecnología inalámbrica originalmente concebida para la distribución de vídeo en aquellas zonas en las que no es factible realizar un cableado convencional. En los Estados Unidos y también en Ecuador MMDS opera en la banda de 2500 a 2686 MHz, mientras que en otros países se le ha asignado a este servicio un rango que va de 2 a 3 GHz.

---

<sup>4</sup> Referencia: [http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx\\_01/47cfr15\\_01.html](http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_01/47cfr15_01.html) (Radio Frequency devices)

El sistema permite transmitir vídeo en formato digital (DVB: *Digital Video Broadcasting*); de esta manera, es posible acomodar 5 canales de vídeo con la técnica de compresión MPEG-2 y con resolución ntsc (Que es la calidad de video asociada a un canal convencional de televisión en el Ecuador) en un canal de 6 MHz.

La banda MMDS y la tecnología de transmisión DVB, pueden ser empleadas para transmitir datos en las dos vías, tal como es el caso de México, en donde esta banda fue concesionada a Empresas que prestan servicios de última milla, en este caso se segmenta la banda en un canal para transmisión y otro para recepción. La transmisión desde la estación principal es un *Broadcasting* hacia los puntos remotos, mientras la transmisión de los remotos a la estación central se rige mediante técnicas de acceso como pueden ser TDMA (Acceso múltiple por división en el tiempo), CDMA (Acceso múltiple por división de códigos) u otros.

#### 1.3.3.2.2 *Características del sistema*

En un sistema MMDS los datos son transmitidos vía microondas utilizando un esquema de modulación y acceso de alta eficiencia espectral. Cada suscriptor dispone de un modem inalámbrico, el cual monitorea la señal recibida en espera de la información dirigida a un usuario particular. Los datos desde los usuarios (U/S, *upstreaming*) tienen una asimetría inherente al acceso a Internet, esto es, los datos de subida usualmente son menores que los de bajada. Entonces el sistema permite el acceso a Internet a altas velocidades. El canal de bajada D/S (*downstream*), que lleva la información dirigida al usuario es compartido, siendo necesario algún tipo de algoritmo para administrar el empleo del canal por parte de los suscriptores. Este algoritmo puede ser relativamente simple ya que es ejecutado desde el extremo transmisor sin necesidad de realimentación por parte de los usuarios. Cada canal de 6 MHz podría ser modulado utilizando por ejemplo la técnica 64-QAM, lo cual representa una velocidad de bits de 27 a 30 Mbps después de la respectiva corrección de errores.

Entre los formatos de modulación que pueden emplearse en MMDS tenemos BPSK (*Binary Phase Shift Keying*, modulación binaria por corrimiento de fase), QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*, modulación en cuadratura por corrimiento de fase), QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*, modulación de amplitud por cuadratura) y DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*, Espectro Esparcido de Secuencia Directa). BPSK es una alternativa pobre dado que la eficiencia espectral es la mitad de la correspondiente a QPSK con poca ventaja en cuanto a la relación señal/ruido. QAM parece ser el estándar adoptado por la industria, ya que permite obtener un elevado rendimiento en cuanto a velocidad de transmisión. DSSS es una técnica que permitiría obtener un rendimiento aún mayor del espectro radioeléctrico, a pesar de lo cual no ha sido aún adoptada por los fabricantes, posiblemente debido a problemas con la legislación vigente.

En un sistema de este tipo el espectro disponible está limitado por las disposiciones de los organismos gubernamentales reguladores de las radiocomunicaciones, por lo que es imperativo utilizar algún método que permita aumentar la cobertura sin requerir frecuencias adicionales.

Uno de estos métodos es la sectorización, técnica en la cual se emplea un arreglo de antenas altamente direccionales para re-utilizar los canales de RF en una determinada zona geográfica. En este contexto, la re-utilización de frecuencias se refiere al envío de distinta información a diferentes usuarios utilizando varias veces los mismos canales de RF. Por ejemplo, supongamos que se dispone de un arreglo de antenas que permite dividir la zona a cubrir en 6 sectores de  $60^\circ$  cada uno; si se dispusiera solamente de un par de canales A y B, ello permitiría utilizar 3 veces cada canal para transmitir distinta información, lo cual triplica la capacidad de cada canal.

En un esquema de sectorización existirá un compromiso entre el incremento de la capacidad asociado al número de sectores cubiertos y el incremento de la capacidad asociado a la utilización de esquemas de modulación cada vez más complejos, cuya susceptibilidad al ruido e interferencia será cada

vez mayor. Cuando se utiliza la sectorización es necesario contar con una adecuada separación entre sectores adyacentes, lo cual puede lograrse utilizando antenas lo suficientemente directivas y polarizaciones alternas.

Otra técnica empleada para aumentar el rendimiento del espectro de RF es la celularización. En ella se utilizan múltiples transmisores para enviar información a grupos de suscriptores que están geográficamente dispersos; cada grupo de suscriptores se halla dentro de una región o celda. El incremento en la capacidad se produce al enviar diferente información de RF desde distintas celdas utilizando los mismos canales de RF.

En la práctica se acostumbra utilizar una combinación de técnicas de sectorización y celularización. Para utilizar un esquema de celularización es necesario contar con un enlace de banda ancha entre la estación central y cada una de las estaciones base, el cual permitirá acomodar el crecimiento del ancho de banda provocado por la re-utilización de frecuencias. Dicho enlace suele ser de fibra óptica o microonda punto-a-punto. Por supuesto, es necesario diseñar tomando en cuenta la presencia de señales ajenas a la deseada en cada una de las celdas, lo que no es un problema tan grave como en el caso de la telefonía celular, en el que cada uno de los usuarios dispone de antenas omnidireccionales en MMDS cada suscriptor emplea antenas altamente direccionales, dirigidas hacia la respectiva estación base .

En un sistema celularizado podrían emplearse dos técnicas básicas de acceso: Acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA, *Frequency Division Multiplexing Access*) y acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA, *Time División Multiplexing Access*).

El empleo de MMDS no está de ninguna manera limitado a proveer acceso a Internet también pueden tenerse aplicaciones que requieren de un tráfico simétrico, tales como telefonía, videoconferencia e interconexión de LANs, pero en la actualidad, la mayor parte de licencias en la banda MMDS están dedicadas

a la transmisión de señales de televisión analógicas y digitales, es por eso que este servicio ha venido denominándose cable inalámbrico.

#### 1.3.3.2.3 *Factores inherentes al diseño de un sistema MMDS*

La siguiente es una lista de aquellos factores que deben ser tenidos en consideración por el diseñador de un sistema MMDS:

- **Variaciones en el tiempo de las señales transmitidas:** Esto incluye problemas tales como multitrayectoria, pérdidas por obstrucción e interferencia co-canal.
- **Espectro limitado debido a regulación gubernamental:** Esta limitación impone la re-utilización de frecuencias, esquemas de modulación eficientes y la eliminación de la información redundante.
- **Canal Compartido: Se requieren estrategias de acceso múltiple:** ¿Cómo repartir el recurso entre los usuarios? ¿Cómo procesar los requerimientos de servicio?
- **Variaciones en la calidad de servicio (QoS):** Esto es una función del BER (Bit Error Rate), de los retardos en la transmisión, del ancho de banda disponible y de la pérdida de información.
- **Seguridad:** Confidencialidad de la información de los usuarios.
- **Terminales de baja potencia y bajo costo:** Se requieren equipos que realicen funciones de señalización, procesamiento y comunicación con un costo moderado.
- **Proliferación de Estándares:** Es necesario asegurar la compatibilidad del sistema con respecto a las redes cableadas convencionales.

### 1.3.3.3 LMDS

#### 1.3.3.3.1 *Introducción*

Es una tecnología muy similar a MMDS, pero con más potencial para la interactividad con el usuario, debido, sobre todo, a su mayor ancho de banda.

El LMDS (*local multipoint distribution system*) es un sistema de comunicaciones punto a multipunto inalámbrico para transmisiones sobre banda ancha y que puede ofrecer muchos servicios simultáneamente: voz, datos, Internet, video, etc. En las frecuencias de 28 GHz en adelante. (Dependiendo de la licencia de cada país). En nuestro país mediante procesos públicos competitivos para la adjudicación de bandas de frecuencia asociadas a la prestación de servicios de telecomunicación se ha asignado las bandas de 27.5-28.35, 29.1-29.25 y 31–31.3 GHz.

#### 1.3.3.3.2 *Características del sistema*

La reciente disponibilidad comercial de tecnologías punto-multipunto es el factor más importante para el desarrollo comercial del LMDS en estos momentos.

Dado el carácter de "terminal de red" que tienen estos sistemas, no es sorprendente que los sistemas con protocolo ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) son los preferidos por empresas operadoras por su capacidad de combinar voz y datos manteniendo al mismo tiempo la calidad de servicio requerida. Sin embargo, los sistemas IP (*Internet Protocol*) están encontrando aceptación creciente a medida que tecnologías del tipo VoIP mejoran sus prestaciones casi diariamente.

Aparte del protocolo básico, una de las características dominantes de los sistemas punto-multipunto es un sistema de acceso que permita obtener ganancia

estadística basada en el ancho de banda bajo demanda, o al menos en el ancho de banda compartido.

Las características básicas de los sistemas de acceso líderes en cuanto a implementación son: ATM con técnicas de modulación n-QPSK y TDM en la bajada de la estación base al abonado (típicamente con 42 Mbps por portadora) y TDMA con modulación n-QPSK (con ancho de banda bajo demanda) en el sentido contrario, típicamente con portadoras de 10 Mbps.

La tecnología de sistemas LMDS se viene desarrollando desde hace varios años, y ha alcanzado un cierto nivel de madurez. En estos momentos se está trabajando fundamentalmente en técnicas de producción de alto volumen (miles de estaciones bases y cientos de miles de abonados), lo que presenta importantes posibilidades para las empresas de RF especializadas en el tema.

Los sistemas LMDS son sistemas de estructura celular. El radio de la célula y la topografía del terreno (no olvidemos que se necesita línea directa de vista, sin obstrucciones, entre cada estación base y cada abonado) determina el número de células necesarias para la cobertura de una zona determinada. Generalmente, las células tienen entre 3 y 9 Km de radio. Para disminuir en lo posible la interferencia entre células adyacentes se utilizan técnicas de re-utilización de frecuencia similares a las utilizadas en telefonía celular.

Una de las decisiones fundamentales a nivel de diseño de sistema es precisamente el número y localización de las células y el método de interconexión entre ellas (fibra o microondas) y las redes de datos, IP y telefonía.

Dentro de cada célula, el parámetro más crítico es la densidad de abonados, las velocidades de datos promedios y las estadísticas de tráfico para cada categoría de abonado. En zonas de alta densidad de abonados se divide la célula en sectores que van desde los 180 grados hasta los 30 grados, cada uno de los cuales puede verse desde el punto de vista del sistema como una célula independiente.

El radio de la célula viene determinado fundamentalmente por el criterio de diseño adoptado para la disponibilidad del enlace, que se mueve entre 99.992 % y 99.999 %. El factor más importante a este respecto es la lluvia, también influye el multi-camino ("*multipath*").

LMDS tiene las siguientes aplicaciones:

- TV multicanal por suscripción
- Interconectividad de redes LAN
- Videoconferencia (IP o ISDN)
- Frame Relay
- Circuitos de Data dedicados (E1/T1, nX64)
- ASP
- ISP
- Telefonía fija convencional (POTS)

#### 1.3.3.3.3 *Factores inherentes al diseño de las celdas LMDS*

Durante la planificación de celdas para una red LMDS, hay que tomar en cuenta los siguientes atributos:

- **Densidad de suscriptores** – El desempeño del sistema de distribución se mide con la densidad de los suscriptores, el cual es el porcentaje de suscriptores que poseen suficiente nivel de señal para lograr una excelente calidad de servicio.
- **Calidad de Servicio (*quality of service* – QoS)** – La calidad del servicio se encuentra afectada por varios factores como por ejemplo: la obstrucción del camino de transmisión, el solapamiento de celdas (15% es normal) y redundancia del sistema.
- **Cálculos del Enlace** – Los cálculos del enlace permiten estimar la máxima distancia a la que un suscriptor puede estar localizado de una celda teniendo aún aceptables niveles de confiabilidad del servicio. Aquí se

contabiliza todas las pérdidas y ganancias del sistema a través de varios tipos de equipos y se analizan varios parámetros de la red, incluyendo la relación portadora / ruido.

- **Selección del tamaño de la celda** – El tamaño máximo de celda para servir un área está relacionado al nivel de confiabilidad deseado, obtenido a partir del cálculo del enlace. El tamaño de la celda puede variar dentro del área de cobertura debido al tipo de la antena, su altura y pérdida de señal. Los anteriores efectos guardan relación con el tipo de área de cobertura por ejemplo urbano, suburbano o cobertura de baja densidad. La selección del tamaño de la celda afecta el costo capital total para la cobertura del área requerida.
- **Modelo capital-costo** – El modelo capital-costo es utilizado para estimar los requerimientos de capital de la red. El modelo encierra consideraciones de diseño tales como cálculos del enlace, tamaño de celda, solapamiento de celdas, número de celdas, capacidad de tráfico, número de sectores, costo por cada celda, y costo capital total.

#### 1.3.3.4 WLL

La tecnología Wireless Local Loop o de acceso analámblico fijo que suele estar en las bandas de 3.4 – 3.7 GHz. Por su ancho de banda resulta adecuado para el servicio de telefonía, datos e internet de mediana y baja capacidad, ya que se proporcionan espectros que van de los 25 a los 100 Mhz. En el país el sistema se destinó principalmente para conectar suscriptores a la red telefónica pública utilizando señales de radio en toda o en parte de la conexión del suscriptor con la Central telefónica, no obstante su capacidad en la transmisión de datos a velocidades que pueden variar de 64 Kbps a 22 Mbps o más. Es decir este sistema puede competir con una red ya existente de cobre o eventualmente ser usado en zonas rurales donde el despliegue de planta externa de cobre es muy costoso y poco eficiente desde el punto de vista económico.

En Ecuador, mediante procesos públicos competitivos para la adjudicación de bandas de frecuencia asociadas a la prestación de servicios de telecomunicaciones, a WLL se han adjudicado tres bandas de frecuencia a tres empresas portadoras de servicios, como son SETEL, Ecuador Telecom; y las públicas Andinatel-Pacifictel y Etapa (con un segmento para estas tres últimas).

WLL puede ser implementado con las mismas técnicas de modulación y acceso explicadas ampliamente en MMDS y LMDS, con las consideraciones propias de la Banda de frecuencia utilizada que establecen diferentes parámetros de pérdidas y propagación en el aire.

Las mejoras en cuanto a los esquemas de modulación y técnicas de acceso han permitido que se pueda obtener equipos que no requieren línea de vista, con lo cual se espera un alto índice de penetración, con la ventaja de no requerir instalaciones externas en el lado de usuario. Una de estas técnicas se conoce como OFDM (Multiplexación por división de frecuencia ortogonal) y está en procesos de estandarización para su uso tanto en la banda de WLL como en la de MMDS.

La banda WLL, así como la MMDS y LMDS, son bandas que requieren de una concesión por parte de los entes regulatorios de cada país, lo que limita su acceso a empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones, capaces de pagar los altos valores de concesión en las bandas mencionadas.

#### **1.4 ESTADO ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES EN EL CENTRO HISTORICO DE QUITO**

En los momentos actuales en el Centro Histórico de Quito existen proveedores de servicios de telecomunicaciones que brindan a las diferentes empresas y almacenes enlaces de última milla por pares de cobre. Todo ellos con la dificultad de no poder acceder libremente a sus clientes ya sea para dar

mantenimiento o establecer nuevos enlaces debido a las regulaciones para la colocación de pares de cable en la zona. Por esta razón y en una primera instancia se puede afirmar que existe la necesidad de implementar una red inalámbrica en este sector de la ciudad, tomando en cuenta que el Centro Histórico de Quito es una zona eminentemente comercial.

De acuerdo a la información obtenida de la Superintendencia de Telecomunicaciones se conoce que actualmente existen 5 carriers con los permisos respectivos para dar servicios portadores de última milla en la ciudad de Quito: Andinadatos, Suratel, Conecell, Impsat y Otecel<sup>5</sup>. De acuerdo a la información proporcionada por cada uno de estos se conoce que solo dos de ellos tienen varios clientes en el centro histórico de Quito, a los que llegan mediante pares de cobre para proporcionarles su enlace de última milla, y todos con la misma dificultad, el problema de acceder a sus clientes para el respectivo mantenimiento y más las dos primeras empresas mencionadas que dependen total o parcialmente de la infraestructura de Andinatel.

La necesidad de implementar una red inalámbrica se hace cada vez más necesaria debido a las nuevas regulaciones municipales que van dirigidas a mejorar el ornato de una zona declarada Patrimonio Cultural. Regulaciones que impiden cursar cables por postes o paredes de la zona, dificultando el acceso a los servicios de transmisión de Datos requeridos por las empresas del sector.

---

<sup>5</sup> [www.supertel.gov.ec](http://www.supertel.gov.ec) (Telecomunicaciones – Servicios portadores)

**CAPITULO 2**

**ESTUDIO PREVIO AL DISEÑO DE RED**

## 2.1 ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado constituye una parte muy importante y el punto de partida en todo proyecto de este tipo, ya que en base a él se puede determinar la demanda real del servicio que se quiere proporcionar.

### 2.1.1 OBJETIVOS

- Demostrar que existe la necesidad de implementar una red inalámbrica para la transmisión de datos, voz e Internet en el Centro Histórico de Quito, con el fin de mejorar los servicios de comunicaciones existentes actualmente.
- Establecer los requerimientos de los usuarios que formarían parte de dicho mercado.
- Determinar las tecnologías inalámbricas disponibles para satisfacer dichas necesidades.

### 2.1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Al momento, las empresas de comunicaciones ofrecen a sus clientes enlace de última milla en el Centro Histórico de Quito mediante par de cobre o enlaces de fibra óptica. En el interior de un edificio puede utilizarse cobre o fibra, pero para las conexiones entre edificios sería necesario realizar excavaciones en las calles para construir zanjas adecuadas en las que se pueda depositar el cable. Esto, en el mejor de los casos, es un gasto bastante significativo y adicionalmente causa muchos problemas en el Centro Histórico. Los *carriers* rentan la ductería de Andinatel para tender su red, ya sea con fibra o cables de 50, 30 o 20 pares, para la transmisión de datos, voz, Internet, etc.; lo que implica que para dar mantenimiento a estas líneas se necesite cada vez los respectivos permisos, lo

cual a la larga se refleja en altos tiempos de respuesta ante fallas y mantenimientos.

Otra manera de cruzar cable es por aire, pero en el centro de Quito no hay postes, y lo que se ha hecho es pegar el cable por las paredes de las casas, pero debido a que es prohibido dura poco tiempo, ya que el Municipio arranca estos cables, razón por la cual los *carriers* necesitan otra alternativa.

Por esto se plantea dar una solución investigando y analizando las tecnologías inalámbricas disponibles en el mercado, para implementar una red inalámbrica que pueda ser conectada a la red de cable de alguna de las empresas de telecomunicaciones existentes en la ciudad.

### 2.1.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

En un estudio de este tipo pueden usarse dos tipos de fuentes de información: primarias y secundarias.

Las primarias consisten básicamente en investigación de campo por medio de observación y encuestas principalmente enfocadas al consumidor del producto.

Las secundarias, que integran información escrita existente sobre el tema, tal como estadísticas ajenas a la empresa, libros, revistas, Internet, datos de la propia empresa que se encuentra realizando el estudio, etc. Razón por la que se debe conocer donde se encuentra la información. Estas fuentes tienen las siguientes ventajas:

- Pueden satisfacer los requerimientos sin necesidad de acudir a las fuentes primarias, y por eso son las primeras que deben buscarse.

- Sus costos de búsqueda son muy bajos en comparación con las fuentes primarias ya que como se dijo anteriormente, se trata de información ya existente.
- En el caso de que no resuelvan el problema, pueden ayudar a plantear hipótesis sobre la solución y contribuir así a planear la recopilación de datos.

Por las ventajas expuestas, este trabajo se basará en las fuentes secundarias. Y es entonces que en base a ellas, se podrá contar con los criterios necesarios para determinar no solo nuestro posible mercado para la red, sino también las aplicaciones que requieren los usuarios y las capacidades de los equipos de comunicación para el diseño.

Uno de los *carriers* que tiene clientes en el Centro Histórico de Quito se ha interesado en este estudio, entonces mucha de la siguiente información es tomada directamente de los datos que se generan por el funcionamiento de dicha empresa; entre los aspectos más importantes se tienen los siguientes:

- Requerimientos típicos de usuarios como Bancos, Supermercados, Farmacias, almacenes de electrodomésticos, usuarios de Internet, etc.
- Valores prácticos y referenciales de anchos de banda según las aplicaciones.

Los clientes de este *carrier* serán considerados como la base para el diseño de la red, a partir de ellos esta puede ampliarse.

## 2.1.4 ESTADO ACTUAL DE UNA RED EN EL CENTRO HISTORICO DE QUITO

Actualmente los usuarios del centro de Quito utilizan enlaces del tipo *Clear Channel* o *Frame Relay*, contratados a los carriers locales, los mismos que conectan a los usuarios mediante sus tendidos de última milla a su red de transporte. Estas redes de transporte son redes WAN conformadas principalmente por *Switchs* y Nodos interconectados mediante líneas de Fibra y/o cobre. A continuación se detalla en forma general la estructura de la red del carrier que se ha tomado como referencia:

La red WAN que se está analizando, ubicada en la ciudad de Quito está conformada por tres *Switches Frame Relay* y varios Nodos de Cross conexión conectados mediante fibra óptica, formando varios anillos SDH. Desde cada nodo salen tendidos de cable que conforman las redes de última milla y permiten enlazar a los clientes empleando como equipo terminal Modems de Línea. Los enlaces del tipo *Frame Relay* pasan y son administrados por los *Switches Frame Relay*, los *Clear Channel* pasan y son administrados por los Nodos de Cross conexión mediante un Software de gestión propietario. La cobertura de este carrier abarca toda la Ciudad de Quito y sus Valles aledaños.

En la figura 2.1 se ilustra cómo un usuario ubicado en cualquier parte de la ciudad puede acceder a la nube *Frame Relay*, a través red del *carrier*.

Las conexiones "*Clear Channel*" que puede brindar la red son desde  $n \times 8$  Kbps utilizando la multiplexación por división de tiempo TDM. Para esto se encuentra implementado todo un backbone de estos equipos, formando una red con una topología que obedece a la ubicación estratégica de los nodos en función de la concentración geográfica de los usuarios.

Los módems de línea permiten llegar desde un nodo de cross conexión hasta un usuario; dichos equipos mantienen una comunicación digital en banda

base con el nodo utilizando el código de línea 2B1Q. Para la conexión entre el equipo terminal de usuario DTE y el módem, éstos cuentan tanto con interfaces tipo V.35, V.24, G.703 o puertos Ethernet 10BT.

Para el Centro Histórico de Quito el *carrier* en mención cuenta con un Nodo de Cross conexión ubicado en sector de la Marín, desde el cual parte la red de acceso de última milla que cubre la zona céntrica, esta red es la que deberá desmontarse y ser reemplazada por un medio de acceso inalámbrico evitando así los inconvenientes mencionados de permisos y accesos mediante cables.

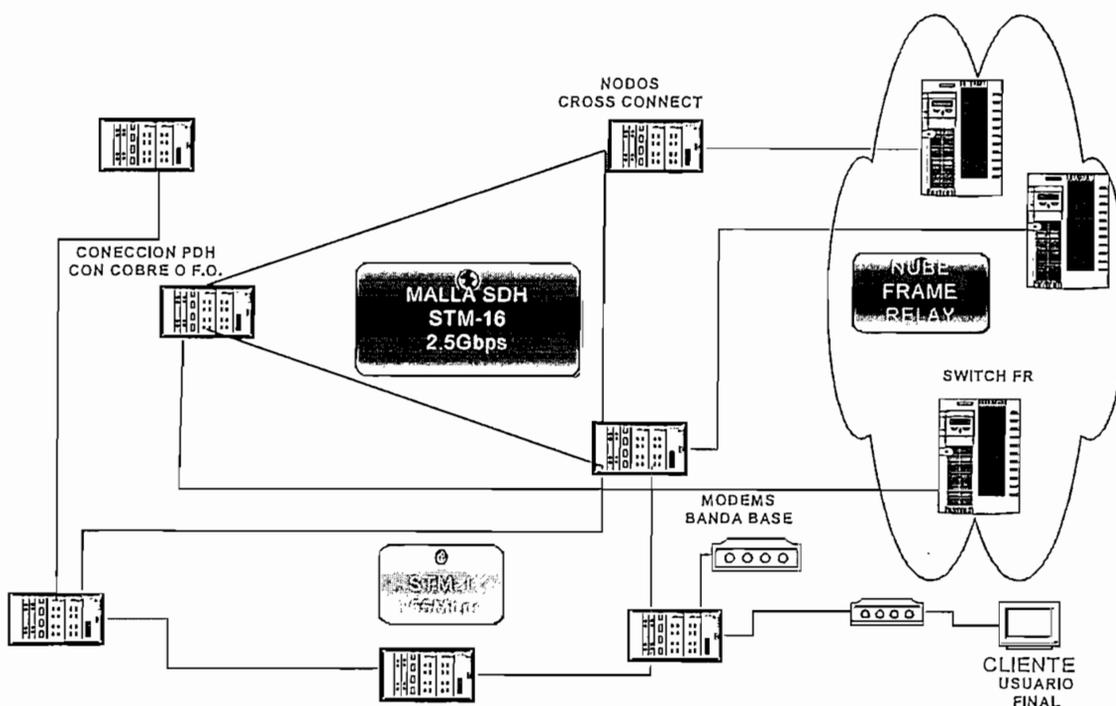


Figura 2.1 Acceso de un cliente al carrier

## 2.1.5 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PUNTOS

Para la determinación del número de usuarios se recurrió directamente a las fuentes secundarias, que constituyen los datos de la cartera de clientes que el mencionado *carrier* tiene en la zona.

A continuación, en la tabla 2.1 se presentan los puntos de las empresas<sup>1</sup>, dirección en la que se encuentran ubicados e información del sector operacional al que pertenecen, pudiendo ser: clientes financieros, transaccionales, y de servicio de Internet.

	EMPRESA	UBICACIÓN	TIPO DE CLIENTE
1	Austro San Francisco	Benalcázar y Sucre	Financiero
2	Banco del Pichincha Ipiales	Mideros, entre Cuenca e Imbabura	Financiero
3	Bco del Pichincha Ag.San Francisco	Benalcázar y Sucre	Financiero
4	Turisa	García Moreno, entre Sucre y Bolívar	Transaccional
5	Servipagos La Compañía	García Moreno y Sucre	Financiero
6	Etafashion Venezuela	Venezuela y Sucre	Transaccional
7	Municipio internet	Guayaquil entre Chile y Espejo	Internet
8	Etafashion Guayaquil	Guayaquil y Espejo	Transaccional
9	Municipio Matriz	Guayaquil entre Chile y Espejo	Transaccional
10	Bco del Pichincha Ag. Plaza Grande	Venezuela y Espejo	Financiero
11	Artefacta Guayaquil	Guayaquil y Bolívar	Transaccional
12	Fybeca Bolívar	Guayaquil y Bolívar	Transaccional
13	Cooperativa Andalucía	Guayaquil y Sucre. Pasaje Tobar	Financiero
14	Víctor Cañar. Café Net	Antonio Rivera y Zaldumbide	Internet
15	Artefacta San Agustín	Guayaquil y Chile	Transaccional
16	Marathon Sport San Agustín	Chile y Guayaquil	Transaccional
17	Fybeca Mejía	Venezuela y Mejía	Transaccional
18	Produbanco Centro	Chile y García Moreno	Financiero
19	Agencia de Viajes Rocatravel	Imbabura y Chile	Transaccional
20	Cooprogreso	Imbabura y Chile	Financiero
21	Metropolitán Turing	Calle Ipiales. Parqueadero La Merced	Transaccional
22	Marathon Sport Centro	Venezuela y Chile	Transaccional
23	Metropolitán Turing Centro	Olmedo y García Moreno	Transaccional
24	Artefacta Principal	Guayaquil y Olmedo	Transaccional
25	Banco del Pichincha Plaza del Teatro	Guayaquil y Manabí	Financiero
26	Fybeca Plaza del Teatro	Guayaquil y Esmeraldas	Transaccional
27	Cooperativa Cámara de Comercio	Guayaquil y Esmeraldas	Financiero
28	Gespaviajes	Briceño y Vargas	Transaccional
29	Créditos Económicos Sucursal Mayor	Guayaquil y Caldas	Transaccional
30	Banco Nacional del Fomento	10 de Agosto y Ante	Financiero
31	Banco Central del Ecuador	10 de Agosto y Briceño	Financiero
32	Sana Sana Centro	Arenas y 10 de Agosto	Transaccional
33	Ministerio de Gobierno	Espejo y Benalcázar	Internet
34	Créditos Económicos Sucursal	Caldas y Guayaquil	Transaccional
35	Farcomed Matriz	Espejo y Montúfar	Transaccional

Tabla # 2.1 Clientes del Centro Histórico de Quito<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hay empresas que tienen más de un punto en el sector, o que para un mismo punto contratan más de un enlace.

<sup>2</sup> Cartera de clientes proporcionada por el carrier en mención



	CLIENTE	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (Kbps)
1	Austro San Francisco	64
2	Banco del Pichincha Ipiales	128
3	Bco. Pichincha-San Francisco	128
4	Agencia de viajes Turisa	64
5	Servipagos La Compañía	64
6	Etafashion Venezuela	64
7	Municipio Internet	512
8	Etafashion Guayaquil	64
9	Municipio Matriz	64
10	Bco. Pichincha Plaza Grande	192
11	Artefacta Guayaquil	64
12	Fybeca Bolívar	64
13	Cooperativa Andalucía C.	64
14	Víctor Cañar. Café Net	256
15	Artefacta San Agustín	64
16	Marathon Sport San Agustín	64
17	Fybeca Mejía	128
18	Produbanco Centro	128
19	Rocatravel	64
20	Cooprogreso	64
21	Metropolitan Turing	64
22	Marathon Sport Centro	64
23	Metropolitan Turing Centro	64
24	Artefacta Principal	64
25	Banco del Pichincha Pl. Teatro	128
26	Fybeca Plaza del Teatro	192
27	Cámara de Comercio	64
28	Agencia de Viajes Gespaviajes	64
30	Banco Nacional del Fomento	64
31	Banco Central del Ecuador	4000
32	Sana Sana Centro	64
33	Ministerio de Gobierno	128
34	Créditos Económicos Sucursal	64
35	Farcomed Matriz	2048

Tabla # 2.2 Velocidades requeridas por los clientes<sup>3</sup>

Por todo lo expuesto, conjuntamente con los criterios vertidos en la última sección del Capítulo 1, a más de que en este tiempo se están dando trabajos de regeneración urbana por parte del Municipio y se están viviendo ya las

<sup>3</sup> Datos de velocidad con que operan actualmente los clientes proporcionados por *carrier* actual.

consecuencias de tener una red de cable en el sector, e incluso en algunos casos se ha tenido que dar soluciones temporales con enlaces inalámbricos punto-punto entre el cliente y el nodo de acceso alámbrico, se puede llegar a concluir que la implementación de una red de inalámbrica de comunicaciones en el Centro Histórico de Quito es una necesidad y existe el mercado necesario para este proyecto.

### 2.1.8 REQUERIMIENTOS DE UN SISTEMA DE ACCESO MODERNO

En contraste con los sistemas de acceso antiguos, los nuevos sistemas requieren de mayor flexibilidad y de adaptación a los cambios que continuamente se vienen produciendo. Entre las características más importantes que un sistema de acceso debe cumplir se tienen:

- Soluciones técnicas evolutivas con el fin de soportar servicios existentes y futuros.
- Estructuras flexibles y capacidad de extensión, posibilidades de integración simple con redes existentes y futuras.
- Fácil adaptación a diferentes velocidades de transmisión y servicios, independiente del servicio y enteramente transparente.
- Interfaces estandarizadas.
- Optimización con baja configuración, mantenimiento y costos, alta seguridad.
- Bajo costo por tráfico de canal, rápido retorno de la inversión.
- Rápido montaje y puesta en marcha.
- Alta seguridad de la información.

## **2.2 FACTORES A CONSIDERARSE EN EL DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA**

Son varios los factores que deben considerarse al diseñar una red inalámbrica, algunos de los aspectos más importantes a tener en cuenta son los siguientes:

### **2.2.1 COBERTURA**

Para cubrir áreas geográficas amplias, la mayoría de sistemas de hoy día emplean desarrollos basados en celdas. Con esta estrategia la estación base en el centro de cada celda tiene la capacidad de manejar la comunicación con los suscriptores circundantes, y se trata de sistemas punto multipunto que emplean diferentes mecanismos de acceso para servir a sus usuarios desde la misma estación base, de esta manera el control es centralizado y el ancho de banda compartido por todos ellos.

La cobertura geográfica de una celda está limitada por el rango de los equipos de radio (potencia y ganancia de antenas) y por las limitaciones de propagación y línea de vista. Cuando los requerimientos de cobertura exceden estos rangos se requiere de la instalación de celdas vecinas, estas celdas se diseñan idealmente en forma de hexágonos con sus estaciones base conectadas al backbone mediante enlaces de alta capacidad.

Las características topográficas de la zona pueden presentar lo que se conoce como áreas de sombra dentro de una celda, las cuales son inaccesibles por la estación base. Los estudios indican que en este tipo de sistemas hasta un 30% de suscriptores caería dentro de esta área, la solución para esto es reducir el tamaño de las celdas o emplear mini celdas que cubran las áreas oscuras, sin embargo esto adiciona costos de estaciones base y accesos al backbone.

### 2.2.2 RENDIMIENTO

Depende de la puesta a punto de los productos así como del número de usuarios, los factores de propagación, y tipo de sistema inalámbrico utilizado. Los valores típicos esperados en estos sistemas son de una tasa de errores de  $10^{-7}$  y una disponibilidad del 98%.

Los equipos deben ser fabricados de tal manera que puedan trabajar bajo condiciones climáticas extremas, lo que significa que deben cumplir con especificaciones que les permitan trabajar tanto en zonas frías como en el trópico, contando por tanto con equipos robustos y durables.

Equipos con potencias de salida superiores y mejores rangos de sensibilidad deben ser preferidos ya que estos nos proporcionan márgenes de enlace que aseguren operaciones sólidas bajo condiciones climáticas adversas, así como también frente a interferencias de otros sistemas.

### 2.2.3 INTEGRIDAD Y FIABILIDAD

Las tecnologías para redes inalámbricas son propensas a interferencias de radio que degradan el rendimiento de la red. La robustez en el diseño de la red debe ser tal que proporcione conexiones con un alto grado de integridad de datos, de igual o mejor forma que una red de cable. Para ello deben contar con mecanismos para detección y corrección de errores tal como FEC (*Forward error corrections*), ARQ (*Authomatic retransmission request*), acompañado de técnicas de modulación que se puedan adaptar al medio.

### 2.2.4 COMPATIBILIDAD CON REDES EXISTENTES

Los sistemas inalámbricos deben proporcionar un estándar de interconexión con redes de cable. Los equipos inalámbricos deben ser

administrables mediante un software de gestión de manera similar a la gestión de los nodos actuales del *carrier*, con sus elementos apropiados de configuración, monitoreo de fallas, generación y reporte de alarmas, etc.

### **2.2.5 INTEROPERATIVIDAD DE LOS DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS DENTRO DE LA RED**

El diseñador debe ser conciente de que los sistemas inalámbricos de distintos proveedores pueden no ser compatibles para operar juntos por las siguientes razones:

- Diferentes tecnologías no inter-operarán. Por ejemplo un sistema basado en la tecnología de Salto de frecuencia (FHSS), no se comunicará con otro basado en la tecnología de Secuencia directa (DSSS).
- Sistemas que utilizan distinta banda de frecuencias no se podrán comunicar aunque utilicen la misma tecnología.
- Aún utilizando igual tecnología y banda de frecuencias ambos proveedores, los sistemas de cada uno no se comunicarán debido a diferencias de implementación de cada fabricante.

### **2.2.6 INTERFERENCIA Y COEXISTENCIA**

Un problema es la colocación de varias redes inalámbricas en lugares próximos. Mientras unas redes inalámbricas de unos fabricantes interfieren con otras redes inalámbricas, hay otras que coexisten sin interferencia.

Las redes más vulnerables a este tipo de interferencia son las que trabajan en las bandas no licenciadas descritas en la sección 1.3.3.1.3. En estas bandas no existen reglas establecidas ni regulaciones que normen su coexistencia, por tanto requiere de un estudio de campo radioeléctrico y un diseño más estricto en

cuanto al área de cobertura y apertura de sus antenas a fin de garantizar un servicio confiable a los usuarios.

### **2.2.7 LICENCIAS**

En los Estados Unidos, La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), gobierna la radio-transmisión, incluida la empleada en las redes inalámbricas. Otras naciones tienen sus correspondientes agencias reguladoras. Típicamente las redes inalámbricas se diseñan para operar en porciones del espectro de radio donde el usuario final no necesita una licencia FCC para utilizar las ondas de radio. En los Estados Unidos la mayor parte de las redes difunden en una de las bandas de ISM (de instrumentación, científicas o médicas). Estas incluyen 902-928 Mhz, 2.4-2.483 Ghz, 5.15-5.35 Ghz, y 5.725-5.875 Ghz. Para poder vender productos de sistemas inalámbricos en un país en particular, el diseñador debe asegurar la certificación por el ente regulador en ese país.

### **2.2.8 SIMPLICIDAD Y FACILIDAD DE USO**

Los usuarios necesitan muy poca información que añadir a la que ya tienen sobre redes en general, para utilizar una inalámbrica. Esto es así porque la naturaleza inalámbrica de la red debe ser transparente al usuario, las aplicaciones deben trabajar de igual manera que lo harían en una red de cable.

Las redes inalámbricas simplifican muchos de los problemas de instalación y configuración que atormentan a los que dirigen la red. Ya que únicamente los puntos de acceso de las redes inalámbricas necesitan cable, ya no es necesario llevar cable hasta el usuario final. La falta de cable hace también que los cambios, extensiones y desplazamientos sean operaciones triviales en una red inalámbrica.

Finalmente, la naturaleza portable de las redes inalámbricas debe permitir a los encargados de la red preconfigurar ésta y resolver problemas antes de su

instalación en un lugar remoto. Una vez configurada la red debe poder llevarse de un lugar a otro con muy poca o ninguna modificación.

### 2.2.9 SEGURIDAD EN LA COMUNICACIÓN

En este aspecto, lo importante es que los equipos empleados presten algún esquema que permita garantizar la confidencialidad de la información, ya sea mediante métodos de encriptación de la información o el establecimiento de claves de acceso por usuario y por equipo de la red.

Los sistemas deben tener la capacidad de ser monitoreados en tiempo real a fin de poder detectar actividades sospechosas en la red, para lo cual es conveniente que se mantenga un histórico de al menos cinco días de la actividad de los usuarios.

Solamente el suscriptor debe ser capaz de visualizar su información gracias al empleo de algoritmos de encriptación y de-encriptación que asignen un código único al usuario, típicamente los equipos soportan el estándar DES<sup>4</sup> o el estándar AES<sup>5</sup>.

### 2.2.10 ESCALABILIDAD

La escalabilidad de las redes permite que los crecimientos o las modificaciones futuras en la red afecten lo menos posible al servicio prestado a los usuarios. Equipos modulares y sistemas que puedan ser actualizados manteniendo siempre una infraestructura básica, deben ser preferidos a otros cuyos cambios o mejoras impliquen el reemplazo de sistemas o nodos completos.

---

<sup>4</sup> DES (*Data Encryption Standard*) – Estándar de Encriptación de Datos

<sup>5</sup> AES (*American Encryption Standard*) - Estándar de Encriptación Americano

A medida que crece el número de usuarios, el tráfico en la red puede crecer a tal punto que la calidad de servicio se degrade a valores inaceptables. Esto dependerá de la capacidad de tráfico de los radios actuales, del tipo de tráfico y de las tasas asignadas a cada usuario. Para escalar estas redes se pueden citar dos soluciones comunes:

- Multiplicar el número de radios dentro de una celda de tal manera que se multiplique la capacidad de tráfico.
- Aumentar celdas dentro de una misma localidad.

Estas dos soluciones requieren de equipos escalables tanto en *hardware* como en tecnología. Esto es, equipos que permitan manejar esquemas de modulación y acceso más eficientes y puedan incorporar además tecnologías avanzadas en antenas y equipos de radio.

**CAPITULO 3**  
**DISEÑO DE RED**

### 3.1 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS INALÁMBRICAS

De acuerdo a lo revisado en los capítulos anteriores y previo a la selección de una tecnología que se ajuste a las necesidades de los usuarios, se realiza una breve descripción de cada una de las tecnologías y se comenta su aplicabilidad tomando en cuenta tanto la reglamentación existente en el país como su factibilidad práctica y económica de implementación.

**MMDS** aunque inicialmente fue concebida como una tecnología para transmisión de video, puede ser usada también para telefonía, transmisión de datos, voz e Internet, pero la mayor parte de licencias están dedicadas a la transmisión de canales de TV.

En el caso de Ecuador, MMDS esta destinado al servicio de televisión pagada, y aunque está en revisión aún no se contempla su concesión para servicios de transmisión de datos.

**LMDS** es una tecnología idónea para la transmisión simultánea de voz, datos e Internet. Como ya había dicho, es un sistema de estructura celular y generalmente las células tienen un radio de entre 3 y 9 Km., lo que en este diseño resulta útil.

En el país, existe ya, por parte de la Senatel, el proyecto que contempla las bandas asignadas para LMDS, pero aún no se ha iniciado el proceso de licitación de las mismas.

El equipamiento para LMDS es sumamente costoso, lo que ha impedido una amplia difusión aún en los países industrializados.

**WLL** es una tecnología inalámbrica que también podría transmitir voz, datos e Internet, el tipo de usuarios a los cuales está mayormente destinada esta tecnología es el mercado residencial y el corporativo de mediana capacidad (pocos E1's).

Como ya se mencionó en el capítulo 1, en el país se adjudicó a tres empresas del sector de las telecomunicaciones, tres segmentos destinados a la explotación de servicios WLL previo el pago de valores que van de 2 a 3 millones de dólares.

**Spread Spectrum**, usada mayormente en redes LAN inalámbricas, esta técnica es usada también para enlaces punto-punto y punto-multipunto permitiendo por tanto formar celdas que presten servicios a un determinado número de usuarios. Lo que puede resultar también idóneo para este diseño.

### 3.1.1 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Las tecnologías analizadas permiten satisfacer los requerimientos de los usuarios, en cuanto a su capacidad de proporcionar transmisión de voz, datos e Internet. La diferenciación principal entre ellas está en el grado de calidad y confiabilidad que ofrecen así como en el costo de implementación. En el siguiente cuadro se resumen las características más importantes:

	MMDS	LMDS	WLL	SPREAD SPECTRUM
Cobertura (Km)	10	3	7	10
Performance	10e-6	10e-9	10e-6	10e-5
Compatibilidad Otras Redes	PDH, IP	ATM, SDH, PDH, IP	ATM, SDH, PDH, IP	PDH, IP
Facilidad de Implementación (1 A 10) 10 más fácil	5	3	5	8
Requiere Licencia	SI	SI	SI	NO
Costo promedio de concesiones	5 millones	30 millones	3 millones	

Tabla # 3.1 Comparación entre las diferentes tecnologías

Se puede realizar una división, entre sistemas que requieren de una concesión de banda por parte del estado, como es el caso de MMDS, LMDS y WLL, de la que no requiere concesión como es el *Spread Spectrum*. Contar con una concesión de banda implica el pago previo de cientos de miles o millones de dólares, solo por el permiso para operar por el período de 15 años con opción a renovación, lo cual resulta sumamente oneroso para un proyecto de poca cobertura.

Es importante además, mencionar que para todas las tecnologías se debe pagar una imposición anual, cuyo valor puede ser calculado en base a las fórmulas descritas en el anexo 3.<sup>1</sup>

Los costos de implementación de sistemas LMDS son los más elevados, siguiéndole los de MMDS y WLL, y siendo los más bajos los de *Spread Spectrum*. Por otra parte los servicios de bandas licenciadas, permiten ofrecer enlace con mayor grado de fiabilidad y disponibilidad que los de *Spread Spectrum*.

Tomando en consideración lo anterior, la tecnología que se considera adecuada y que se ajusta a los requerimientos tanto de servicios de telecomunicaciones como de costos y factibilidad es la *Spread Spectrum*. La cual además requerirá de un análisis y diseño cuidadoso que permita obtener grados de fiabilidad y disponibilidad aceptables.

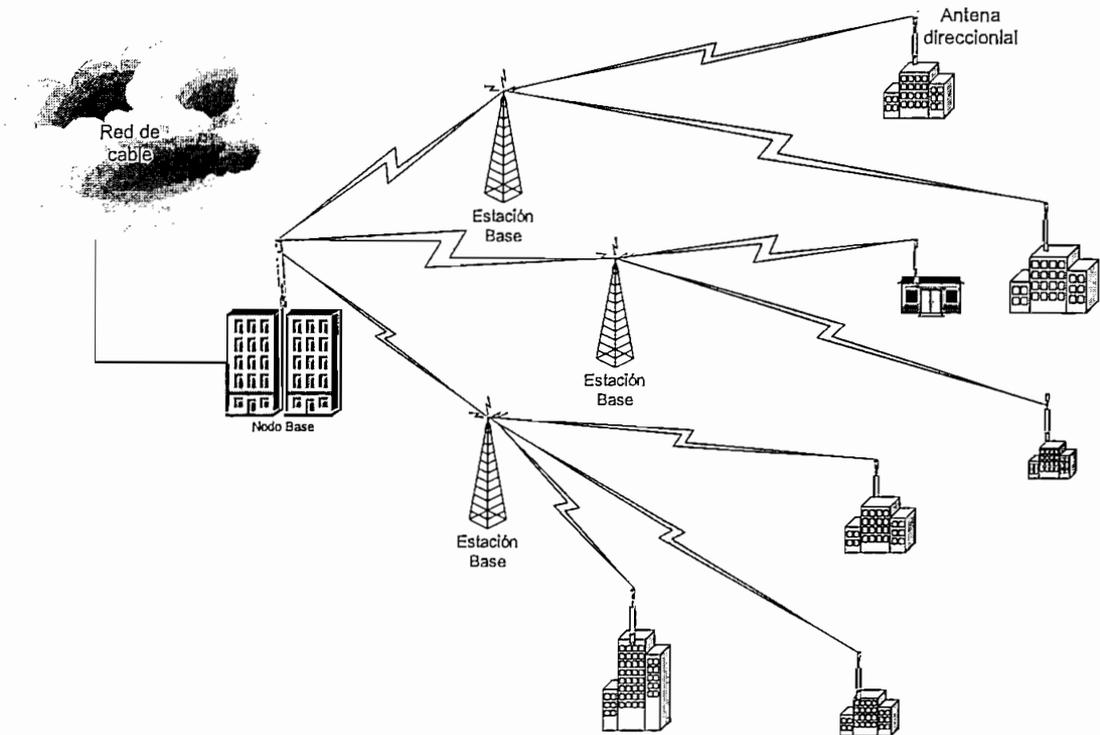
## 3.2 REQUERIMIENTOS

Como ya se expuso anteriormente, este proyecto está enfocado a escoger una tecnología de transmisión inalámbrica para implementar una red de transporte de datos, voz e Internet que sea capaz de acceder a una red alámbrica ya existente.

---

<sup>1</sup> REGLAMENTO DE TARIFAS POR EL USO DE FRECUENCIAS (Nº 769-31-CONATEL-2003)

La figura 3.1 muestra un esquema general de la red que se quiere implementar:



*Figura 3.1 Esquema general de la red que se quiere diseñar*

Conforme a la información obtenida de los clientes a ser atendidos por la red, los requerimientos de dicha red serían:

- Como se indica en la figura 3.1 deberá tenerse una o más estaciones base para que mediante enlaces punto - multipunto y antenas directivas, los clientes a través de alguna de ellas puedan acceder a la red inalámbrica.
- Las estaciones base se conectarán a la red del *carrier* mediante enlaces punto – punto. Entonces parte importante del diseño constituye una elección adecuada de las estaciones base que se requieran para dar una cobertura a todos los usuarios.
- Los equipos de radio usados deben ser configurables vía software o capaces de ser gestionados desde la estación principal o desde la red del *carrier*.

- El radio de las estaciones base debe transmitir simultáneamente hacia los puntos remotos y la unidad remota acceder a la estación base correspondiente mediante el empleo de tecnologías de acceso tales como FDMA, TDMA, CDMA o alguna otra.
- Se requiere una cobertura mínima de 3,5 Km; dado que el centro histórico está dentro de un área aproximada de 3 x 3 Km.
- La disponibilidad esperada debe ser mejor al 98% y la calidad de los enlaces presentar una tasa de errores menor a  $10^{-7}$ . Apegando esto a las normas de calidad exigidas por la SENATEL a los operadores.
- Las especificaciones de los equipos deben incluir un esquema de corrección de errores a fin de garantizar la integridad de los datos.
- Para el diseño se requieren equipos que operen en las bandas de 2,4 y 5,8 GHz y evitar así el pago de onerosas imposiciones al ente regulador.

### **3.3 DISEÑO DE LA RED**

Para el diseño de la red se realizará un análisis de línea de vista para determinar la posible ubicación de las bases y luego los cálculos de propagación.

#### **3.3.1 ANÁLISIS DE LÍNEAS DE VISTA**

La línea de vista es una línea imaginaria que se traza a partir de la base hasta el lugar donde se encuentra el equipo remoto que se pondrá en operación para establecer un enlace.

Debido que las ondas de radio de alta frecuencia son atenuadas por obstáculos, se requiere línea de vista sin obstrucciones entre las antenas para un óptimo desempeño y un alcance máximo.

Para determinar si hay línea de vista es necesario utilizar binoculares, si no es factible el alcance de la vista, o espejos en los sitios de la estación base y remota.

Cuando hay obstrucción causada por montañas, edificios, árboles, curvatura de la tierra, etc. y en general la topología del terreno, la instalación no es posible.

La Zona de Fresnel de una señal de radio es un área elíptica alrededor de la línea visual. Varía en su radio dependiendo de la distancia y frecuencia de la señal. Las dimensiones de la Zona de Fresnel pueden ser calculadas y se debe tomar en cuenta cuando se está diseñando un enlace inalámbrico.

Para que un enlace sea considerado como “enlace sin obstrucciones” debe tener al menos el 60% de la primera zona de Fresnel libre de obstáculos, una vez verificado que se cumpla esto, se pueden emplear las ecuaciones de pérdidas en el espacio libre para los cálculos de propagación.

Inicialmente se han considerado varios puntos de altura elevada, alrededor de, y en la ciudad, que podrían ser adecuados para colocar las estaciones repetidoras y a partir de ellos se elegirá los idóneos. El procedimiento empleado para determinar la línea de visita a cada sitio, fue la visita a cada punto remoto a cubrir y mediante binoculares observar la repetidora, para la mejor ubicación visual de las repetidoras se colocaron espejos en los mismos.

A continuación en el cuadro 3.2 se presenta un resumen de las líneas de vista obtenidas.

ITEM	SAN JUAN	TEJAR	LA TOLA	EDIF. LIC	FARCOMED	MUNICIPIO
1	X	X	X	X		
2	X	X	X			
3	X	X	X	X		
4	X	X	X			
5	X	X	X			
6	X	X	X	X	X	
7	X	X	X			X
8	X	X		X	X	
9	X	X				X
10	X	X	X			
11	X	X	X	X	X	
12	X	X	X			
13	X	X	X			
14	X	X	X			
15	X	X				
16	X	X				
17	X	X	X	X		
18		X	X			
19	X	X	X			
20	X	X	X			
21	X	X	X			
22	X	X	X			
23		X	X			
24	X	X	X			
25		X	X			
26	X	X	X	X	X	
27	X	X	X	X	X	
28	X		X			
29	X		X	X	X	
30	X		X			
31	X		X			
32	X		X			
33	X	X	X			
34	X		X			
35	X	X	X			

Tabla # 3.2 Línea de vista visual desde diferentes sitios <sup>2</sup>

En función de la cobertura de cada sitio y como se puede observar en el cuadro anterior, los puntos del Tejar, La Tola y San Juan son los de mejor visibilidad hacia los puntos remotos.

Se debe mencionar que si bien es posible cubrir la zona céntrica desde otros sitios con mayor altura como son La Libertad o Cruz Loma, que no constan

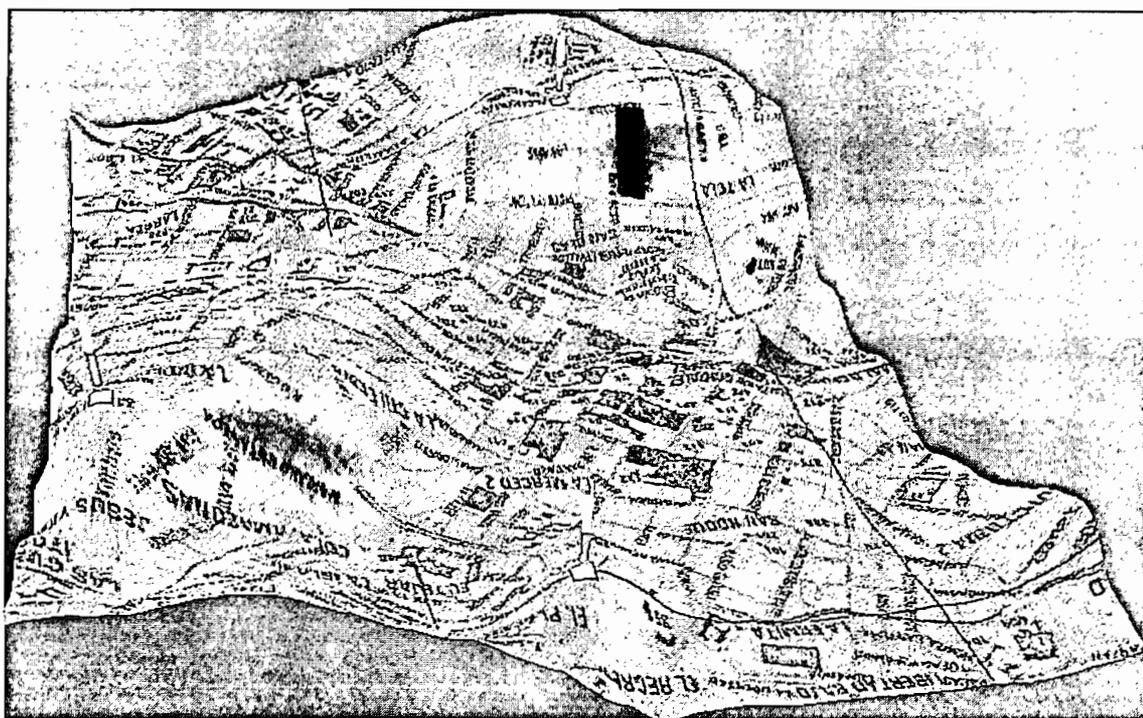
<sup>2</sup> Datos obtenidos de la visita a cada sitio.

en el cuadro anterior, se buscó sitios que presenten facilidades de acceso y buena infraestructura tanto civil como eléctrica.

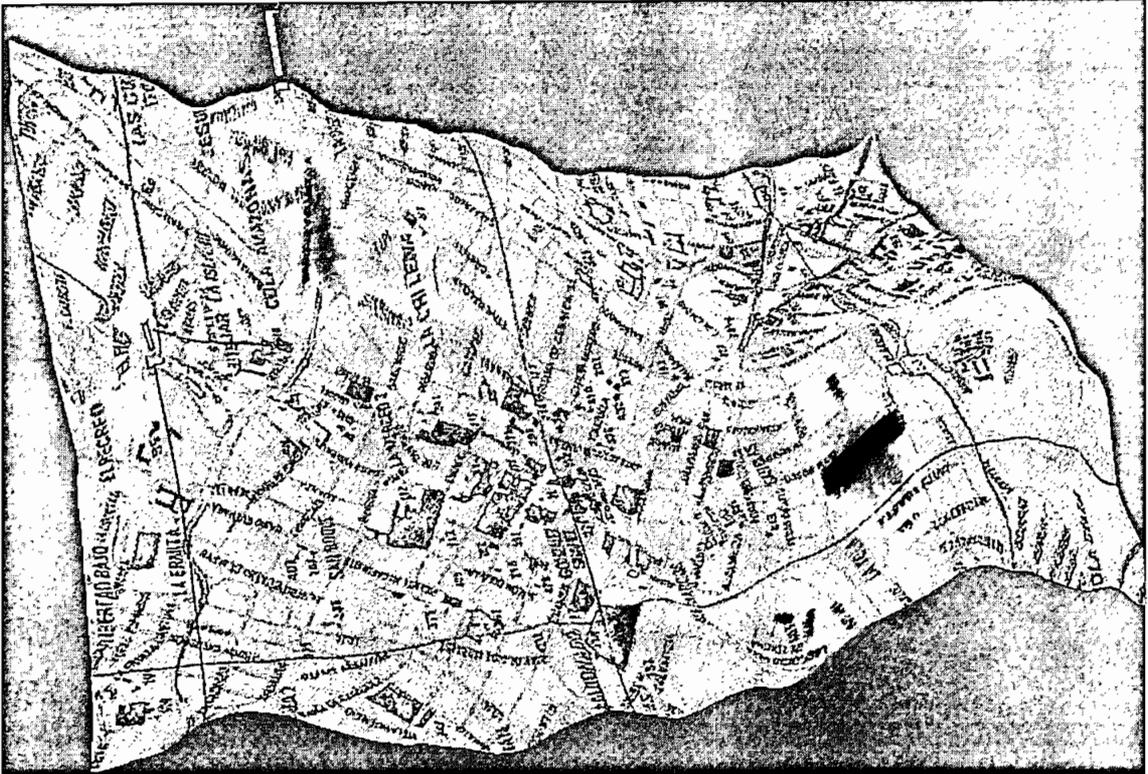
Otro aspecto a tomar en cuenta es el hecho de operar en una frecuencia libre, si se quiere cubrir toda la zona céntrica con una sola estación base, se necesita trabajar con antenas de gran apertura (60 o más grados), mientras mayor es la apertura de la antena, mayor será la posibilidad de tener interferencias. En un análisis posterior se revisarán configuraciones con ángulos de apertura de 30, 45 y 60 grados.

También se propone un diseño con varias estaciones base, con la finalidad de proporcionar un esquema que permita tener redundancia y flexibilidad en la implementación. Con esto se pretende que el operador cuente con información suficiente como para decidir si implementa su red con uno o todos los sitios considerados para las estaciones base.

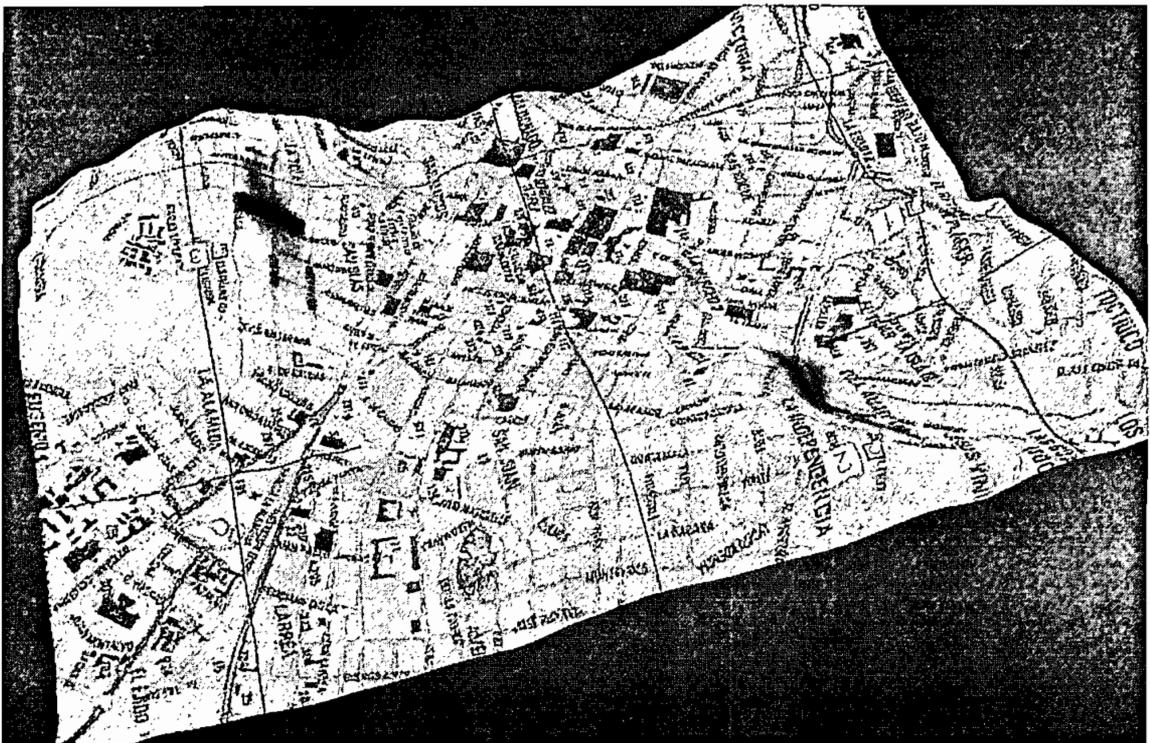
Los sitios escogidos y su cobertura se pueden apreciar en los diagramas en 3d que se presentan a continuación.



*Figura 3.2 Centro Histórico con vista desde el Tejar*



*Figura 3.3 Centro Histórico con vista desde el sur de Quito*



*Figura 3.4 Centro Histórico con vista desde el norte de Quito*

En la figura 3.2 se tiene el Centro Histórico visto desde El Tejar, en la figura 3.3 desde el sur y en la 3.4 desde el norte de Quito

### 3.3.2 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES BASE

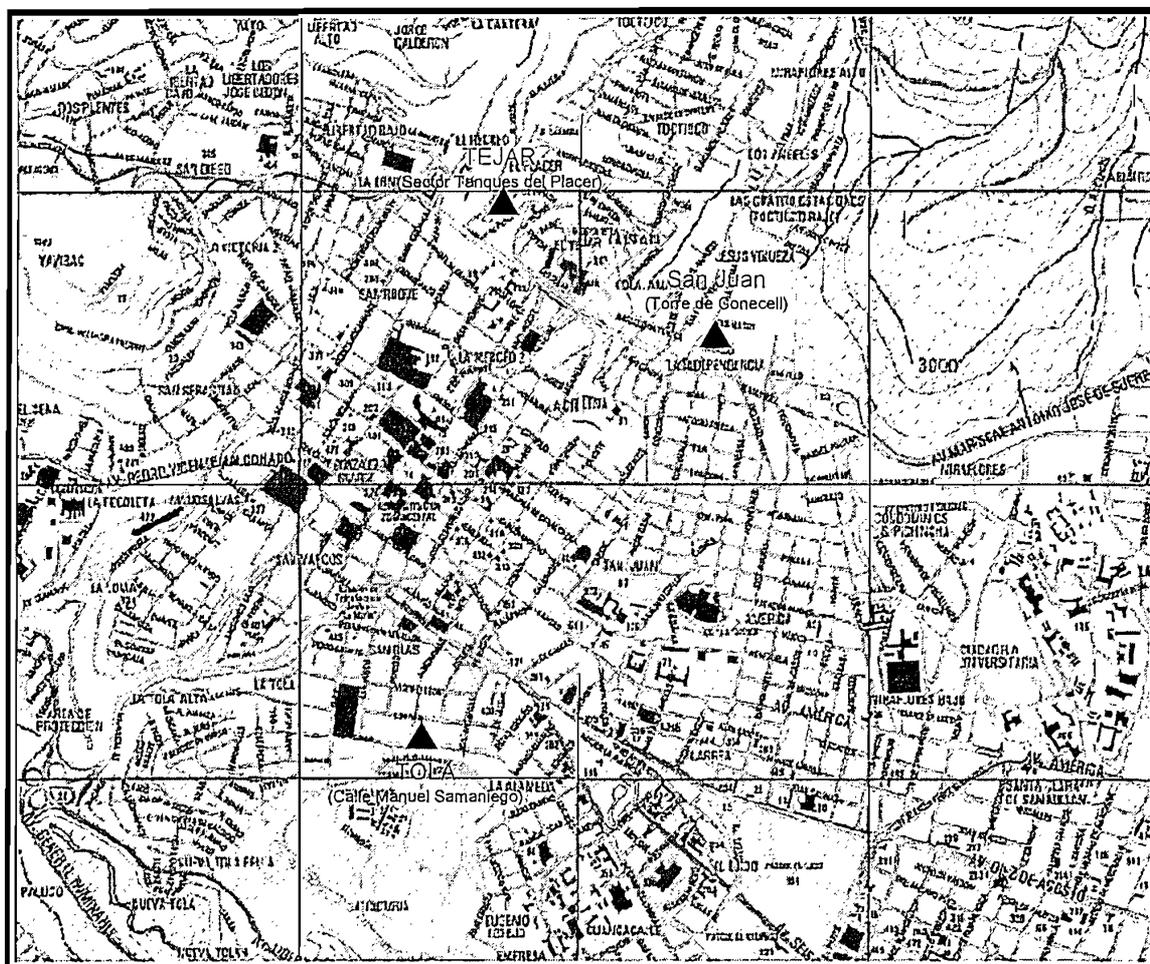


Figura 3.5 Ubicación de las estaciones base

Como ya se mencionó anteriormente, son: San Juan, La Tola y el Tejar los sitios más adecuados para ubicar las estaciones base.

En la figura 3.5 se encuentra cada uno de ellos representado por un triángulo.



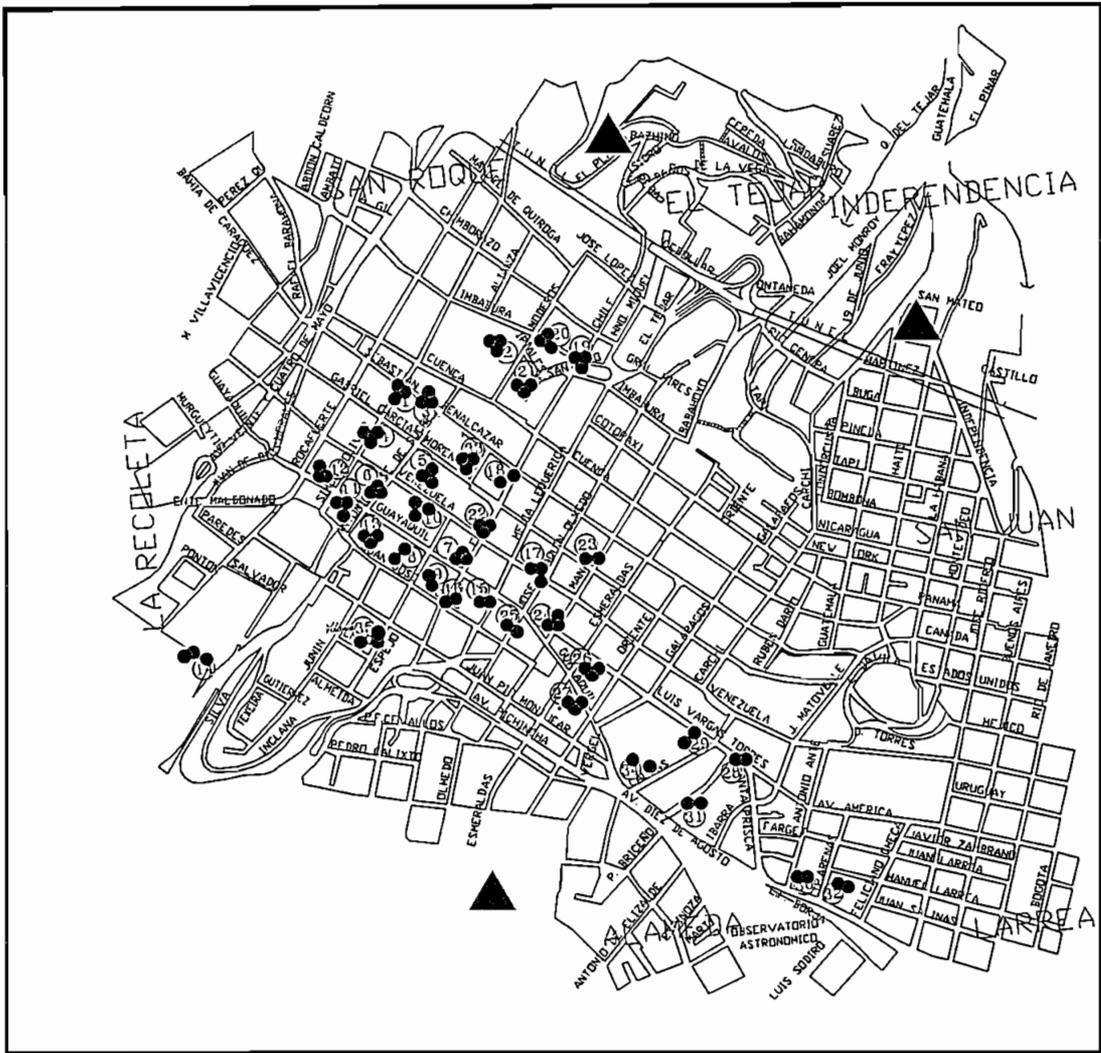


Figura 3.7 Cobertura desde las estaciones base

Los sitios escogidos para la ubicación de estaciones base, mediante la inspección visual así como con los cálculos en función de líneas de vista y datos de altura tomadas del anexo 2, permiten concluir que es posible una buena cobertura de los clientes listados anteriormente desde estos sitios. El paso siguiente en el diseño será determinar la cobertura que tendrá cada base, tomando como punto de partida dos consideraciones básicas:

Se requiere el menor ángulo de cobertura posible tanto en azimut como en elevación para las antenas a emplear en las estaciones base. Esto tiene como objetivo evitar al máximo que se capten señales en la misma frecuencia de operación de los equipos de las bases, que causan interferencia en las

comunicaciones, lo que es especialmente importante en las bandas libres como son las de 2.4 Ghz y 5.8 Ghz en las que operará el sistema.

Se requiere el menor número posible de equipos en cada estación base. Para fines de costo del sistema, la cobertura de la estación base debe ser tal que cubra a la mayor cantidad posible de usuarios con la menor infraestructura. Esto implica conseguir un balance con el objetivo anterior para conseguir un factor de costo/cobertura eficiente. El diseño del equipamiento requerido estará en relación directa con el número de sectores propuestos para cada estación base. Por tanto a mayor número de sectores, mayor cantidad de equipos.

Por otra parte, considerar un solo sector podría implicar requerir un ángulo de cobertura grande, contraponiéndonos con el objetivo primero.

### 3.4 CÁLCULOS DEL ENLACE

Con las fórmulas descritas en la sección 1.2.5.4.1 y los datos de la tabla 3.3, se realizan los cálculos de propagación para cada punto desde cada estación base.

f	2450	Mhz
$P_T$	14	dBm
$G_T$	14	dB <sub>i</sub>
$G_R$	14	dB <sub>i</sub>
$L_T$	2	dB
$L_R$	2	dB
c	$3 \cdot 10^8$	m/s
$R_{X_U}$	-85	dbm
RadioTierra	6370	Km

*Tabla # 3.3 Valores empleados en los cálculos (valores mínimos)*

Estos datos serán completados y recalculados más adelante, de acuerdo a las especificaciones técnicas del equipo y la frecuencia de operación escogidos.

Cálculos desde San Juan								
	Longitud	Latitud	Distancia (Km)	Azimuth 1	Azimuth 2	Pérdidas en el espacio libre (dBm)	Señal de recepción (dBm)	Margen de Operación (dBm)
1	78°30'43"	0°13'04"	1,2	349,1	169,1	101,84	-73,84	8,16
2	78°30'48"	0°12'58"	1,0	354,6	174,6	100,30	-72,30	9,70
3	78°30'43"	0°13'05"	1,2	348,7	168,7	102,06	-74,06	7,94
4	78°30'42"	0°13'08"	1,3	348,9	168,9	102,71	-74,71	7,29
5	78°30'41"	0°13'06"	1,3	346,4	166,4	102,33	-74,33	7,67
6	78°30'39"	0°13'09"	1,4	344,8	164,8	102,95	-74,95	7,05
7	78°30'32"	0°13'05"	1,3	333,7	153,7	102,74	-74,74	7,26
8	78°30'33"	0°13'06"	1,4	336,3	156,3	102,94	-74,94	7,06
9	78°30'30"	0°13'05"	1,4	332,3	152,3	102,94	-74,94	7,06
10	78°30'35"	0°13'03"	1,3	337,0	157,0	102,20	-74,20	7,80
11	78°30'38"	0°13'14"	1,5	344,8	164,8	103,97	-75,97	6,03
12	78°30'38"	0°13'15"	1,6	344,6	164,6	104,14	-76,14	5,86
13	78°30'35"	0°13'10"	1,5	340,9	160,9	103,49	-75,49	6,51
14	78°30'20"	0°13'26"	2,1	333,1	153,1	106,60	-78,60	3,40
15	78°30'30"	0°13'03"	1,3	331,2	151,2	102,63	-74,63	7,37
16	78°30'30"	0°13'04"	1,3	330,9	150,9	102,76	-74,76	7,24
17	78°30'31"	0°12'59"	1,2	329,5	149,5	101,79	-73,79	8,21
18	78°30'36"	0°12'59"	1,1	336,3	156,3	101,14	-73,14	8,86
19	78°30'47"	0°12'53"	0,9	353,6	173,6	98,90	-70,90	11,10
20	78°30'48"	0°12'53"	0,8	354,5	174,5	98,74	-70,74	11,26
21	78°30'47"	0°12'56"	0,9	352,4	172,4	99,72	-71,72	10,28
22	78°30'33"	0°13'02"	1,2	333,8	153,8	102,11	-74,11	7,89
23	78°30'34"	0°12'57"	1,1	331,3	151,3	100,91	-72,91	9,09
24	78°30'27"	0°12'58"	1,3	324,0	144,0	102,22	-74,22	7,78
25	78°30'25"	0°12'57"	1,2	320,0	140,0	102,09	-74,09	7,91
26	78°30'24"	0°12'54"	1,2	316,8	136,8	101,86	-73,86	8,14
27	78°30'23"	0°12'55"	1,3	316,2	136,2	102,21	-74,21	7,79
28	78°30'15"	0°12'42"	1,2	294,8	114,8	101,92	-73,92	8,08
29	78°30'16"	0°12'44"	1,2	298,0	118,0	101,81	-73,81	8,19
30	78°30'04"	0°12'39"	1,5	285,5	105,5	103,71	-75,71	6,29
31	78°30'09"	0°12'48"	1,5	298,0	118,0	103,54	-75,54	6,46
32	78°30'03"	0°12'35"	1,5	281,1	101,1	103,73	-75,73	6,27
33	78°30'41"	0°13'01"	1,1	343,8	163,8	101,30	-73,30	8,70
34	78°30'45"	0°13'05"	1,2	351,5	171,5	102,08	-74,08	7,92
35	78°30'14"	0°12'52"	1,4	304,8	124,8	103,13	-75,13	6,87

Tabla # 3.4 Cálculos de propagación desde San Juan

Cálculos desde El Tejar								
	Longitud	Latitud	Distancia (Km)	Azimuth 1	Azimuth 2	Pérdidas en el espacio libre (dBm)	Señal de recepción (dBm)	Margen de Operación (dBm)
1	78°30'43"	0°13'04"	0,8	310,1	130,1	98,43	-70,43	11,57
2	78°30'48"	0°12'58"	0,6	305,1	125,1	95,78	-67,78	14,22
3	78°30'43"	0°13'05"	0,8	310,9	130,9	98,73	-70,73	11,27
4	78°30'42"	0°13'08"	0,9	314,8	134,8	99,48	-71,48	10,52
5	78°30'41"	0°13'06"	0,9	309,8	129,8	99,35	-71,35	10,65
6	78°30'39"	0°13'09"	1,0	311,3	131,3	100,24	-72,24	9,76
7	78°30'32"	0°13'05"	1,1	298,6	118,6	101,24	-73,24	8,76
8	78°30'33"	0°13'06"	1,1	302,1	122,1	101,16	-73,16	8,84
9	78°30'30"	0°13'05"	1,2	298,1	118,1	101,58	-73,58	8,42
10	78°30'35"	0°13'03"	1,0	299,3	119,3	100,35	-72,35	9,65
11	78°30'38"	0°13'14"	1,1	316,0	136,0	101,42	-73,42	8,58
12	78°30'38"	0°13'15"	1,2	316,4	136,4	101,65	-73,65	8,35
13	78°30'35"	0°13'10"	1,1	309,5	129,5	101,26	-73,26	8,74
14	78°30'20"	0°13'26"	1,8	311,8	131,8	105,31	-77,31	4,69
15	78°30'30"	0°13'03"	1,1	295,7	115,7	101,39	-73,39	8,61
16	78°30'30"	0°13'04"	1,2	296,0	116,0	101,54	-73,54	8,46
17	78°30'31"	0°12'59"	1,1	290,4	110,4	100,80	-72,80	9,20
18	78°30'36"	0°12'59"	0,9	293,1	113,1	99,45	-71,45	10,55
19	78°30'47"	0°12'53"	0,5	291,5	111,5	94,66	-66,66	15,34
20	78°30'48"	0°12'53"	0,5	290,7	110,7	94,34	-66,34	15,66
21	78°30'47"	0°12'56"	0,6	298,0	118,0	95,62	-67,62	14,38
22	78°30'33"	0°13'02"	1,0	295,7	115,7	100,62	-72,62	9,38
23	78°30'34"	0°12'57"	1,0	287,6	107,6	99,86	-71,86	10,14
24	78°30'27"	0°12'58"	1,2	287,6	107,6	101,72	-73,72	8,28
25	78°30'25"	0°12'57"	1,2	283,7	103,7	102,00	-74,00	8,00
26	78°30'24"	0°12'54"	1,2	280,3	100,3	102,10	-74,10	7,90
27	78°30'23"	0°12'55"	1,3	281,1	101,1	102,43	-74,43	7,57
28	78°30'15"	0°12'42"	1,5	264,3	84,3	103,78	-75,78	6,22
29	78°30'16"	0°12'44"	1,5	266,2	86,2	103,50	-75,50	6,50
30	78°30'04"	0°12'39"	1,9	261,9	81,9	105,58	-77,58	4,42
31	78°30'09"	0°12'48"	1,7	271,0	91,0	104,77	-76,77	5,23
32	78°30'03"	0°12'35"	1,9	258,8	78,8	105,80	-77,80	4,20
33	78°30'41"	0°13'01"	0,8	301,1	121,1	98,59	-70,59	11,41
34	78°30'45"	0°13'05"	0,8	314,3	134,3	98,37	-70,37	11,63
35	78°30'14"	0°12'52"	1,5	275,1	95,1	104,02	-76,02	5,98

Tabla # 3.5 Cálculos de propagación desde El Tejar

Cálculos desde La Tola								
	Longitud	Latitud	Distancia (Km)	Azimuth 1	Azimuth 2	Pérdidas en el espacio libre (dBm)	Señal de recepción (dBm)	Margen de Operación (dBm)
1	78°30'43"	0°13'04"	1,2	84,5	264,5	102,14	-74,14	7,86
2	78°30'48"	0°12'58"	1,4	92,5	272,5	102,98	-74,98	7,02
3	78°30'43"	0°13'05"	1,2	83,2	263,2	102,06	-74,06	7,94
4	78°30'42"	0°13'08"	1,2	78,7	258,7	102,06	-74,06	7,94
5	78°30'41"	0°13'06"	1,2	81,5	261,5	101,67	-73,67	8,33
6	78°30'39"	0°13'09"	1,1	77,0	257,0	101,35	-73,35	8,65
7	78°30'32"	0°13'05"	0,9	81,4	261,4	99,17	-71,17	10,83
8	78°30'33"	0°13'06"	0,9	78,5	258,5	99,67	-71,67	10,33
9	78°30'30"	0°13'05"	0,8	80,0	260,0	98,76	-70,76	11,24
10	78°30'35"	0°13'03"	1,0	84,7	264,7	100,07	-72,07	9,93
11	78°30'38"	0°13'14"	1,1	68,4	248,4	101,41	-73,41	8,59
12	78°30'38"	0°13'15"	1,1	66,9	246,9	101,39	-73,39	8,61
13	78°30'35"	0°13'10"	1,0	72,6	252,6	100,57	-72,57	9,43
14	78°30'20"	0°13'26"	1,0	33,5	213,5	99,79	-71,79	10,21
15	78°30'30"	0°13'03"	0,8	83,7	263,7	98,68	-70,68	11,32
16	78°30'30"	0°13'04"	0,8	82,7	262,7	98,55	-70,55	11,45
17	78°30'31"	0°12'59"	0,9	92,2	272,2	98,93	-70,93	11,07
18	78°30'36"	0°12'59"	1,0	92,6	272,6	100,42	-72,42	9,58
19	78°30'47"	0°12'53"	1,4	98,8	278,8	103,08	-75,08	6,92
20	78°30'48"	0°12'53"	1,4	99,2	279,2	103,19	-75,19	6,81
21	78°30'47"	0°12'56"	1,3	95,5	275,5	102,83	-74,83	7,17
22	78°30'33"	0°13'02"	0,9	86,9	266,9	99,51	-71,51	10,49
23	78°30'34"	0°12'57"	1,0	96,9	276,9	99,83	-71,83	10,17
24	78°30'27"	0°12'58"	0,7	93,6	273,6	97,51	-69,51	12,49
25	78°30'25"	0°12'57"	0,7	99,7	279,7	96,89	-68,89	13,11
26	78°30'24"	0°12'54"	0,7	106,0	286,0	96,72	-68,72	13,28
27	78°30'23"	0°12'55"	0,6	104,7	284,7	96,05	-68,05	13,95
28	78°30'15"	0°12'42"	0,7	146,7	326,7	96,67	-68,67	13,33
29	78°30'16"	0°12'44"	0,6	140,8	320,8	96,43	-68,43	13,57
30	78°30'04"	0°12'39"	0,7	177,5	357,5	96,70	-68,70	13,30
31	78°30'09"	0°12'48"	0,4	155,1	335,1	92,59	-64,59	17,41
32	78°30'03"	0°12'35"	0,8	180,0	0,0	98,02	-70,02	11,98
33	78°30'41"	0°13'01"	1,2	88,9	268,9	101,47	-73,47	8,53
34	78°30'45"	0°13'05"	1,3	82,9	262,9	102,47	-74,47	7,53
35	78°30'14"	0°12'52"	0,4	129,7	309,7	92,63	-64,63	17,37

Tabla # 3.6 Cálculos de propagación desde La Tola

Con los valores mínimos requeridos para la operación del sistema indicados en la tabla 3.3, se obtiene que el peor Margen de Desvanecimiento es 3,4 dB. Aplicando este Margen a la máxima distancia de 2,5 Km; la disponibilidad mínima esperada calculada con la fórmula 1.10 es de 99,98%.

Entonces se considera 99,98 el valor de disponibilidad y los valores de la tabla 3.3 los como los requerimientos mínimos a cumplir por el sistema a implementar.

### **3.4.1 DISEÑO DE LAS CELDAS**

Con los cálculos anteriores, se garantiza que los clientes pueden ser atendidos por cada estación base con los márgenes adecuados, para valores típicos de ganancia de antena, pérdidas y potencia promedio de los equipos.

El siguiente paso de diseño será el de cobertura de cada estación base. Esta cobertura estará determinada principalmente por los ángulos de apertura de las antenas de las estaciones base, la distribución geográfica de los usuarios y la geografía de la zona.

Antes de proceder con el diseño, tenemos que mencionar lo siguiente: los fabricantes de equipos ofertan una variedad de antenas cada una con una ganancia y una apertura del haz distinta.

Para las estaciones base se emplean antenas sectoriales con grados de apertura de 30, 45, 60 o 90, dependiendo esto de la zona a ser cubierta y de la densidad de usuarios de la misma.

A continuación se presentan los diagramas de cobertura para antenas con ángulos de apertura de 30, 45 y 60 grados.

### 3.4.1.1 Cobertura con antenas de 30 grados

En la figura 3.8 se puede observar que se requiere un mínimo de cuatro sectores para cubrir a todos los usuarios, y se nota que hay sectores del centro histórico sin cobertura, lo que es de interés en caso de incrementarse el número de usuarios en la zona y que pueden estar ubicados en estos sectores descubiertos.

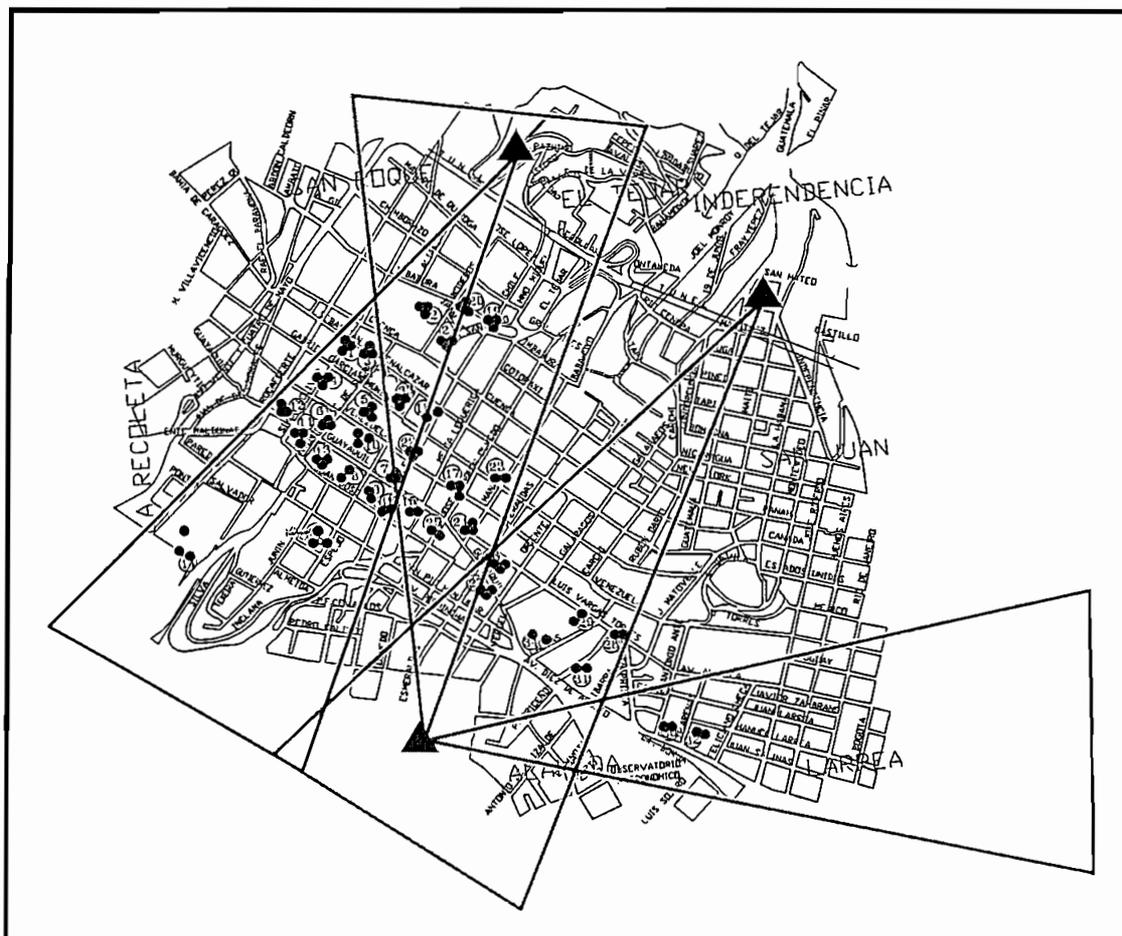


Figura 3.7 Cobertura con antena de 30°

### 3.4.1.2 Cobertura con antenas de 45 grados

En la figura 3.8, se cuenta con una cobertura total de la zona del centro histórico y el número de sectores requerido es menor que con antenas de 30 grados.

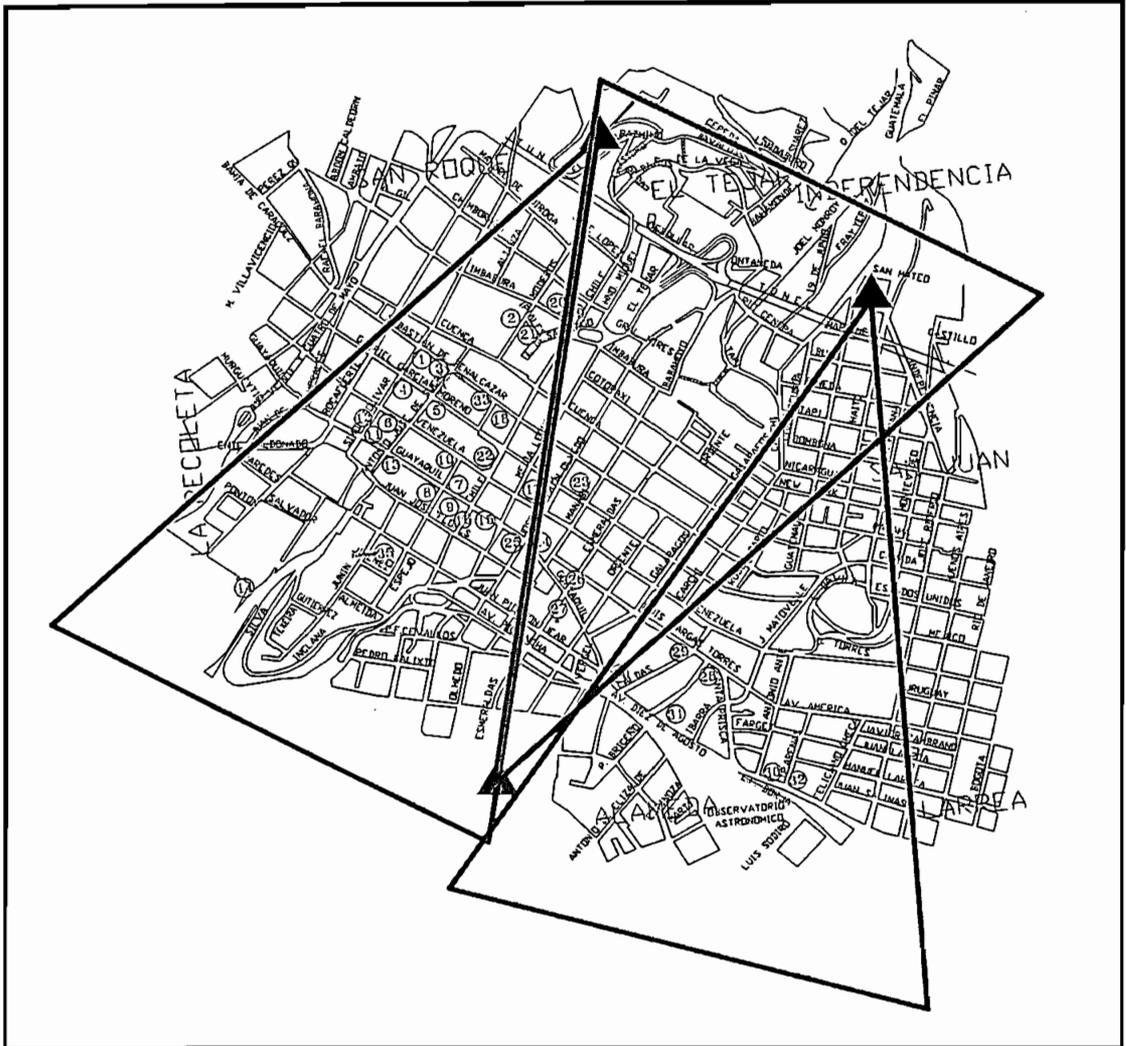


Figura 3.8 Cobertura con antena de 45°

### 3.4.1.3 Cobertura con antenas de 60 grados

En la figura 3.9, también se cubre toda la zona del centro histórico y se cuenta con igual número de sectores que en el diseño con 45 grados.



En esta parte del diseño ya se conoce el ángulo de apertura requerido de la antena, este es el ángulo en Azimuth (con respecto al norte geográfico). Para cubrir a todos los usuarios dentro del sector se debe determinar el ángulo de elevación de las antenas de la Base.

#### 3.4.1.5 Elección del ángulo de elevación de las antenas de la base.

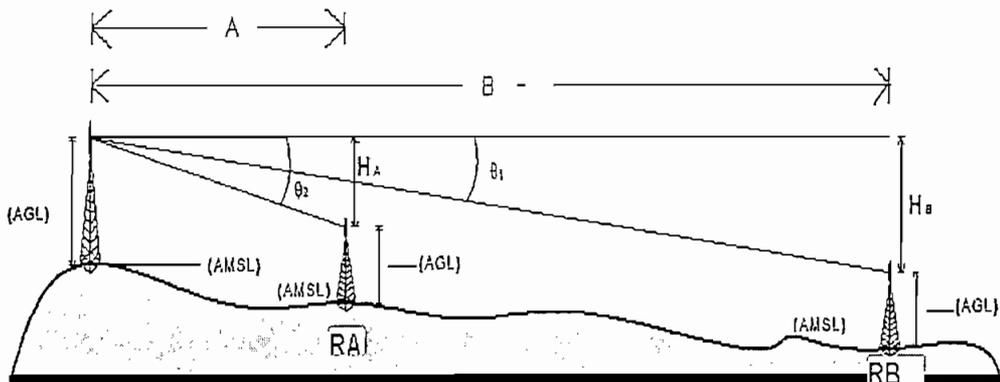


Figura 3.10 Gráfico para cálculo de ángulo de elevación de las antenas

Para el cálculo del ángulo de elevación requerido se procede de la siguiente manera:

Se calcula el ángulo  $\theta_1$  (Figura 3.10), con la distancia **B** conocida y que representa la distancia de la Base al remoto más lejano. Otro dato conocido son las alturas sobre el nivel del mar de cada sitio (AMSL), y las alturas de las torres en cada sitio (AGL):

$$\theta_1 = \text{Tan}^{-1} (H_B/B)$$

Se calcula el ángulo  $\theta_2$ , con los valores  $H_A$  y **A** conocidos, **A** representa la distancia desde la estación base al remoto más cercano:

$$\theta_2 = \text{Tan}^{-1} (H_A/A)$$

Basados en los resultados  $\theta_2$  y  $\theta_1$ , una antena con un ángulo de elevación de  $\theta_2$ , y una inclinación con respecto al horizonte de  $\theta_1$ , proporciona óptimos resultados para la cobertura del sitio.

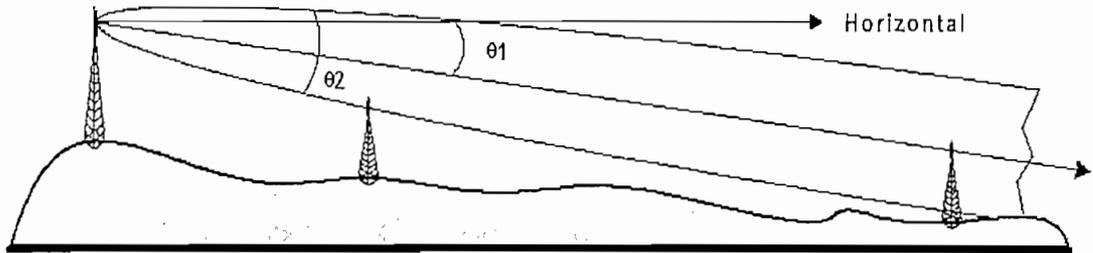


Figura 3.11 Ángulo de elevación de las antenas con inclinación para mejor cobertura

En base a estas consideraciones se presentan los resultados siguientes:

#### 3.4.1.5.1 Cálculos del ángulo requerido.

Las tablas 3.7 y 3.8 presentan los datos de alturas y distancias de los puntos más alejados a cada base (P1) y los puntos más cercanos a cada base (P2) de la zona a cubrir, y se presentan los ángulos calculados.

Base	Altura de la Base	Altura del punto más lejano	Altura del punto más cercano
	(m)	P2(m)	P1(m)
Tejar	2620	2540	2520
San Juan	3040	2840	2800
Tola	2910	2900	2750

Tabla # 3.7 Alturas empleadas para ángulo de elevación de las antenas en las bases

Base			Distancia al punto P2	Distancia al punto P1	Angulo 1	Angulo 2
	Hb(m)	Ha (m)	B (m)	A (m)	$\theta_1$	$\theta_2$
TEJAR	80	100	2500	500	1,8	11,3
SAN JUAN	200	240	1800	550	6,3	23,6
LA TOLA	10	160	1800	600	0,3	14,9

*Tabla # 3.8 Cálculo de ángulos de elevación para las antenas en las bases*

De los cálculos se obtiene como resultado los valores de Angulo 1, que da la inclinación con respecto al horizonte que debe tener la antena de cada base.

El requerimiento más crítico es el de San Juan de un ángulo de 23,6 grados. Se puede entonces decidir en antenas para las Bases del tipo sectorizadas con ángulos de apertura en Azimuth de  $45^\circ$  y  $25^\circ$  en elevación.

### 3.4.2 CÁLCULOS DE CAPACIDAD REQUERIDA

Una vez escogido el diseño con tres sectores de  $45^\circ$  (Figura 3.9), se tiene la siguiente distribución de usuarios y capacidades iniciales requeridas. (Tabla 3.9).

Con los resultados obtenidos en la tabla 3.9, se tiene ya los requerimientos de capacidad de cada Base, siendo el más exigente el de 4670 Mbps, correspondiente al Tejar. Los requerimientos actuales son únicamente de Datos y acceso a Internet, en el futuro se estima que se tendrán requerimientos de canales de voz, y a enlaces de datos con capacidades superiores.

Sobre la base de los datos actuales de requerimientos de velocidad de enlaces de cada uno de los clientes a ser atendidos por el sistema, y mediante datos de crecimiento proporcionados por el *carrier* (ver anexo 5), la tasa de crecimiento para un período de 2 años es 136,85% en enlaces y 189,74% en capacidad. Entonces también es importante prever que la capacidad de las base puedan proporcionar este crecimiento a futuro, calculando con la base de El Tejar, su requerimiento a 2 años será de 13,53 Mb.

	Cliente	Velocidad requerida (Kbps)
1	Austro San Francisco	64
2	Banco del Pichincha Ipiales	128
3	Bco. Pichincha-San Francisco	128
4	Turisa	64
5	Servipagos La Compañía	64
6	Etafashion Venezuela	64
7	Municipio internet	512
8	Etafashion Guayaquil	64
9	Municipio Matriz	64
10	Bco. Pichincha Ag. Plaza Grande	192
11	Artefacta Guayaquil	64
12	Fybeca Bolívar	64
13	Cooperativa Andalucía	64
14	Víctor Cañar. Café Net	256
15	Artefacta San Agustín	64
16	Marathon Sport San Agustín	64
17	Fybeca Mejía	128
18	Produbanco Centro	128
19	Agencia de Viajes Rocatravel	64
20	Cooprogreso	64
21	Metropolitan Turing	64
22	Marathon Sport Centro	64
23	Metropolitan Turing Centro	64
24	Artefacta Principal	64
25	Banco del Pichincha Pl. Teatro	128
26	Fybeca Plaza del Teatro	192
27	Cooperativa Cámara de Comercio	64
28	Gespaviajes	64
29	Créditos Económicos Sucursal Mayor	192
30	Banco Nacional del Fomento	64
31	Banco Central del Ecuador	4000
32	Sana Sana Centro	64
33	Ministerio de Gobierno	128
34	Créditos Económicos Sucursal	64
35	Farcomed Matriz	2048
<b>San Juan</b>		<b>4448</b>
<b>Tejar</b>		<b>4672</b>
<b>Tola</b>		<b>448</b>

Tabla 3.9 Requerimientos de capacidad por cada base

### 3.5 DESCRIPCION DE DIFERENTES EQUIPOS QUE USEN TECNOLOGÍA SPREAD ESPECTRUM.

Se puede encontrar una amplia gama de equipos con tecnología *Spread Spectrum*. Los más utilizados en nuestro medio, que además cumplen con los requerimientos de la red, corresponden a las marcas: Kbtel, Orinoco, Trango y Tsunami, que son también los más vendidos en el exterior, y tienen tecnología superior a otros existentes. A continuación se detallan las características y funcionalidades más importantes de cada equipo.

### 3.5.1 EQUIPO Kb/SS

Kb/SS es un sistema de *routers* inalámbricos punto multipunto que opera en la banda de 2.4 GHz, usando tecnología de *Spread Spectrum* en la modalidad de *Frequency Hopping*.

El sistema consistió básicamente de una Estación Base, la cual se comunica con Estaciones Remotas, denominadas *Routers* Inalámbricos, que se ubican en los sitios de los suscriptores. Cada Estación Base tiene un ancho de banda modular, con una capacidad máxima de hasta 10Mbps, repartida en 10 Módulos de 1 Mbps cada uno. Cada uno de los Remotos está asignado a uno de estos Módulos. El sistema se puede configurar de tal forma que el carrier pueda contar con una o más Estaciones Base, en una o más de sus instalaciones. A su vez, cada una de éstas, se conecta al nodo de entrada del carrier.

Las Estaciones Base radian por medio de antenas omnidireccionales o sectorizadas (de 30, 60, 90 y 120 grados), con alcances de hasta 5 Kilómetros. Para lograr la comunicación entre la Base y cualquiera de los *Routers* Remotos, se requiere de línea de vista. El tiempo promedio que se necesita para instalar la infraestructura mínima en la Base es de una semana. El tiempo de instalación de un Remoto es 1 o 2 días, lo cual permite atender la demanda de servicios de los clientes en los tiempos que el mercado espera.

#### 3.5.1.1 Funcionalidad del Equipo Remoto

Como se mencionó, el Kb/SS Remoto es un Router Inalámbrico el cual, instalado en el sitio del usuario, se conecta directamente a la LAN de éste, por medio de la interfaz 10Base-T a 10 Mbps, o a un puerto serial V.35 o RS-422 conectado directamente al router del usuario (en caso de que éste ya cuente con router en su LAN), a velocidades de transmisión preestablecidas. La comunicación de cada Remoto con la Base se logra con una antena direccional, que se orienta a la correspondiente antena de la Base que proporciona el servicio.

El equipo Remoto sustituye a la línea de acceso, al modem y al router que se requieren en las alternativas tradicionales. Esta característica del sistema Kb/SS se refleja en una disminución en los costos de equipamiento e instalación y en una reducción en los gastos de operación de hasta un 50% durante el primer año, en comparación con accesos tradicionales.

#### **3.5.1.2 Administración del Sistema**

El Kb/SS cuenta con un sistema de administración y supervisión (NMS, *Network Management System*), denominado Kb/NMS, que permite configurar los parámetros del sistema y efectuar mediciones críticas desde un punto central. Este sistema es capaz de administrar 64 Módulos y trabaja bajo la plataforma SMNP (*Simple Network Management Protocol*), lo cual permite integrarlo a plataformas genéricas de administración de redes.

### **3.5.2 EQUIPO ORICONO**

ORINOCO ROUTER SYSTEM, cuyo fabricante es PROXIM, consiste en un sistema de red inalámbrica de alta velocidad para enlaces punto - punto y punto - multipunto, que opera en la banda de 2.4 GHz. Este sistema consiste básicamente de un Ruteador Central Externo (COR) que de acuerdo al fabricante puede conectarse hasta con 16 Ruteadores Remotos Externos (ROR), con una capacidad máxima de hasta 11 Mbps. Las estaciones base radian por medio de antenas sectorizadas en diferentes ángulos de cobertura y con alcances de hasta 26 Km.

#### **3.5.2.1 Funcionalidad del Equipo Remoto**

El equipo instalado donde el usuario (ROR) se integra en ambientes Ethernet con interfaces 10/100–BaseT a velocidades de transmisión pre-

establecidas y se comunica con el COR con una antena direccional orientada hacia la antena de la base. Este sistema permite incluir ruteadores externos al ambiente de la red.

### **3.5.2.2 Administración del Sistema**

Orinoco cuenta con un software de administración y supervisión llamado OR Manager. Este software actualiza y configura las bases y remotos desde cualquier nodo de la red.

### **3.5.3 EQUIPOS TSUNAMI**

Tsunami es un sistema que ofrece una alternativa de alta capacidad, puede operar en las bandas de 2.4 GHz. con FHSS y en las bandas de 5.2 o 5.8 GHz. con DSSS.

La estación base para la banda de 2.4 GHz permite alcanzar una velocidad de 11 Mbps, mientras que para las otras bandas se puede seleccionar entre capacidades de 20, 40 o 60 Mbps. Permiten opciones de filtrado de direcciones, conformación de Vlans y ruteo.

Se puede obtener una cobertura de 360 grados empleando 6 estaciones base en una misma celda, pudiendo entregar por tanto hasta 360 Mbps por celda. El sistema es rápido y fácil de instalar y de administrar.

#### **3.5.3.1 Funcionalidad del Equipo Remoto**

Las unidades remotas cuentan con un sistema de auto instalación que disminuye los costos de implementación del sistema, algunos modelos vienen con antena integrada y se alimentan por el cable de datos del tipo Categoría 5.

Soporta velocidades similares a las de las estaciones base, las cuales pueden ser variadas a un *Burst Rate* definida por el operador. La interfaz de usuario estándar es un puerto Ethernet 10/100Base-T en RJ45.

### 3.5.3.2 Administración del Sistema

Las estaciones base Tsunami pueden ser configuradas y administradas vía Ethernet, SNMP o con el software "*Wireless Manager*", las unidades remotas se configuran de manera automática empleando agentes MIB II de SNMP. También soportan autenticación y filtraje IP/MAC. El software de la unidad de abonado puede ser actualizado desde la estación base vía el enlace de Radio. El software de la estación base puede actualizarse mediante descargas del sitio de soporte en Internet.

### 3.5.4 EQUIPO TRANGO

El equipo Trango consiste de un sistema de acceso de 10 Mbps, empleando tecnología *Spread Spectrum* de secuencia directa y opera en la banda libre de 5.8 Ghz.

La unidad base cuenta con una antena integrada de doble polaridad, del tipo planar. En la banda de 5.8 Ghz cuenta con 6 canales no sobrelapados, permitiendo de esta manera colocar hasta doce unidades en una celda empleando doble polaridad para alcanzar una capacidad máxima de 120 Mbps.

#### 3.5.4.1 Funcionalidad del Equipo Remoto

Las unidades remotas cuentan con un sistema de búsqueda automática de la estación base, así como con un escaneo del espectro en busca de las frecuencias con menor ruido.

Soporta velocidades similares a las de las estaciones base, las cuales pueden ser variadas mediante los parámetros de CIR (taza de transferencia garantizada) y MIR (taza de transferencia máxima). La interfaz de usuario estándar es un puerto Ethernet 10/100Base-T en RJ45.

### 3.5.4.2 Administración del Sistema

Toda la administración y programación de la red es realizada desde la unidad base, la cual mantiene un control total de la red y da las autorizaciones a las unidades remotas. También soporta los protocolos HTTP, FTP y Telnet para una administración remota. El empleo del esquema de manejo de prioridades *SMARTpolling*, permite asegurar una alta calidad en servicios tales como la VoIP, asignando un máximo *Throuput* a tales servicios.

### 3.5.5 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE EQUIPOS

A continuación se presenta un cuadro resumen de las características técnicas de las diferentes marcas.

SISTEMA	KBSS	Orinoco	Tsunami (2,4)	Trango	Tsunami (5,8)
<b>Capacidad del sistema</b>					
Cobertura máxima (Km)	15	19	19	16	10
Número de remotos por estación base	128	16	1023	6000	1023
Número de canales RF por estación base	4 a 25	3	3	6	4
BER	>10 e-5	>10 e-5	>10 e -5	>10 e -5	>10 e -5
<b>Arquitectura del sistema</b>					
Esquema de Acceso	TDM/TDMA	TurboCell	Encuesta de ruteo inalámbrico exterior (WORP)	SMART polling	TDD/TDMA

Tabla # 3.9 Comparación entre diferentes equipos

SISTEMA	KBSS	Orinoco	Tsunami (2,4)	Trango	Tsunami (5,8)
Esquema de Modulación	FHSS, FSK, DQPSK	DSSS (CCK, DQPSK)	DSSS (CCK, DQPSK)	DSSS (RECK)	SS (DPSK, QPSK, CCK) OFDM
Potencia de Transmisión (dBm)	20	15	15	18	17
Sensibilidad de recepción	-85	-82	-82	-85	-89
Bandas de Frecuencia de Operación	2,4 Ghz	2,4 GHz	2,4 Ghz	5,8 Ghz	5,8 Ghz
Servicio de transporte de datos	PDH, IP Router	IP Router	IP Bridge	IP Bridge	IP Bridge, Vlans
SISTEMA	KBSS	Orinoco	Tsunami (2,4)	Trango	Tsunami (5,8)
<b>Uso Espectral de frecuencia</b>					
Eficiencia Espectral (bits/Hz)	0,50	0,44	0,44	0,50	0,5
Espacio entre canales (MHz)	1	25	25	20	20
Ancho de banda usado en la Estación Base (MHz)	4 mínimo	25	25	20	20
<b>Interfaces</b>					
Capacidad de la Base (Mbps)	2	11, 5, 2, 1	11	10	10
Capacidad en el Subscriptor (Mbps)	1	11, 5, 2, 1	11	10	10
Tipo de Interfaz de Subscriptor	V.35, RS-232, 10BT	10 BT	10 BT	10 BT	10 BT
Administración	KBNMS	ORINOCO Manager software, SNMP MIB II compliant	SNMP MIB, TFTP y Telnet CLI	Telnet, SNMP, TFTP, HTTP, Serial	Vía Ethernet or Wireless Manager

*Tabla # 3.9 Comparación entre diferentes equipos (Continuación)*

### 3.5.6 ELECCIÓN DEL EQUIPO

De acuerdo a todo lo enunciado anteriormente y como se verá posteriormente en el capítulo 5, se requiere de un sistema capaz de proporcionar 5 Mbps por base y que pueda crecer a más de 10 Mbps a futuro.

De los equipos analizados los sistemas de Tsunami, Trango y Orinoco, se ajustan bien al requerimiento de capacidad con un solo equipo de estación base. El sistema de KBTEL, requiere tres unidades por Base para proporcionar los 6 Mbps iniciales y requerirá en el futuro de 5 unidades para proporcionar más de 10

Mbps. En cuanto al manejo de usuarios por base, el único equipo que presenta limitante para este proyecto es Orinoco, ya que se deberían colocar mínimo dos radios por base para sectores que requieran mas de 16 remotos (hasta 32), mientras que el resto de opciones manejan más de 100 remotos por base. Además esta solución agota otro recurso que es el ancho de banda disponible, ya que como se observa en las especificaciones técnicas de estos equipos, requieren 25 Mhz por cada unidad base, igual que la opción Tsunami en 2.4 GHz.

De acuerdo a lo expuesto los equipos que más se acercan al requerimiento, con un menor número de infraestructura, son Tsunami (en 5.8 Ghz) y Trango. Coincidentalmente, las dos unidades operan en la banda de 5.8 Ghz, que actualmente presenta mejores condiciones de trabajo, al estar menos saturada que la banda de 2.4 Ghz.

Tanto Tsunami como Trango, cuentan únicamente con interfaces Ethernet en sus unidades de usuario. Por lo que el diseño completo requiere de un Router o Switch capa 3, en el sitio principal de concentración de los enlaces (para este diseño se concentra todo en un Nodo de la red alámbrica ubicado en el punto), este Router o Switch, realizará la segmentación de las Redes de los usuarios y permitirá su manejo con parámetros de seguridad y calidad de servicio adecuados.

Debido a su mayor capacidad y mejor sensibilidad en recepción (-89 db frente a -85 db), el equipo escogido es el Tsunami en 5.8 Ghz, las antenas para las Bases son antenas sectorizadas con 45 grados en Azimut y 25 grados en elevación. Para los sitios remotos (usuarios), se emplean las antenas integradas directivas (10 grados de apertura) de 18 dBi de ganancia.

### **3.5.7 CANALIZACIÓN DE FRECUENCIAS**

Hasta el momento, no se ha topado el tema de la canalización en frecuencia a emplear. En la banda de 5.8 Ghz, el equipo escogido puede operar

en cuatro canales que no se solapan. Esto quiere decir que se puede contar con cuatro portadoras  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$  de un ancho de banda de 20 Mhz, para operar en cada sector. Para un mejor funcionamiento de la Red se escogen frecuencias diferentes para cada Base y cada sector así:

- Tejar:  $f_1$
- Tola:  $f_2$
- San Juan:  $f_3$

Pero el área cubierta por el Tejar esta totalmente separada del área de San Juan, por lo que se puede reutilizar una frecuencia quedando:

- Tejar:  $f_1$
- Tola:  $f_2$
- San Juan:  $f_1$

### 3.5.8 COMUNICACIÓN ENTRE ESTACIONES BASE

Por último se tiene que llevar la información de cada Base al punto de concentración (Punto 35), para su conexión al Backbone alámbrico.

La solución para esto, son enlaces punto-punto. Y se busca una solución dentro de la misma línea del equipo escogido, que permita contar con enlaces de bajo coste y de preferencia de la misma marca para tratar la solución completa con un solo proveedor.

Así, se escoge el equipo Tsunami QuickBridge punto-punto en la banda de 5,8 Ghz, con capacidad de 20 Mb, para enlazar:

- Tejar – Punto 35
- San Juan – Punto 35
- Tola – Punto 35

Al tratarse de enlaces punto-punto, necesitará de una antena altamente directiva, y éstos equipos ya traen una incorporada. Entonces podrá emplearse un solo canal de frecuencia para estos enlaces. Se usa por tanto f3.

### 3.5.9 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL DISEÑO FINAL

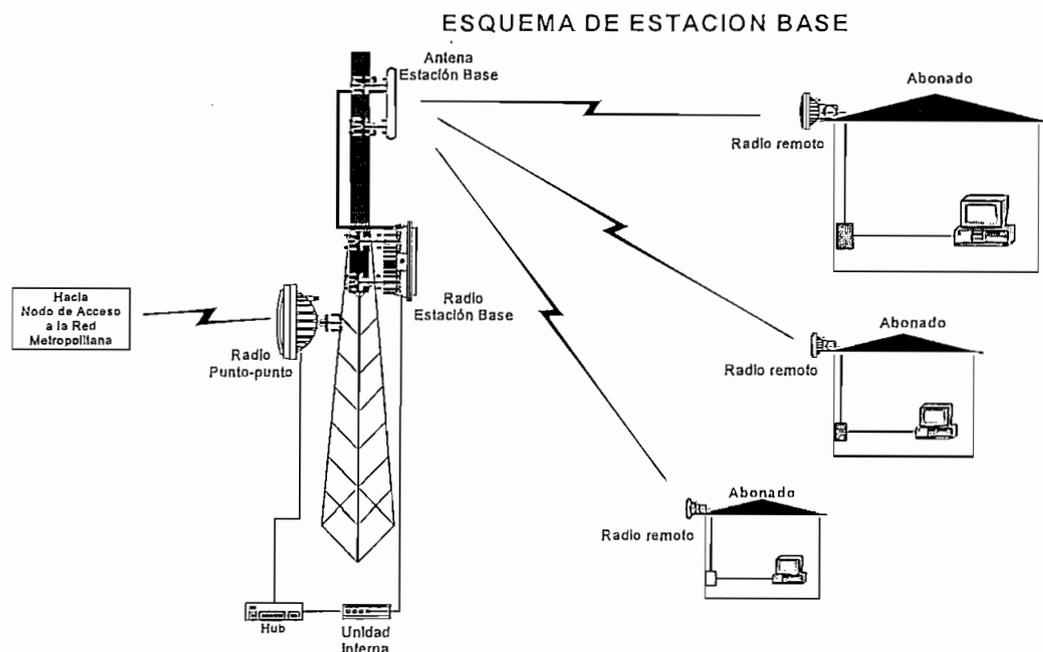


Figura 3.12 Esquema de una estación base

### ESQUEMA DEL SITIO DE ACCESO A LA RED METROPOLITANA

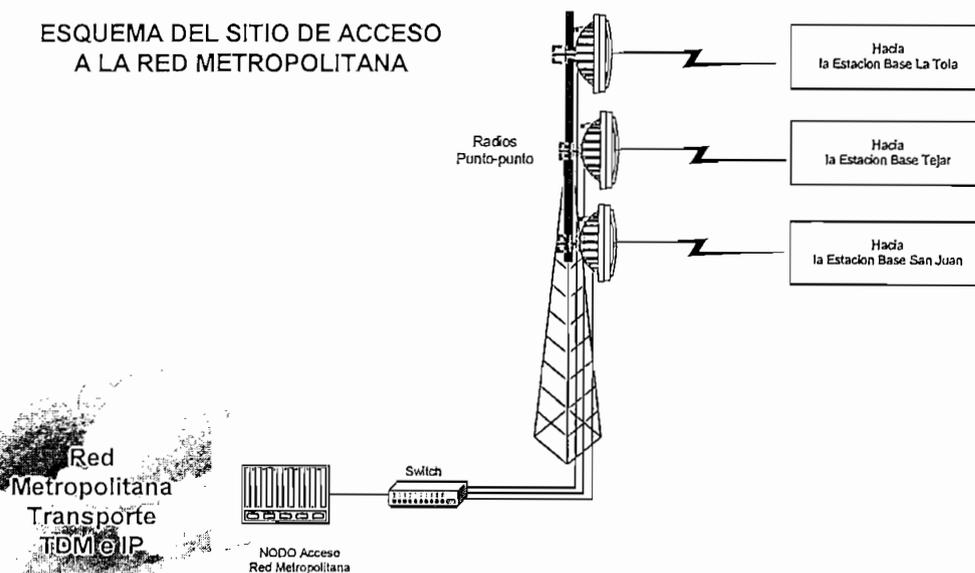


Figura 3.13 Esquema de los enlaces punto-punto



- Tsunami cuenta con modelos cuya capacidad va de 10 a 60 Mbps, Trango cuenta solo con un modelo de 10 Mbps.
- Tsumani puede realizar VLAN's y opciones de filtraje y ruteo IP, Trango solo es un Bridge. Para clientes corporativos y especialmente los Bancos, cuya exigencia en seguridad de sus redes es altamente importante, las capacidades mencionadas del Tsunami permiten ofrecer el tipo y calidad de servicio exigido por estos clientes.
- Tsunami permite ajustar la potencia de sus equipos a los requerimientos del enlace.

Tomando en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se puede recalculan los datos de propagación, de tal forma que permitan tener un margen de desvanecimiento superior a 20 dB, que es el valor recomendado para poder tener un alto grado de disponibilidad de la red.

#### **3.5.11.1 Tabla con cálculos de propagación**

Come se dijo anteriormente, con las fórmulas dadas en el capítulo 1, los valores de disponibilidad se recalculan con los parámetros recomendados por el fabricante y además para cada punto con respecto a su base.

Como dato adicional para corroborar que efectivamente existe línea de vista entre cada remoto y su base, con las ecuaciones 1.1 y 1.2 y los datos de las alturas del terreno sobre el trayecto del enlace obtenidos de los mapas cartográficos en escala 1:25.000 se obtuvieron los perfiles a cada remoto desde cada estación base, además con esto se puede verificar la existencia o no de obstrucciones a la primera zona de Fresnel, las gráficas se elaboraron para el factor de curvatura de la tierra  $K=2/3$ . Esto se presenta en el ANEXO 2.

Cálculo:

	Cliente	Latitud	Longitud	Distancia (Km)	Azimuth 1	Azimuth 2	Perdidas en el espacio libre (dBs)	Señal de Recepción (dBm)	Margen de Operación (dBs)	Disponibilidad
1	Austro San Francisco	78°30'43"	0°13'04"	0,8	310,1	130,1	105,911	-74,911	12,09	99,99997%
2	Banco del Pichincha Ipiales	78°30'48"	0°12'58"	0,6	305,1	125,1	103,264	-72,264	14,74	99,99999%
3	Bco. Pichincha-San Francisco	78°30'43"	0°13'05"	0,8	310,9	130,9	106,215	-75,215	11,79	99,99996%
4	Turisa	78°30'42"	0°13'08"	0,9	314,8	134,8	106,968	-75,968	11,03	99,99994%
5	Servipagos La Compañía	78°30'41"	0°13'06"	0,9	309,8	129,8	106,835	-75,835	11,16	99,99995%
6	Etafashion Venezuela	78°30'39"	0°13'09"	1	311,3	131,3	107,730	-76,730	10,27	99,99990%
7	Municipio internet	78°30'32"	0°13'05"	1,1	298,6	118,6	108,724	-77,724	9,28	99,99981%
8	Etafashion Guayaquil	78°30'33"	0°13'06"	1,1	302,1	122,1	108,646	-77,646	9,35	99,99982%
9	Municipio Matriz	78°30'30"	0°13'05"	1,2	298,1	118,1	109,065	-78,065	8,93	99,99976%
10	Bco. Pichincha Ag. Plaza Grande	78°30'35"	0°13'03"	1	299,3	119,3	107,833	-76,833	10,17	99,99989%
11	Artefacta Guayaquil	78°30'38"	0°13'14"	1,1	316	136	108,909	-77,909	9,09	99,99979%
12	Fybeca Bolívar	78°30'38"	0°13'15"	1,2	316,4	136,4	109,133	-78,133	8,87	99,99975%
13	Cooperativa Andalucía	78°30'35"	0°13'10"	1,1	309,5	129,5	108,748	-77,748	9,25	99,99981%
14	Víctor Cañar. Café Net	78°30'20"	0°13'26"	1,8	311,8	131,8	112,793	-81,793	5,21	99,99716%
15	Artefacta San Agustín	78°30'30"	0°13'03"	1,1	295,7	115,7	108,878	-77,878	9,12	99,99979%
16	Marathon Sport San Agustín	78°30'30"	0°13'04"	1,2	296	116	109,022	-78,022	8,98	99,99977%
17	Fybeca Mejía	78°30'31"	0°12'59"	1,1	290,4	110,4	108,286	-77,286	9,71	99,99986%
18	Probanco Centro	78°30'36"	0°12'59"	0,9	293,1	113,1	106,930	-75,930	11,07	99,99994%
19	Agencia de Viajes Rocatravel	78°30'47"	0°12'53"	1,4	98,8	278,8	110,563	-79,563	7,44	99,99932%
20	Cooprogreso	78°30'48"	0°12'53"	0,5	290,7	110,7	101,824	-70,824	16,18	100,00000%
21	Metropolitán Turing	78°30'47"	0°12'56"	0,6	298	118	103,102	-72,102	14,90	100,00000%
22	Marathon Sport Centro	78°30'33"	0°13'02"	1	295,7	115,7	108,110	-77,110	9,89	99,99987%
23	Metropolitán Turing Centro	78°30'34"	0°12'57"	1	96,9	276,9	107,318	-76,318	10,68	99,99992%
24	Artefacta Principal	78°30'27"	0°12'58"	0,7	93,6	273,6	104,992	-73,992	13,01	99,99998%
25	Banco del Pichincha Pl. Teatro	78°30'25"	0°12'57"	1,2	283,7	103,7	109,481	-78,481	8,52	99,99969%
26	Fybeca Plaza del Teatro	78°30'24"	0°12'54"	0,7	106	286	104,206	-73,206	13,79	99,99999%
27	Cooperativa Cámara de Comercio	78°30'23"	0°12'55"	0,6	104,7	284,7	103,537	-72,537	14,46	99,99999%
28	Gespavíajes	78°30'15"	0°12'42"	1,2	294,8	114,8	109,404	-78,404	8,60	99,99972%
29	Créditos Económicos Sucursal Mayor	78°30'16"	0°12'44"	1,2	298	118	109,297	-78,297	8,70	99,99974%
30	Banco Nacional del Fomento	78°30'04"	0°12'39"	1,5	285,5	105,5	111,196	-80,196	6,80	99,99908%
31	Banco Central del Ecuador	78°30'09"	0°12'48"	1,5	298	118	111,027	-80,027	6,97	99,99917%
32	Sana Sana Centro	78°30'03"	0°12'35"	1,5	281,1	101,1	111,214	-80,214	6,79	99,99907%
33	Ministerio de Gobierno	78°30'41"	0°13'01"	0,8	301,1	121,1	106,073	-75,073	11,93	99,99997%
34	Créditos Económicos Sucursal	78°30'45"	0°13'05"	1,2	351,5	171,5	109,565	-78,565	8,43	99,99969%
35	Farcomed Matriz	78°30'14"	0°12'52"	1,5	275,1	95,1	111,507	-80,507	6,49	99,99883%

San Juan	78°30'51"	0°12'26"
Tejar	78°31'04"	0°12'47"
Tola	78°30'03"	0°13'0"

Tabla# 3.10 Resumen final de cálculos del enlace

Los datos de esta tabla fueron obtenidos con los parámetros que se presentan en la tabla 3.11

<b>Frecuencia.</b>	5800	Mhz
<b>P<sub>Tx</sub></b>	17	dBm
<b>G<sub>Tx</sub></b>	16	dB
<b>G<sub>Rx</sub></b>	18	dB
<b>L<sub>Tx</sub></b>	1	dB
<b>L<sub>Rx</sub></b>	1	dB
<b>c</b>	3,0E+08	m/s
<b>P<sub>RU</sub></b>	-89	dbm
<b>RadioTierra</b>	6370	Km

*Tabla # 3.11 Parámetros usados para cálculo final de propagación*

### 3.6 PRESUPUESTO REFERENCIAL

<b>Inversiones Inicial Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
TSUNAMI MP.11 2411 BASE STATION UNIT	3	\$ 1,245	\$ 3,735
TSUNAMI MP.11 2411 SUSCRIBER UNIT	35	\$ 742	\$ 25,970
ANTENAS HIGH GAIN PANEL DIRECTIONAL	35	\$ 225	\$ 7,875
ANTENA SECTORIAL 45° HG5816P-045	3	\$ 675	\$ 2,025
TSUNAMI QUICKBRIDGE 20	6	\$ 1,350	\$ 8,100
METROS DE CABLE UTP	760	\$ 0.33	\$ 251
CAJAS PARA RADIOS	38	\$ 40	\$ 1,520
ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN	35	\$ 100	\$ 3,500
UPS	3	\$ 710	\$ 2,130
Rack en la Base	3	\$ 150	\$ 450
Switch Catalyst 12 Ports	1	\$ 850	\$ 850
Router Cisco 2600	1	\$ 2,535	\$ 2,535
Torre 9 mts Nodo Concentrador	1	\$ 800	\$ 800
Torre 9 mts TOLA	1	\$ 800	\$ 800
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 60,541</b>

*Tabla # 3.12 Presupuesto referencial del diseño*

**CAPITULO 4**  
**ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO**

## 4.1 INTRODUCCION

El objetivo principal de este proyecto es el de dar una alternativa de comunicación a los sectores comerciales y empresariales ubicados en el centro histórico de Quito.

Hasta el momento se ha realizado un estudio de las posibles técnicas ha utilizarse en el desarrollo de este proyecto. Además, después de analizar las diferentes marcas existentes en el mercado, de acuerdo a los requerimientos se ha seleccionado la que más se ajusta a las necesidades planteadas y a partir de ella se ha realizado el diseño. La tecnología escogida fue *Spread Spectrum* con el equipo Tsunami en la banda de 5.8 Ghz.

Un complemento de esto constituye el determinar costos para poner en marcha el proyecto y su factibilidad, entendiéndose como factibilidad un análisis para saber si un proyecto o negocio que se propone será rentable.

Otra parte importante de este capítulo es el hecho de que en base a este se justifican las cifras indicadas en la última parte del capítulo anterior.

## 4.2 COSTOS RED ALAMBRICA

Los datos que a continuación se presentan en las tablas desde la 4.1 a la 4.8, corresponden a un costo aproximado de la red de cobre que actualmente tiene implementado el *carrier* en el Centro Histórico, y que servirán como una base para la comparación con la red inalámbrica.

Como se describió en el capítulo 2, esta red tiene en el centro un solo nodo de concentración. A la infraestructura implementada en dicho nodo se la puede divide en varias partes:

- Hardware
- Protección eléctrica
- Planta interna
- Planta externa
- Equipos para el cliente

#### 4.2.1 HARDWARE

Esta parte involucra lo correspondiente al equipo de cross conexión con sus respectivos módulos para los diferentes tipos de enlaces.

En la tabla # 4.1 se tiene listan los diferentes módulos con los que el *carrier* cubre la demanda actual de sus clientes.

HARDWARE DE LA RED ALAMBRICA	VALOR	CANTIDAD	TOTAL USD
Chasis	910,00	1	910,00
Unidad de control	2.800,00	1	2.800,00
Tarjeta de cross conexión	1.440,00	1	1.440,00
Tarjeta de poder	1.125,00	2	2.250,00
Tarjeta con interfaces para unirse al anillo de fibra óptica	6.815,00	1	6.815,00
Tarjeta con módulos V.35	1.795,00	1	1.795,00
Módulos para enlaces menores a 128 Kbps	1.615,00	5	8.075,00
Módulos para enlaces de hasta 4Mbps	2.990,00	1	2.990,00
<b>TOTAL</b>			<b>27.075,00</b>

*Tabla # 4.1 Costos del hardware de la red alámbrica*

#### 4.2.2 PROTECCIÓN ELÉCTRICA

Aquí de toma en cuenta varios aspectos:

- Para proteger a los equipos de sobre - voltajes se cuenta con un UPS que cubre la carga total de equipos.
- Se incluye un banco de batería que mantendrá encendidos los equipos por el lapso de 6 horas, en caso de corte de energía ya sea por parte de la empresa eléctrica, o por cualquier problema eléctrico que se pueda presentar.
- Se cuenta además con un sistema de *bypass* que pondrá a trabajar a los equipos con baterías en caso de corte de energía, sin que estos se apaguen.

EQUIPAMIENTO REQUERIDO RESPALDO DE ENERGÍA	VALOR	CANTIDAD	TOTAL USD
UPS	710,00	1	710,00
Sistema de Bypass	170,00	1	170,00
Banco de baterías	407,00	1	407,00
Cargador de baterías	370,00	1	370,00
Armario para baterías	150,00	1	150,00
<b>TOTAL</b>			<b>1.807,00</b>

*Tabla # 4.2 Costo de las protecciones eléctricas*

#### 4.2.3 PLANTA INTERNA

Constituyen los elementos necesarios para habilitar los equipos y para su conexión con la planta externa de la red.

INSTALACIONES INTERNAS EN EL NODO	VALOR	CANTIDAD	TOTAL USD
Armario Rack	850,00	1	850,00
Patch pannels	140,00	4	560,00
Canaletas	10,00	5	50,00
Kit elementos de fijación	50,00	1	50,00
Cabeza miniquante de 100 pares.	65,00	1	65,00
FDF	305,00	1	305,00
Patchs cords de fibra	70,00	4	280,00
MDF	52,00	1	52,00
<b>Total materiales</b>			<b>2.212,00</b>

*Tabla # 4.3 Costo de la planta interna de la red alámbrica*

#### 4.2.4 PLANTA EXTERNA

Corresponde al Backbone de cobre de la red, es decir los tendidos de cable multipar y accesorios para su conexión.

MATERIALES PLANTA EXTERNA	VALOR	CANTIDAD	TOTAL USD
Cable canalizado 100 pares	0,92	200	184,00
Cable canalizado 50 pares	1,19	1500	1.785,00
Cable canalizado 30 pares	1,50	1000	1.500,00
Cable canalizado 20 pares	1,80	450	810,00
Cable canalizado 10 pares	2,15	4000	8.600,00
Varillas Cooperwell	5,80	6	34,80
Mangas	54,00	25	1.350,00
Cajas de dispersión	30,00	2	60,00
<b>Total materiales</b>			<b>14.323,80</b>

*Tabla 4.4 Costo de la planta externa de la red alámbrica*

#### 4.2.5 COSTO POR EQUIPOS EN EL SITIO DEL CLIENTE

Corresponde al costo de material e instalación de todos los puntos y equipos usados. Se considerará solamente un costo promedio, ya que la distancia de acometida hacia cada cliente es diferente, además el equipo que llega a cada usuario depende la capacidad y uso.

MATERIALES POR CLIENTE	VALOR (USD)	CANTIDAD	TOTAL (USD)
Promedio de acometida (Incluye cable y mano de obra)	250,00	35	8.750,00
Equipos de baja velocidad hasta 128 Kbps	361,25	28	10.115,00
Equipos de alta velocidad	815,00	7	5.705,00
<b>TOTAL</b>			<b>24.570,00</b>

*Tabla # 4.5 Costo por cliente de la red alámbrica*

#### 4.2.6 RESUMEN CAPITAL INVERTIDO EN LA RED ALÁMBRICA

COSTO POR:	TOTAL (USD)
Hardware	27.075,00
Protección eléctrica	1.807,00
Planta interna	2.212,00
Planta externa	14.323,80
Costo por cliente	24.570,00
<b>TOTAL</b>	<b>69.987,80</b>

*Tabla # 4.6 Costo total de la red de cable*

#### 4.2.7 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LA RED DE CABLE

Una red de cobre permanentemente tiene problemas y en el Centro de Quito, es generalmente por corte del cable. Esto no solo implica que tenga que reemplazarse tramos de cable, sino también implica costos de movilización.<sup>1</sup>

Un sistema alámbrico también puede presentar problemas por averías tanto en la planta interna como en la externa, y esto puede evitarse dando un mantenimiento periódico a la red.

Para el caso del mantenimiento correctivo se ha usado el dato de que mensualmente en promedio se atiende a unos 4 clientes.<sup>2</sup>

MANTENIMIENTO	VALOR (USD)	CANTIDAD	TOTAL (USD)
Movilización	10,00	4	40,00
Mantenimiento correctivo	50,00	4	200,00
Mantenimiento preventivo	230,00	1	230,00
<b>TOTAL</b>			<b>470,00</b>

*Tabla # 4.7 Costo por mantenimiento de la planta externa de la red alámbrica*

Mensualmente se tiene que cubrir otros costos para mantener operando la red, tales como el arriendo de local, el costo de la energía eléctrica y en el caso de este nodo, ubicado en el Centro Histórico, el gasto más importante que se tiene que cubrir representa el del uso de la ductería de Andinatel para el paso de los cables. En la tabla 4.8 se encuentran los gastos mensuales totales, incluidos los de mantenimiento, presentados en la tabla 4.7.

<sup>1</sup> Este es un valor que varía mes a mes, pero el valor es un dato referencial proporcionado por la empresa que da el servicio de Outsourcing al carrier.

<sup>2</sup> En lo referente a mantenimiento los datos son referenciales proporcionados por la empresa de Outsourcing que atiende al carrier.

<b>GASTOS MENSUALES</b>	<b>VALOR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL USD</b>
Arriendo del local	350,00	1	350,00
Energía eléctrica	12,00	1	12,00
Uso de ductería por metro	0,50	7000	3500,00
Mantenimiento			470,00
<b>TOTAL</b>			<b>4332,00</b>

*Tabla # 4.8 Gastos mensuales de la red alámbrica*

### 4.3 COSTOS RED INALÁMBRICA

Los datos que a continuación se presentarán son un resumen de todos los cálculos realizados, los resultados completos se pueden ver en el Anexo 4.

#### 4.3.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Aquí se está considerando como necesario:

- Un radio por cada estación base, un radio por cliente, 6 radios para los 3 enlaces punto – punto que unirán cada estación base con el punto de concentración de la red.
- Antenas para las bases y los remotos, (ya que los equipos usados en los enlaces punto – punto tienen antena incorporada al equipo).
- Cajas protectoras para los radios ya que irán colocados externamente junto a las antenas.
- Cable UTP para conectar el radio ubicado externamente con los equipos internos.
- Accesorios complementarios.

Inversiones Inicial Equipo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
TSUNAMI MP.11 2411 BASE STATION UNIT	3	1.245,00	3.735,00
TSUNAMI MP.11 2411 SUSCRIBER UNIT	35	742,00	25.970,00
ANTENAS HIGH GAIN PANEL DIRECTIONAL	35	225,00	7.875,00
ANTENA SECTORIAL 45° HG5816P-045	3	675,00	2.025,00
TSUNAMI QUICKBRIDGE 20	6	1.350,00	8.100,00
METROS DE CABLE UTP	760	0,33	250,80
CAJAS PARA RADIOS	38	40,00	1.520,00
ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN	35	100,00	3.500,00
UPS	3	710,00	2.130,00
Rack en la Base	3	150,00	450,00
Switch Catalyst 12 Ports	1	850,00	850,00
Router Cisco 2600	1	2.535,00	2.535,00
Torre 9 m Nodo Concentrador	1	800,00	800,00
Torre 9 m TOLA	1	800,00	800,00
<b>TOTAL</b>			<b>60.540,80</b>

*Tabla # 4.9 Inversión inicial en equipos*

#### 4.3.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para mantener operando a una red inalámbrica, mensualmente se tiene que cubrir costos por mantenimiento, arriendo de espacio físico. La tabla # 4.9 presenta un valor referencial de mantenimiento, para poder compararlo con el de la red alámbrica, ya que en el análisis económico este rubro cambia de un período a otro, de hecho, en los primeros meses no se considera ese gasto ya que la red recién instalada no debería presentar problemas, es a partir del sexto mes que se lo empieza a tomar en cuenta y de ahí en adelante se lo aumenta periódicamente.

No muy costoso pero si importante es el pago a la Senatel por el uso de la frecuencia. Y se lo calcula de acuerdo a las consideraciones dadas en el artículo 19 del Anexo 1. El valor obtenido con esta fórmula (76,8 USD) representa la

imposición anual por punto, posteriormente por conveniencia para los cálculos en este estudio se ha sacado el equivalente mensual a pagar.

Costos Operacionales	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
Renta	3	150,00	450,00
Mantenimiento Preventivo/Correctivo	3	100,00	300,00
Movilización	1	100,00	100,00
Otros gastos	1	150,00	150,00
<b>TOTAL COSTOS OPERACIONALES</b>			<b>1.000,00</b>

*Tabla # 4.10 Gastos mensuales de la red inalámbrica*

#### 4.4 ANALISIS DE BENEFICIOS

Para implementar este proyecto se ha considerado que el *carrier* debe contar con capital inicial equivalente al dinero necesario para implementar las tres bases con los 35 remotos.

Por tratarse de un proyecto a pequeña escala se ha realizado un estudio en el período de 24 meses y se ha previsto un proceso de tres meses para la montar la red, con los clientes que actualmente tiene el *carrier*, considerando la implementación de una base y sus remotos por mes.

Para este análisis se separarán los ingresos y los egresos que mes a mes se van generando, para finalmente realizar la diferencia de estos parámetros y obtener las utilidades.

Inicialmente se hace una estimación de la forma como podría ir creciendo la red tanto en ancho de banda como en número de clientes. Aunque de mes a mes se ha ido considerando el crecimiento de manera más o menos aleatoria, el

crecimiento total está dentro de los parámetros tomados como referencia, que constituyen los gráficos de datos de crecimiento del *carrier*, tanto en ancho de banda como en enlaces, dados en el anexo 5.

Al final del período de 24 meses, se espera un crecimiento en ancho de banda del 189,74% y en enlaces del 136.83% (Anexo 5).

El cuadro que se presenta a continuación (4.11) corresponde a un resumen de la distribución de clientes y ancho de banda, mes a mes por el período de 24 meses<sup>3</sup>, esto sirve para el posterior cálculo de ingresos y egresos mensuales.

CRECIMIENTO DE LA RED EN 24 MESES											
Mos		1	2	3	4	5	6	9	12	18	24
<b>Cilientes por tipo de servicio</b>											
1	64	4	8	10	1	1	1	0	0	1	0
2	128	0	4	2	1	1	0	0	1	0	0
3	192	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
4	256	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
5	384	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	512	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
7	640	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	768	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1024	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
10	2048	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	4000	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número total de clientes		6	16	13	3	3	2	2	2	3	2
Número total acumulado		6	22	35	38	41	43	49	55	68	82
Total ancho de banda		4448	4032	1088	448	448	320	832	384	1344	768
Total A.B. Acumulado (Kbits)		4.448	8.480	9.568	10.016	10.464	10.784	12.576	15.712	20.768	27.616
<b>Celdas</b>											
San Juan		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tejar		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
La Tola		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Total celdas instaladas		1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Total acumulado		1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Enlaces Pto-Pto</b>											
Instalados		1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Total acumulado		1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>A.B. Celdas (Kbits)</b>											
San Juan		4.448	4.448	4.448	4.512	4.768	5.024	5.088	5.728	8.992	10.912
Tejar			4.032	4.736	4.864	4.992	5.056	5.632	5.824	6.720	10.048
La Tola				384	640	704	704	1.856	4.160	5.056	6.656
TOTAL(Kbits)		4.448	8.480	9.568	10.016	10.464	10.784	12.576	15.712	20.768	27.616

Tabla # 4.11 Porcentajes estimados de la red en el período de 24 meses

<sup>3</sup> Los cuadros completos se presentan en el Anexo 4

#### 4.4.1 INGRESOS

Aquí tomamos en cuenta los ingresos por instalación de enlace y por servicio. El costo que cada cliente pagará por su enlace, esta dado en función al ancho de banda requerido y está cotizado en el plan de servicio más económico que el *carrier* brinda actualmente a sus clientes. El valor de instalación constituye un valor menor al que se cobra por un enlace de cobre.

Los tarifas para cada servicio constan en la tabla 4.12.

Servicio IP Wireless			
VELOCIDAD (Kbps)	Servicio Contratado	COSTO INSTALACIÓN (USD)	COSTO MENSUAL (USD)
64	1	65,00	100,00
128	2	65,00	150,00
192	3	65,00	200,00
256	4	65,00	270,00
384	5	65,00	320,00
512	6	65,00	400,00
640	7	65,00	510,00
768	8	65,00	640,00
1024	9	65,00	760,00
2048	10	65,00	1.200,00
4000	11	65,00	1.800,00

Tabla # 4.12 Costo por tipo de enlace

Ingresos										
Mes	1	2	3	4	5	6	9	12	18	24
Ingresos Instalaciones (USD)	390,00	1.040,00	845,00	195,00	195,00	130,00	130,00	130,00	195,00	130,00
Ingresos mensuales (USD)	2.400,00	3.470,00	1.500,00	520,00	520,00	370,00	710,00	420,00	1.130,00	670,00
Totales Acumulados (USD)	2.790,00	7.300,00	9.645,00	10.360,00	11.075,00	11.575,00	13.635,00	16.315,00	21.320,00	27.680,00

Tabla # 4.13 Ingresos mensuales

#### 4.4.2 EGRESOS

El objetivo principal de este proyecto es el de dar una alternativa de buen servicio a los *carriers* que operan en el Centro Histórico y no el de abaratar costos. Sin embargo como se puede ver en las tablas 4.6 y 4.9, el costo total de la red de cable es mayor a la de la red inalámbrica y este es un valor que se pagará una sola vez. Recuperado el costo de inversión, se tendrán solamente los costos de mantenimiento y operación de la red, que como se observa en las tablas 4.8 y 4.10, para la red inalámbrica representan casi el 25% de los valores dados para la red de cable y a la larga esto es un beneficio. Esto solamente si nos remitimos a los costos. Adicionalmente el mantenimiento no implica más gastos que los de movilización, además como ya no se tendrá el problema de corte de cables, se supone que el número de caídas promedio por mes disminuirá.

Costos Operacionales										
Mes	1	2	3	4	5	6	9	12	18	24
Uso Frecuencias (USD)	57,60	179,20	281,60	300,80	320,00	332,80	371,20	409,60	492,80	582,40
Costo Instalación (USD)	700,00	1.700,00	1.400,00	300,00	300,00	200,00	200,00	200,00	300,00	200,00
Gastos operativos (USD)	400,00	550,00	700,00	700,00	700,00	1.000,00	1.000,00	1.100,00	1.100,00	1.200,00
TOTAL (USD)	1.157,60	2.429,20	2.381,60	1.300,80	1.320,00	1.532,80	1.571,20	1.709,60	1.892,80	1.982,40

Tabla # 4.14 Costos Operacionales

Para que la red inalámbrica se conecte con la red de cable existente se tendrá que usar la infraestructura de esta, por este motivo un porcentaje de los ingresos se destina a este propósito.

Pago Uso Backbone (30% ingreso)										
Mes	1	2	3	4	5	6	9	12	18	24
Total (USD)	720,00	1.041,00	450,00	156,00	156,00	111,00	213,00	126,00	339,00	201,00
Totales Acumulados (USD)	720,00	1.761,00	2.211,00	2.367,00	2.523,00	2.634,00	3.135,00	3.822,00	5.070,00	6.705,00

Tabla # 4.15 Pagos por uso del Backbone

Como se dijo anteriormente, el monto de la inversión inicial corresponde al valor necesario para montar las tres bases con sus respectivos remotos. Los

equipos que se compren para usuarios nuevos pasarán a formar parte del flujo de caja mensual.

Inversiones										
Mes	1	2	3	4	5	6	9	12	18	24
Celda (USD)	10.511,60	5.526,60	5.526,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Equipos Remotos (USD)	6.681,60	17.817,60	14.476,80	3.340,80	3.340,80	2.227,20	2.227,20	2.227,20	3.340,80	2.227,20
Total (USD)	17.193,20	23.344,20	20.003,40	3.340,80	3.340,80	2.227,20	2.227,20	2.227,20	3.340,80	2.227,20
Inversión inicial (USD)			60.540,80							

Tabla # 4.16 Inversiones inicial y mensuales

#### 4.4.3 INGRESOS MENOS EGRESOS

Aquí se pueden ver las utilidades que se generan mes a mes, (que financieramente se conoce como Flujo Neto Efectivo) y un acumulado total mensual (Flujo Neto Efectivo Acumulado), llegando a tener en el período final de 24 meses un total USD 152.106 y habiendo recuperado la inversión inicial, lo cual resulta atractivo para un proyecto pequeño como este.

Ingresos - Egresos											
Mes	Inversión inicial	1	2	3	4	5	6	9	12	18	24
Total (USD)		912,40	3.109,80	5.052,40	3.351,40	3.891,20	5.181,00	6.701,60	8.556,20	11.016,40	16.765,40
Total Acumulado (USD)	-60.540,80	-59.628,40	-56.518,60	-51.466,20	-48.114,80	-44.223,60	-39.042,60	-20.696,40	3.987,60	64.569,00	152.106,40

Tabla # 4.17 Ingresos menos egresos.

Estas utilidades se ven reflejadas en la figura 4.18.

A primera vista, las utilidades resultan muy buenas, pero el dinero no tiene el mismo valor en el tiempo, entonces se hace necesario revisar los indicadores de rentabilidad.

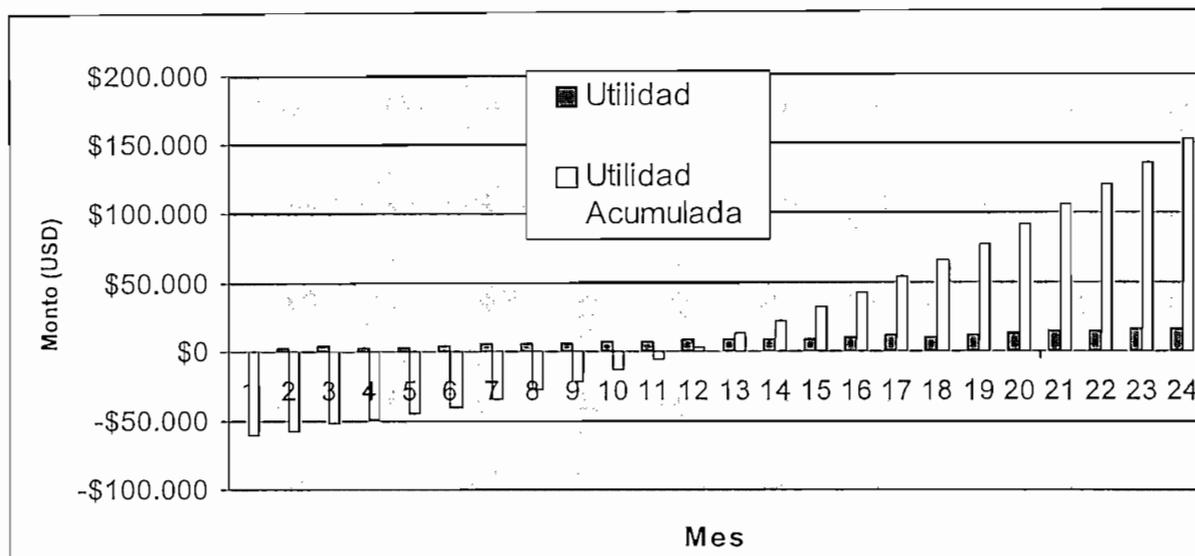


Figura 4.18 Utilidad mensual y acumulada.

#### 4.4.3.1 Indicadores de rentabilidad

Los indicadores de rentabilidad más usados en un proyecto son:

- Valor Actual Neto (VAN), que representa la diferencia entre el valor actualizado de los beneficios de un proyecto y el valor actualizado de sus costos. Y el indicativo de que un proyecto es rentable es que este valor sea positivo. Se calcula con la expresión:

$$VA = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (4.1)$$

Donde:

VF: Valor futuro

VA: Valor actual

i: Tasa de interés

n: Período de tiempo

- Tasa Interna de Retorno (TIR), consiste en caracterizarla como aquella tasa de Interés que hace que el VAN sea igual a cero. También se entiende por TIR a la tasa máxima que se dispondría a pagar a quien financia el proyecto, considerando que también se recupera la inversión. El indicativo de que un proyecto es conveniente, es que este valor sea mayor que la tasa de interés relevante.
- Relación Costo / Beneficio, muestra la rentabilidad en términos relativos y su resultado se expresa en centavos ganados por cada dólar invertido. Y es el resultado de dividir el VAN y el valor de la inversión inicial. :
- Período de Recuperación de la Inversión (PRI), representa el tiempo en el cual es recuperado el capital a partir del flujo neto de caja. Y nos indica en que tiempo una inversión genera los recursos suficientes para igualar el monto de dicha inversión. Y se calcula con la expresión:

$$PRI = (N - 1) + \frac{FAD_{N-1}}{FNE_N} \quad (4.2)$$

Donde:

N: Primer período en que el Fondo de Efectivo Acumulado es positivo

$FAD_{N-1}$ : Flujo de efectivo acumulado descontando el año previo a N

$FNE_N$ : Flujo Neto Efectivo en el año N

Hay que indicar que la tasa de interés usada corresponde a la tasa de interés activa máxima, proporcionada por los indicadores financieros del Banco Central del Ecuador y vigente hasta el 4 de Abril del 2004<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> [www.bce.fin.ec](http://www.bce.fin.ec)

#### 4.4.3.2 Cálculo de indicadores de rentabilidad

Para calcular los indicadores de rentabilidad al período de 2 años se ha dividido en períodos trimestrales. Y a partir de éstos se han realizado los cálculos.

INDICADORES DE RENTABILIDAD				
TRIMESTRE	FLUJO NETO EFECTIVO (USD)	TASA DE DESCUENTO (11=12%ANUAL)	VALOR ACTUAL NETO (VAN1) (USD)	FLUJO NETO EFECTIVO ACUMULADO (USD)
INVERSION INICIAL	-60.540,80	1,00	-60.540,80	-60.540,80
1	9.074,60	0,97	8.810,29	-51.466,20
2	12.423,60	0,94	11.710,43	-39.042,60
3	18.346,20	0,92	16.789,37	-20.696,40
4	24.684,00	0,89	21.931,41	3.987,60
5	28.135,80	0,86	24.270,19	32.123,40
6	32.445,60	0,84	27.172,68	64.569,00
7	40.465,40	0,81	32.902,07	105.034,40
8	47.072,00	0,79	37.159,07	152.106,40
VAN (id=12% ANUAL)	120.205			
TIR	28,65%			
B/C	1,99			
PRI	3,84			

Tabla 4.18 Indicadores de rentabilidad

De estos cálculos se tienen las siguientes conclusiones:

- El valor de VAN obtenido \$120.204,72 indica que el proyecto es rentable.
- El TIR 28,65% es mayor que la tasa de interés activa indicada (12%), esto es otro indicativo de su rentabilidad económica.
- La relación Beneficio / Costo indica que por cada dólar que se invierta, se percibirá una ganancia de \$1,99
- El PRI de 3.84, indica que la inversión se recuperará casi al finalizar el cuarto trimestre, es decir casi al año.

**CAPITULO 5**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

Las redes con tecnologías inalámbricas constituyen un acceso universal y económico a las nuevas redes de información y comunicación, pues constituyen un medio importante para elevar el nivel de vida de los ciudadanos y reducen la brecha entre poblaciones rurales y urbanas entre los países.

La frecuencia de 2,4 MHz una banda ya saturada en la ciudad, entonces la de 5,8GHz resulta ideal para trabajar en el Centro Histórico.

La distancia máxima en el centro es de 3 Km; Entonces al trabajar con distancias tan cortas es posible usar antenas con menor ganancia, y esto representa disminución de costos.

Si bien este diseño fue realizado para dar servicio al Centro Histórico, los radios tienen la capacidad suficiente para dar cobertura más allá de él, siempre y cuando se cumplan los requisitos de línea de vista y niveles de recepción del sistema.

Una ventaja de los equipos usados en el diseño de esta red, constituye el hecho de que una vez instalada la infraestructura, si el cliente necesita un *upgrade* se puede cubrir esta demanda con el mismo equipo instalado, mientras que en la red de cable no siempre puede ser así.

La tendencia de las redes metropolitanas es cambiar su estructura de transporte TDM o SDH por transporte totalmente IP, la red propuesta ya es IP, por tanto está un paso adelante con relación a redes existentes.

Los valores obtenidos en los cálculos de: Valor Actual Neto (VAN), Taza Interna de Retorno (TIR), Relación Costo Beneficio y Período de Retorno de Inversión (PRI), indican que la implementación de este proyecto es rentable; pues la inversión inicial se recupera al terminar el primer año y se obtiene 1,99 dólares, por cada dólar invertido.

Una gran ventaja de este proyecto, representa el hecho de que en este caso el mercado no es ficticio y el cliente inicial ya existe, de hecho, en base a este diseño el *carrier* tomado como referencia ya está realizando las pruebas con los equipos propuestos.

El objetivo de este proyecto no era abaratar el costo de la una red con respecto a la otra, pero en el análisis de económico se ha visto que la inversión inicial de la red inalámbrica es menor que la de cable, y de igual manera los costos de operación son más bajos. Esto constituye un gran beneficio, ya que el cliente tendrá las mismas prestaciones que con la red de cable con tarifas más bajas.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Si bien se ha visto que para dar cobertura al Centro histórico, una sola celda podría dar abasto, esto implicaría usar una antena con mayor apertura y al estar trabajando en una banda libre esto no es muy recomendable ya que a causa de ello, se podría tener interferencias. Entonces, diseños de este tipo deberán plantearse siempre con más opciones de celdas y aperturas de antenas lo más pequeñas posible.

Los equipos que operan a la frecuencia de 5,8 GHz y en banda libre son conocidos como WirelessLan y su estándar de operación es el 802.11, el mismo que recomienda y aplica un sistema de seguridad y encriptación establecidos dentro de esta norma. Los equipos 802.11 instalados en la ciudad, por lo general no emplean estos esquemas de seguridad (deshabilitados por *default*); por lo tanto es recomendable que desde el inicio de operación se empleen estos sistemas de encriptación a fin de dar seguridad a las redes de datos de usuarios

Al diseñar un sistema es recomendable hacer un estudio de frecuencias en el sitio para determinar en que canales y sectores se puede trabajar sin problema; y al tratarse de un espectro de banda libre esto es aún más importante.

Es recomendable que los equipos no salgan de los parámetros de emisión de potencia no solamente para evitar una sanción por parte de la Suptel sino principalmente para sacar mayores ventajas del sistema, ya que las normas no solo se dan para limitar sino para aprovechar de mejor forma los beneficios que un equipo y una tecnología pueden ofrecer.

De las varias marcas de equipos existentes, que trabajan en banda libre se recomienda usar los que cumplen con la norma 802.11 ya que tienen mejor costo y garantiza la inversión, debido a que este estándar tiene mejor futuro que estándares propietarios. Además los equipos portátiles tales como Laptops y PDA's vienen ya con dispositivos 802.11 instalados, lo que nos da una idea clara que la tendencia será contar con redes internas y externas que permitan enlazar estos y otros dispositivos con el Internet y otros servicios a través del desarrollo de redes inalámbricas, soportadas por el estándar en mención, abriéndose un nuevo campo con grandes posibilidades de explotación de servicios.

Todo el estudio fue realizado en base a los análisis de propagación con línea de vista, sin embargo existen ya equipos que permiten trabajar en condiciones sin línea de vista, aumentando por tanto la penetración del servicio y reduciendo los costos de instalación. Nuevos estudios e implementaciones deben tener este tipo de equipos como primera opción en sus diseños y considerar las mejoras sobre los resultados obtenidos con los cálculos en línea de vista.

## VOCABULARIO

## 802.11

Conjunto de estándares de red de área local inalámbrica definidos por el IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 'Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos'). Entre estos estándares se encuentra 802.11b, que es en el que se basa Wi-Fi.

### **Ancho de banda (bandwidth)**

Es el rango (las frecuencias comprendidas entre dos límites) de las frecuencias que se pueden pasar a través de un canal de comunicación. En un circuito digital, el ancho de banda representa la habilidad máxima de el circuito para mover bits por unidad de tiempo. Se expresa en bits por segundo.

### **Backbone**

Línea de transmisión de información de alta velocidad o una serie de conexiones que juntas forman una vía con gran ancho de banda. Un backbone conecta dos puntos o redes distanciados geográficamente a altas velocidades.

### **Banda**

Se refiere al rango de frecuencias entre dos límites, uno límite bajo y otro alto.

### **Bits por segundo**

Es la unidad de medida para la transmisión de datos. Se abrevia como bps.

### **Carrier**

Compañía que provee servicios de comunicación de datos. Generalmente ofrece sus propias líneas de conexión, centrales, repetidoras y de conmutación etc.

### **Cableado**

Columna vertebral de una red que utiliza un medio físico de cable, casi siempre del tipo de red de área local (LAN), que lleva la información de un nodo a otro. La

reciente aparición de las redes inalámbricas ha roto el esquema tradicional al no utilizar ningún tipo de cableado.

### **CCK**

*Complementary Code Keying*, 'Salto de Código Complementario'. Es una técnica de modulación utilizada en Wi-Fi junto con las técnicas de espectro distribuido.

### **CSMA/CA**

Método de acceso al canal que trabaja de la siguiente manera: una estación que quiere transmitir censa el medio, y si no se detecta actividad, la estación espera un tiempo adicional, seleccionado aleatoriamente y entonces transmite si el medio continúa libre. Si el paquete es recibido intacto, la estación receptora envía una trama ACK una vez que el proceso de recepción termina. Si la trama ACK no es detectada por la estación transmisora, se asume que hubo una colisión y el paquete es transmitido de nuevo después de esperar otra cantidad de tiempo aleatoria. CSMA/CA además provee un camino para compartir el acceso sobre el aire. Este mecanismo explícito de ACK también maneja de manera efectiva la interferencia y otros problemas relacionados con radio.

### **CONATEL**

Consejo Nacional de Telecomunicaciones

**Espectro Disperso** fue desarrollada en los años 40 a vísperas de la Segunda Guerra Mundial, para proteger comunicaciones militares, que servía para controlar los torpedos en distancias grandes sin que el enemigo los detectara o interfiriera sus transmisiones, siendo un medio de comunicación privado y eficiente.

El espectro disperso es una tecnología inalámbrica que trabaja en la frecuencia de 902-928MHz, 2450-2483.5MHz y 5725-5850MHz y transmite información en bandas que no requieren autorización para su uso, las llamadas bandas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM). La forma de trabajar de esta tecnología es que dispersa la señal sobre una gama de frecuencias, utilizando un

ancho de banda mayor al necesitado, sin afectar otros sistemas de comunicación. La dispersión del espectro se logra antes de transmitir la información a través del uso de un código que es independiente de la secuencia de datos. Las principales características de esta tecnología son: Conectan múltiples sitios hasta distancias de 40km y con una velocidad de hasta 10Mbps, además que trabaja con todos los sistemas operativos de redes tradicionales, es compatible con redes Ethernet y con los estándares de la industria, cumple con el estándar IEEE 802.3 y 802.11 Ethernet y es de fácil uso e instalación entre otras.

### **Estación base**

Es el nombre general que reciben los equipos de una red inalámbrica que se encargan de gestionar las comunicaciones de los dispositivos que forman la red.

### **Frecuencia**

El número de ciclos de una señal de corriente alterna por unidad de tiempo.

### **Hidden node**

Problema específico de una red inalámbrica, en donde dos estaciones en lados opuestos de un punto de acceso pueden oír actividad del punto de acceso, pero no de uno a otro, debido a la distancia o a un obstáculo. Para resolver este problema, en el estándar 802.11 se especifica el protocolo opcional RTS/CTS (*Request to Send/Clear to Send*). Cuando esta característica se encuentra en uso, una estación transmite un RTS y espera por el acceso al punto de acceso para replicar con un CTS. Puesto que todas las estaciones pueden escuchar el punto de acceso, el CTS les provoca a éstas, un retraso de cualquier intento de transmisión, permitiendo a la estación transmisora poder enviar y recibir paquetes de reconocimiento sin la posibilidad de que suceda una colisión. El hecho de que el RTS/CTS agrega *overhead* a la red, por reservar el medio temporalmente, es usado sólo en paquetes de tamaño grande.

## **Interface**

Una interface provee los medios para la interconexión de equipo (o procesos) localizados en un lugar específico. Ejemplos de interfaces lo son el RS232-C, RS449, X-21, etc.

## **ISM**

*Industrial, Scientific and Medicine*, 'Industrial, Científica y Médica'. Estas siglas hacen referencia a la banda de frecuencias radioeléctricas reservadas a aplicaciones de este tipo. Ésta es la banda de frecuencias en las que actúa Wi-Fi. Frecuencias que están exentas de licencia.

## **Modulación**

Proceso mediante el cual se superpone una señal de datos a una señal portadora de manera que la información pueda ser transportada sobre un medio que normalmente es incompatible con la señal de datos. Por ejemplo, un modem convencional se usa para transmitir señales de datos sobre una línea telefónica que normalmente se usa para la transmisión de la voz.

## **Modulación FSK**

*FSK (Frequency Shift Keying)* Es una técnica de modulación digital en que la información está modulada en frecuencia. Es un caso particular de FM.

## **Modulación PSK**

PSK, es una técnica de modulación digital en la que la información se modula en fase, es decir dependiendo de los valores de la entrada digital, la señal analógica modulada a tener una u otra fase de salida. Se le llama también BQPSK.

## **Near/far**

Para detectar una colisión, una estación debe estar disponible para transmitir y escuchar al mismo tiempo, pero en los sistemas de radio la imposibilidad de la estación para escuchar la colisión es lo que se denomina near/far. Para remediar

esta diferencia, el 802.11 un protocolo ligeramente modificado conocido como CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) o *Distributed Coordination Function* (DCF). CSMA/CA intenta evitar colisiones utilizando un paquete explícito de reconocimiento (ACK), en donde un paquete ACK es enviado por la estación receptora confirmando que el paquete de datos llegó intacto.

## **OFDM**

*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, 'Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencias'. Es una técnica de modulación utilizada por las redes de área local inalámbrica de alta velocidad (IEEE 802.11a y HiperLAN). Permite transmitir datos de hasta 54 Mbps.

## **Red Inalámbrica**

Red que no utiliza como medio físico el cableado sino ondas de radio.

## **Última Milla**

Es el enlace entre un nodo de distribución de la red y el usuario final

## **WI-FI**

*Wireless Fidelity*, 'Fidelidad Inalámbrica'. Es una marca creada por la asociación WECA con el objetivo de fomentar la tecnología inalámbrica y asegurarse la compatibilidad de equipos. Todos los equipos con la marca Wi-Fi son compatibles entre sí y utilizan la tecnología inalámbrica definida por el IEEE en su estándar 802.11b.

## **WLAN ( Wireless LAN )**

Una red de área local inalámbrica o WLAN se define como una red local que utiliza ondas electromagnéticas para enlazar los equipos conectados a la red en lugar de cables coaxiales, de par trenzado o de fibra óptica que se utilizan en las LAN convencionales cableadas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. HERNANDO RABANOS, José María – Transmisión por radio – Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.
2. COOPER, Geroger, - Modern Communications and Spread Spectrum - McGraw Hill Book - 1986
3. WEBB, William - Introduction to Wireless Local Loop - Second Edition: Broadband and Narrowband Systems
4. ASUNCION SANTAMARIA Francisco - Wireless LAN Standards and Applications - LopezHernandez Editors
5. TANEMBAUM, Andrew – Redes de Computadores - 1998
6. STALLINGS, William - Comunicaciones y redes de computadores - Prentice Hall - España 1998
7. PORTAL CONSULTING GROUP Consulting Group - Tecnología de redes inalámbricas - Quito, 2003
8. [www.alcatel.es/technologies](http://www.alcatel.es/technologies)
9. [www.hiperlan2.com](http://www.hiperlan2.com)
10. <http://www.conatel.gov.ec>
11. <http://www.supetel.gov.ec>
12. [www.bce.fin.ec](http://www.bce.fin.ec)
13. <http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/>
14. <http://www.ing.ula.ve/~albornoz/mmds.html>
15. <http://www.monografías.com/trabajos/redesinalam/>
16. [http://www.hyperlinktech.com/web/pdf/frequency\\_chard.pdf](http://www.hyperlinktech.com/web/pdf/frequency_chard.pdf)
17. [www.iec.org/online/tutorials/lmds7](http://www.iec.org/online/tutorials/lmds7)
18. [www.iec.org/online/tutorials/wll/](http://www.iec.org/online/tutorials/wll/)
19. <http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/telematica/tel.html>
20. [www.redes.upv.es/ter/](http://www.redes.upv.es/ter/)
21. [www.lmdswireless.com](http://www.lmdswireless.com)
22. [www.nortelnetworks.com/products.fwa](http://www.nortelnetworks.com/products.fwa)
23. [www.proxim.com/products/bwa/multipoint](http://www.proxim.com/products/bwa/multipoint)
24. [www.trangobroadband.comsp/support/product\\_docs.htm](http://www.trangobroadband.comsp/support/product_docs.htm)

25. [www.kbtel.com/products.htm](http://www.kbtel.com/products.htm)

26. <http://grouper.ieee.org>

27. <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/DJimenez.htm>

28. [http://www.wcai.com/sp/site\\_map.htm](http://www.wcai.com/sp/site_map.htm)

29. Rec UIT-R-P530.8

## ANEXOS

**ANEXO # 1**  
**REGLAMENTO DE TARIFAS PARA EL USO DE**  
**FRECUENCIAS**

**REGLAMENTO DE TARIFAS POR EL USO DE FRECUENCIAS**  
**Nº 769-31-CONATEL-2003**  
**EL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES - CONATEL**

Considerando:

Que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones es el ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país;

Que mediante Resolución 14-005-CONATEL-96, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, expidió el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias, el mismo que se encuentra publicado en el Registro Oficial 896 de 4 de marzo de 1996;

Que el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias ha sido modificado por las siguientes resoluciones: 47-15 CONATEL-96, publicada en el Registro Oficial 980 del 3 de julio de 1996; 297-17 CONATEL-98, publicada en el Registro Oficial 346 del 24 de junio de 1998; 480-33-CONATEL-99, publicada en el Suplemento del Registro Oficial 351 del 31 de diciembre de 1999; 411-21-CONATEL-2002, publicada en el Registro Oficial 663 del 16 septiembre de 2002; 521-27-CONATEL-2002, publicada en el Registro Oficial 705 del 15 de noviembre de 2002; 522-27-CONATEL-2002, publicada en el Registro Oficial 705 del 15 de noviembre de 2002; y, 558-35-CONATEL 2002, publicada en el Registro Oficial 724 del 13 de diciembre de 2002;

Que el 25 y 26 de septiembre de 2002, se llevaron a cabo las audiencias públicas para la revisión del Proyecto del Reglamento de Tarifas por Uso de Frecuencias Radioeléctricas, el mismo que fue presentado para conocimiento del CONATEL en sesión del 11 de octubre de 2002 y fue aprobado en las partes correspondientes a sistemas de acceso fijo inalámbrico (WLL), mediante Resolución 283-12-CONATEL-2002; Servicio Móvil Avanzado y Servicio Móvil por Satélite, mediante Resolución 522-27-CONATEL-2002; y mediante la disposición 74-27-CONATEL-2002 se nombró una comisión para que realice el análisis del Proyecto de Reglamento de Tarifas;

Que el literal c) del artículo innumerado tercero del artículo 10 de la Ley 94, publicada en el Registro Oficial 770 del 30 de agosto de 1995, dispone que corresponde al CONATEL aprobar el Plan Nacional de Frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico;

Que las disposiciones del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, atribuyen a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la recaudación económica por derechos de concesión, derechos de autorización y uso de frecuencias, en cumplimiento del artículo 103, literal h) del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada;

Que es necesario adecuar el cálculo de las tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico atendiendo los avances tecnológicos y los nuevos servicios de radiocomunicaciones para una adecuada gestión del espectro radioeléctrico;

Que la facultad prevista en la Ley 94, publicada en el Registro Oficial 770 del 30 de agosto de 1995, artículo 10 innumerado 3 literal e), en concordancia con el literal q) del artículo 88 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, señala que corresponde al CONATEL fijar los derechos y tarifas por la concesión y el uso del espectro radioeléctrico; y,

En ejercicio de sus atribuciones,

Resuelve:

**EXPEDIR EL REGLAMENTO DE DERECHOS POR CONCESION Y TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO.**

## **CAPITULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

Del ámbito de aplicación

**Artículo 1.-** Los derechos y tarifas establecidos en el presente reglamento se aplicarán para el pago por la concesión, siempre que no existan procesos públicos competitivos o subastas públicas de frecuencias y por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, respectivamente. Las frecuencias necesarias para el servicio móvil marítimo serán explotadas por la Armada Nacional; y la concesión de frecuencias para los medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión se regirán por la Ley de Radiodifusión y Televisión y serán otorgadas por el CONARTEL.

De los términos y definiciones para el presente reglamento

**Artículo 2.-** Las definiciones de los términos técnicos de telecomunicaciones serán las establecidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, en el Reglamento General a la Ley Especial de

Telecomunicaciones reformada, en el presente reglamento, en el Reglamento de Radiocomunicaciones, en el Plan Nacional de Frecuencias, en los reglamentos específicos de los servicios de telecomunicaciones y en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

## CAPITULO II DE LAS TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS

De los factores  $K_a$ ,  $a_n$  y  $B_n$ .

Artículo 3.- El valor del factor de ajuste por inflación ( $K_S$ ) podrá ser revisado por el CONATEL luego de un estudio técnico presentado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones siempre que lo estime conveniente, en el transcurso del primer mes de cada año y deberá ser menor que el índice inflacionario del año anterior.

El valor del Coeficiente de Valoración del Espectro ( $a_n$ ) Y del coeficiente de corrección ( $B_n$ ) para los distintos servicios y bandas de frecuencias será fijado por el CONATEL, cuando éste lo determine, en base de un estudio de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, que incluya las consideraciones necesarias, como se determina en la definición de dichos coeficientes. El subíndice "n" es un número natural.

El coeficiente  $a_n$  es un factor que será definido al inicio de un periodo de concesión y no podrá ser incrementado durante ese período.

El coeficiente  $a_n$  podrá disminuirse dentro de un período de concesión previa aprobación del CONATEL. En caso que un sistema opere en bandas con diferentes  $a_n$  se aplicará el mayor valor de éste.

Cuando el CONATEL determine una variación en el coeficiente  $B_n$ , en una zona geográfica, éste será aplicable en los enlaces de última milla que presten servicio a dicha zona y sistemas de propagación en coberturas locales. El valor máximo de este coeficiente es de 1.

El coeficiente  $B_n$  tendrá un valor igual a 1, independientemente de valores fijados por el CONATEL en los siguientes casos:

- a) Sistemas privados, exceptuando los sistemas de los servicios fijo y móvil en bandas entre 30 y 960 MHz;
- Y,
- b) Autorizaciones de uso temporal de frecuencias.

En el caso de que una estación radioeléctrica cubra zonas con valores diferentes de  $B_n$ , se aplicará el mayor valor de éste.

Se establece inicialmente el valor de 1 para la constante  $K$ , y el coeficiente  $B_n$

### De los servicios fijo y móvil en bandas bajo 30 MHz

Artículo 4.- Para los fines de cálculo de las tarifas por uso de frecuencias para los servicios fijo y móvil, incluido el Móvil Aeronáutico (OR) y Móvil Aeronáutico (R), que operan en las bandas bajo 30 MHz, la zona de concesión será todo el territorio ecuatoriano. Y pagarán una tarifa por uso de frecuencias por frecuencia asignada, en función del número de horas a utilizarse por día y del número de estaciones que operen en cada frecuencia, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$T(\text{US\$}) = K_a \cdot a_1 \cdot B_1 \cdot A \cdot F_t \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

$T(\text{US\$})$  = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por frecuencia asignada.

$K_a$  = Factor de ajuste por inflación.

$a_1$  = Coeficiente de Valoración del Espectro Servicios Fijo y Móvil en bandas bajo 30 MHz no multiacceso (De acuerdo a la tabla 1 y anexo 1).

$B_1$  = Coeficiente de corrección, para el Servicio Fijo y Móvil en bandas bajo 30 MHz, no multiacceso.

$F_t$  = Factor de tiempo de uso y número de estaciones del sistema (De acuerdo a la tabla 2, anexo 1).

$A$  = Anchura de banda de la frecuencia asignada, en kHz.

La tarifa por uso de frecuencias para los servicios fijo y móvil que operen en la banda de HF (3.000 a 30.000 kHz) se calculará en función del tiempo autorizado y del número de estaciones que comparten la frecuencia asignada, según la constante  $F_n$  de acuerdo a lo establecido en la tabla 2, anexo 1.

### De los servicios fijo y móvil en bandas entre 30 y 960 MHz

**Artículo 5.-** Para efectos del cálculo de tarifas se considerará que los servicios fijo y móvil que utilizan bandas de frecuencias entre 30 y 960 MHz operan las 24 horas del día.

**Artículo 6.-** La tarifa mensual por uso de frecuencias del servicio móvil terrestre en bandas entre 30 y 960 MHz, incluido el Móvil Aeronáutico (OR) y Móvil Aeronáutico (R), se calculará de acuerdo con la ecuación 2, la cual sirve para el cálculo de la tarifa por, uso de frecuencias para el servicio móvil que se presta mediante los sistemas comunales de explotación y los sistemas móviles privados (convencionales).

$$T(\text{US\$}) = K_a * a_2 * B_2 * A * F_p \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

$T(\text{US\$})$  = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por frecuencia asignada.

$K_a$  = Factor de ajuste por inflación.

$a_2$  = Coeficiente de Valoración del Espectro para el Servicio Móvil en bandas sobre 30 MHz, no multiacceso (De acuerdo a la tabla 1, anexo 2).

$B_2$  = Coeficiente de corrección para el servicio móvil en bandas sobre 30 MHz, no multiacceso.

$A$  = Anchura de banda de la frecuencia asignada, en kHz.

$F_p$  = Factor de propagación (De acuerdo a las tablas 2 hasta la 5, anexo 2).

El coeficiente de valoración del espectro  $a_2$  a aplicarse para el servicio móvil en bandas entre 30 y 960 MHz, no multiacceso, se detalla en la tabla 1, anexo 2.

**Artículo 7.-** Se establecen factores de propagación de acuerdo al anexo 2, para los fines de cálculo de la tarifa del servicio móvil entre 30 y 960 MHz, de acuerdo a la ganancia de la antena, potencia de la estación repetidora en transmisión semidúplex o de la primera estación en transmisión simplex, altura efectiva de la antena de la estación repetidora en semidúplex o de la primera estación en transmisión simplex, y de acuerdo al rango de frecuencias, donde aplicare, de acuerdo a las tablas 2 a 5, anexo 2.

**Artículo 8.-** Los valores referenciales para efectos de cálculo, de ganancia de antena y de potencia para el servicio móvil entre 30 y 960 MHz, son los establecidos por las tablas referidas en el artículo 7 de este reglamento para las distintas bandas de frecuencias especificadas.

Los valores de referencia de altura efectiva de antena de la estación repetidora en transmisión semidúplex o de la primera estación en transmisión simplex, para fines de cálculo, serán los determinados de acuerdo a los datos obtenidos por la ubicación de las antenas, aproximados al valor de referencia inmediato superior, con valores de altura efectiva mínima de 200 m y altura efectiva máxima de 1000 m.

### Del servicio fijo. Enlaces punto-punto

**Artículo 9.-** La tarifa por uso de frecuencias para el servicio fijo, enlace punto-punto, se calculará en base de la distancia ( $D$ ) en kilómetros entre las estaciones fijas y la anchura de banda ( $A$ ) utilizada, de acuerdo con la ecuación 3:

$$T(\text{US\$}) = K_a * a_3 * B_3 * A * (D)^2 \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

$T(\text{US\$})$  = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por frecuencia asignada.

$K_a$  = Factor de ajuste por inflación.

$a_3$  = Coeficiente de valoración del espectro del servicio fijo para enlaces punto-punto (de acuerdo a la tabla 2, anexo 3).

$B_3$  = Coeficiente de corrección para el sistema fijo, enlace punto-punto.

A = Anchura de banda de la frecuencia asignada, en MHz.

D = Distancia en kilómetros entre las estaciones fijas.

La ecuación 3 se aplica a cada frecuencia del enlace y por enlace. Si una estación fija opera con más de una frecuencia en la misma dirección, la tarifa resultante será la suma de las tarifas individuales calculadas por cada frecuencia de transmisión y recepción.

De acuerdo al rango de frecuencias correspondiente y cuando el caso lo amerite, para fines del cálculo de tarifas, se usarán los valores de distancia máxima y mínima aplicable contemplados en la tabla 1, anexo 3.

El Coeficiente de Valoración del Espectro a3 a aplicarse para el Servicio Fijo, enlaces punto-punto para las distintas bandas se muestra en la tabla 2, anexo 3.

## Del servicio fijo y móvil (multiacceso)

**Artículo 10.-** Se considera como servicio fijo (Multiacceso), en la modalidad punto-multipunto al que se brinda mediante el uso de tecnologías tales como WLL, MMDS, LMDS y también a aquellos que usan enlaces punto-multipunto (Multiacceso) y otros servicios que el CONATEL determine.

Dentro de la categoría de servicio móvil que utiliza técnicas de multiacceso se encuentran el servicio de telefonía móvil celular, servicio móvil avanzado, sistema buscapersonas bidireccional, sistema troncalizado y otros que el CONATEL determine.

El cálculo de la tarifa por uso de frecuencias para los enlaces punto-multipunto para el servicio fijo y para los servicios móviles que hacen uso de multiacceso, se hará en base de dos componentes:

a) Tarifa A: Por cada centro de multiacceso, esto es, por cada estación de base del servicio móvil (Multiacceso) o por cada estación central del servicio fijo enlaces punto -multipunto (Multiacceso) y sistemas WLL, por su anchura de banda y su radio de cobertura; y,

b) Tarifa C: Por el número total de estaciones radioeléctricas de abonado fijas y móviles activadas en el sistema multiacceso.

Del componente de la tarifa por uso de frecuencias por estación de base o estación central fija

**Artículo 11.-** Tarifa A: Para el cálculo del componente de la tarifa por uso de frecuencias por cada estación de base del servicio móvil (multiacceso) o por cada estación central fija del servicio fijo punto-multipunto (multiacceso) se utilizará la siguiente ecuación:

$$T(\text{US\$}) = K_a * a_4 * B_4 * A * (D)^2 \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

T (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.

Ka = Factor de ajuste por inflación.

a4 = Coeficiente de valoración del espectro para el servicio fijo y móvil (multiacceso) (de acuerdo a la tabla 1, anexo 4)

B4= Coeficiente de corrección para la tarifa por estación de base o estación central fija.

A = Anchura de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción.

D = Radio de cobertura de la estación de base o estación central fija, en Km (De acuerdo a la tabla 1, anexo 4).

El radio de cobertura o alcance de la estación de base o estación central fija, así como el Coeficiente de Valoración del Espectro para el Servicio Fijo y Móvil (multiacceso), se detalla en la tabla 1, anexo 4, según la banda de frecuencias autorizada para los servicios especificados.

Para fines de cálculo se considerará que cada estación repetidora opera como una estación de base o estación central fija diferente; entendiéndose por ésta, el punto geográfico determinado por la infraestructura de instalación.

**Artículo 12.-** En la aplicación de la fórmula del artículo II para los sistemas que utilicen técnicas de Distribución Dúplex en el Tiempo (TDD), se debe considerar que la anchura de banda será el equivalente al bloque completo de transmisión y recepción concesionado, independientemente de si se utiliza sólo una parte de éste.

El ancho del bloque de frecuencias en los sistemas que utilizan frecuencias discretas discontinuas se determinará sumando los anchos de banda individuales de cada frecuencia de transmisión y recepción.

Del componente de la tarifa por estaciones de abonado móviles y fijas

**Artículo 13.-** Tarifa C: El cálculo de la tarifa mensual por estaciones radioeléctricas de abonado fijas y móviles activadas en el Servicio Fijo y Móvil (multiacceso), se realizará aplicando la ecuación 5:

$$T(\text{US\$}) = K_a * a_5 * F_d \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

T (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América por estaciones de abonado móviles y fijas activadas en el sistema.

$K_a$  = Factor de ajuste por inflación.

$a_5$  = Coeficiente de valoración del espectro por estaciones de abonado móviles y fijas para el Servicio Fijo y Móvil (multiacceso) (De acuerdo a la tabla 2, anexo 4).

$F_d$  = Factor de capacidad (De acuerdo al Servicio Fijo y Móvil (multiacceso), refiérase a las tablas 3 hasta la 8, anexo 4).

El factor de capacidad ( $F_d$ ) aplicable a cada servicio en función del número de estaciones radioeléctricas de abonado móviles y fijas habilitadas en el sistema, se especifica en las tablas 3 a 8, anexo 4.

**Artículo 14.-** Para el servicio fijo, en la modalidad enlaces punto-multipunto (multiacceso), todas las frecuencias de enlace entre las distintas estaciones deben ser las mismas y podrán llegar a un máximo de dos frecuencias. Para el pago, se considera todas las estaciones fijas, inclusive la estación central fija.

Para el caso del servicio móvil (multiacceso) (servicio de telefonía móvil celular, servicio móvil avanzado, sistema buscapersonas bidireccional, sistema troncalizado y otros que determine el CONATEL), se considera como estación de abonado móvil y fija a cualquier estación que use las frecuencias esenciales. No se considera a las estaciones de base en el valor de N.

**Artículo 15.-** Para el servicio móvil (multiacceso), prestado mediante un sistema troncalizado, se aplicará la ecuación 5 y la tabla correspondiente, considerando un mínimo de 50 estaciones de abonados móviles por cada par de frecuencias.

Para el sistema buscapersonas unidireccional y bidireccional, se aplicará la ecuación 5 y la tabla correspondiente, considerando un mínimo de 50 estaciones radioeléctricas de abonado móviles por cada estación repetidora.

**Artículo 16.-** El cálculo del componente de la tarifa por estaciones radioeléctricas de abonado móviles y fijas se realizará por cada banda de frecuencias otorgada en el título habilitante, en forma independiente. El valor total de este componente será la suma de las tarifas individuales que resulten por cada banda de frecuencia asignada al concesionario.

**Artículo 17.-** Los concesionarios del servicio fijo y móvil (multiacceso), deberán informar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, dentro de los cinco primeros días hábiles de cada mes, el número total de estaciones (estaciones de base, estaciones centrales fijas, estaciones de abonado móviles y estaciones de abonado fijas) activadas en el sistema en su zona de concesión, por banda de frecuencia, hasta el último día del mes inmediatamente anterior a la presentación.

**Artículo 18.-** Los enlaces punto-punto que se utilicen para el transporte de señales a las estaciones centrales fijas del servicio fijo punto-multipunto (multiacceso) y WLL o a las estaciones de base del servicio móvil (multiacceso); así como los enlaces punto-punto empleados en los sistemas que operan en simulcast, se considerarán por separado, aplicando para tal efecto el artículo 9 del presente reglamento.

## **De las estaciones que utilizan frecuencias en bandas de espectro ensanchado**

**Artículo 19.-** Los sistemas de espectro ensanchado de gran alcance (utilizando salto de frecuencia, secuencia directa u otras técnicas de modulación digital en las bandas que el CONATEL determine, pagarán una tarifa por uso de frecuencias por anticipado, por un período de un año, según la ecuación 6:

$$T_A(\text{US\$}) = K_a * a_6 * B_6 * B * NTE \quad (\text{Ec.6})$$

Donde:

$T_A$  (US\$) = Tarifa anual en dólares de los Estados Unidos de América.

$K_a$  = Factor de ajuste por inflación.

$a_6$  = Coeficiente de Valoración del Espectro para los sistemas de espectro ensanchado (De acuerdo a la tabla 1, anexo 5).

$B_6$  = Coeficiente de corrección para los sistemas de espectro ensanchado.

$B$  = Constante de servicio para los sistemas de espectro ensanchado (De acuerdo a la tabla 2, anexo 5).

$NTE$  = Es el número total de estaciones fijas, de base, móviles y estaciones receptoras de triangulación, de acuerdo al sistema.

El valor del coeficiente  $a_6$  se detalla en la tabla 1, anexo 5 y el valor de la constante  $B$  para los sistemas de espectro ensanchado se detalla en la tabla 2, anexo 5.

Del servicio de radioaficionados

**Artículo 20.-** Los títulos habilitantes que amparen el Servicio de Radioaficionados Novatos, generales, en tránsito e internacionales, pagarán una tarifa única, por el tiempo de duración del título habilitante, de acuerdo al siguiente detalle: US\$ 5 para los radioaficionados novatos, US\$ 10 para los radioaficionados generales, US\$ 10 para los radioaficionados en tránsito y US\$ 20 para los radioaficionados internacionales, por el otorgamiento o renovación del título. La tarifa del servicio de radioaficionados es independiente de las bandas y transmisores; y se pagará por anticipado previo a la entrega de la credencial de operación. Los radioaficionados que instalen repetidoras o estaciones satelitales deberán registrarse, con los requisitos correspondientes, en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, en un plazo no mayor a 30 días posteriores a la instalación del sistema.

Del servicio de banda ciudadana

**Artículo 21.-** Los títulos habilitantes del servicio de banda ciudadana, pagarán una tarifa única, por el tiempo de duración del título habilitante, de US\$ 10, por el otorgamiento o renovación del permiso, el pago se realizará por anticipado.

Del servicio fijo por satélite

**Artículo 22.-** El cálculo de la tarifa mensual por estación terrena para la prestación del servicio fijo por satélite, por cada portadora se determina de acuerdo con la ecuación 7:

$$T(\text{US\$}) = K_a * a_7 * B_7 * A * F_s \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

$T$  (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por estación terrena.

$K_a$  = Factor de ajuste por inflación.

$a_7$  = Coeficiente de valoración del espectro del servicio fijo por satélite (De acuerdo a la tabla 1, anexo 6).

$B_7$  = Coeficiente de corrección para el servicio fijo por satélite.

$F_s$  = Factor del servicio fijo por satélite (De acuerdo a la tabla 2, anexo 6).

$A$  = Anchura de banda del bloque de frecuencias asignado en kHz.

El coeficiente de valoración del espectro  $a_7$  a aplicarse para el servicio fijo por satélite, para el correspondiente ancho de banda de la portadora asignada a la estación terrena, se detalla en la tabla 1, anexo 6.

### Del servicio móvil por satélite

**Artículo 23.-** El cálculo de la tarifa mensual por estaciones radioeléctricas de abonado móviles y fijas activadas en el servicio móvil por satélite, se determina de acuerdo con la ecuación 8:

$$T(\text{US\$}) = K_a * a_8 * B_s * F_d \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

$T$  (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América por estaciones de abonado móviles y fijas activadas en el sistema.

$K_a$  = Factor de ajuste por inflación.

$a_8$  = Coeficiente de valoración del espectro por estaciones de abonado móviles y fijas para el servicio móvil por satélite (De acuerdo a la tabla 3, anexo 6).

$B_s$  = Coeficiente de corrección para la tarifa por estaciones de abonado móviles y fijas.

$F_d$  = Factor de capacidad (De acuerdo al servicio móvil por satélite, refiérase a la tabla 4, anexo 6).

De las tarifas para frecuencias de uso reservado

**Artículo 24.-** Los servicios fijo y móvil prestados mediante sistemas de radiocomunicaciones que hacen uso de frecuencias con carácter de reservado, tales como las de uso institucional de las Fuerzas Armadas y la Policía Nacional, pagarán una tarifa mensual equivalente al 1% del valor que resulte de aplicar las ecuaciones y tablas pertinentes señaladas en el presente reglamento y proporcional al tiempo de duración del contrato.

### **De las tarifas por frecuencias de uso experimental y con fines de carácter social o humanitario.**

**Artículo 25.-** Los servicios fijo y móvil prestados mediante sistemas de radiocomunicaciones que hacen uso experimental de frecuencias (no comercial) pagarán una tarifa igual al 10% del valor que resulte de aplicar las ecuaciones y tablas del presente reglamento y proporcional al tiempo de duración del contrato. El primer pago por uso de frecuencias será por anticipado al momento de otorgar la concesión y será el equivalente a la tarifa de tres meses, previa aprobación del proyecto presentado, por parte del CONATEL.

**Artículo 26.-** Los servicios fijo y móvil prestados mediante sistemas de radiocomunicaciones con fines de carácter social o humanitario pagarán una tarifa por uso de frecuencias igual al 10% del valor que resulte de aplicar las ecuaciones y tablas del presente reglamento y proporcional al tiempo de duración del contrato.  
De las tarifas por uso temporal de frecuencias

**Artículo 27.-** La tarifa por uso temporal de frecuencias requerirá de un pago por anticipado equivalente a 10 veces el valor que resulte de aplicar las ecuaciones y tablas pertinentes del presente reglamento y tendrá una duración de hasta 90 días, renovables por una sola vez.

El coeficiente Bn para este tipo de autorizaciones será siempre igual a 1.

De las tarifas mínimas

**Artículo 28.-** La tarifa mínima mensual a pagar como resultado de aplicar las ecuaciones del Capítulo II, será de US\$ 5,00 por factura emitida, por concesionario.

### **CAPITULO III**

#### **DE LOS DERECHOS DE CONCESIÓN**

**Artículo 29.** Los derechos de concesión de frecuencias del espectro radioeléctrico serán los aprobados por CONATEL en base de los estudios respectivos elaborados por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, para cada servicio, banda de frecuencias y sistema a operar.

**Artículo 30.** Los derechos de concesión para los servicios y sistemas contemplados en el presente reglamento, y que requieran del respectivo título habilitante, será determinado de acuerdo a la ecuación 9.

$$D_c = T(\text{US\$}) * T_c * F_{cf} \quad (\text{Ec.9})$$

Donde:

T (US\$) = Tarifa mensual por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico en dólares de los Estados Unidos de América correspondiente al servicio y al sistema en consideración.

T<sub>c</sub> = Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse al respectivo servicio y sistema.

F<sub>cf</sub> = Factor de concesión de frecuencias (De acuerdo a la tabla 1, anexo 7).

D<sub>c</sub> = Derecho de concesión.

**Artículo 31.-** El CONATEL aprobará, en base de un estudio sustentado de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, los valores del factor de concesión de frecuencias (F<sub>cf</sub>) para cada Servicio y Sistema, de acuerdo a las bandas de frecuencias correspondientes y a las políticas de desarrollo del sector de las radiocomunicaciones que se determinen.

**Artículo 32.-** Los derechos de concesión para frecuencias de uso reservado, uso experimental y uso de carácter social y humanitario, pagarán el 10% del valor que resulte de aplicar la fórmula correspondiente y proporcional al tiempo de duración del contrato.

**Artículo 33.-** El concesionario tiene el plazo de un año contado a partir de la firma del contrato para poner en operación el sistema y firmar el acta de puesta en operación con la Superintendencia de Telecomunicaciones, caso contrario se le retirará la concesión, previo informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

## CAPITULO IV

### DEL COBRO, PAGO, MORA Y MULTAS EN EL PAGO DE LAS TARIFAS

#### Del cobro

**Artículo 34.-** Toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera, de derecho público o privado, que sea concesionaria de las frecuencias contempladas en el presente reglamento, está en la obligación de pagar las tarifas establecidas en este reglamento de conformidad con los procedimientos aprobados por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y la Superintendencia de Telecomunicaciones, cada una en el ámbito de su competencia.

**Artículo 35.-** Los derechos de concesión de frecuencias del espectro radioeléctrico contemplados en el presente reglamento deberán ser cancelados previo la firma del contrato de concesión respectivo.

**Artículo 36.-** Para el cobro de las tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico de que trata el presente reglamento, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones emitirá las facturas en forma mensual, a cada uno de los concesionarios, una vez que se hayan firmado los respectivos contratos. Los valores facturados corresponderán al valor de las tarifas más los impuestos de ley. Las facturas deberán ser canceladas en el plazo de quince días contados a partir de la emisión de las mismas, vencido este plazo el concesionario pagará el valor de las tarifas, los impuestos de ley y el interés causado por la mora.

#### Del pago

**Artículo 37.-** Los concesionarios del espectro radioeléctrico, deberán pagar los derechos de concesión y las facturas por uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico en las oficinas de recaudación de la matriz, en las direcciones regionales o en las instituciones financieras del sector público o privado que la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones determine. Los pagos se efectuarán en efectivo o cheque certificado a nombre de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones. La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones podrá determinar los procedimientos de pago de los derechos de concesión y las facturas por uso de frecuencias, reconocidos por las instituciones monetarias del país. El pago por uso de espectro radioeléctrico se lo hará a mes vencido a no ser que exista una disposición expresa al contrario.

**Artículo 38.-** El uso del espectro radioeléctrico se cobra por derechos de concesión de frecuencias y tarifas por su utilización en sistemas de radiocomunicaciones. La no utilización de las frecuencias concesionadas, no exime del pago de la tarifa correspondiente, en razón de que éstas están destinadas para uso exclusivo del beneficiario de acuerdo a las condiciones establecidas en el título habilitante.

#### De la mora en el pago

**Artículo 39.-** Para el cálculo de los intereses por mora, se aplicará la tasa señalada para todas las obligaciones en mora a favor de las instituciones del Estado, la misma que será aplicada de acuerdo al Código Tributario en vigencia a la fecha de pago.

**Artículo 40.-** Si los concesionarios no cancelaren facturas por más de 90 días (tres meses), la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones dará por terminado en forma anticipada y unilateral los contratos; y las frecuencias serán revertidas al Estado, sin perjuicio de la acción coactiva que se iniciará para cobrar lo adeudado.

**Artículo 41.-** La mora se extinguirá con el pago de la obligación, así como de los intereses devengados.

**Artículo 42.-** La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones efectuará devoluciones totales o parciales de los valores que se hubieren cobrado, mediante notas de crédito, de los valores que se hubieran cobrado, cuando por razones técnicas, legales o administrativas así se comprobare.

**Artículo 43.-** Para la presentación de cualquier trámite de concesión o renovación de frecuencias, los peticionarios no deberán mantener obligaciones pendientes de pago por ningún concepto en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y Superintendencia de Telecomunicaciones.

**Artículo 44.-** Las multas que impusiera la Superintendencia de Telecomunicaciones, deberán ser canceladas en dicha institución en un plazo de treinta días, contados a partir de la fecha de su notificación.

**Artículo 45.-** Para los nuevos servicios y sistemas de radiocomunicaciones, el CONATEL fijará los derechos por concesión, siempre que no existan procesos públicos competitivos o subastas públicas de frecuencias y las tarifas por el uso de las frecuencias radioeléctricas.

**Artículo 46.-** El CONATEL resolverá todas las dudas que surgieren por la aplicación del presente reglamento.

## DISPOSICIONES TRANSITORIAS

**Primera.** La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones aplicará las nuevas fórmulas y disposiciones del presente reglamento a los contratos de autorización y concesión de frecuencias vigentes, cuando los contratos así lo establezcan.

**Segunda.** En el informe técnico que forma parte de los contratos de concesiones o renovaciones vigentes, a la fecha de entrada en vigencia del presente Reglamento en que no se conozca la potencia, altura o las coordenadas geográficas de las estaciones que permita calcular la cobertura en el servicio móvil o la distancia en kilómetros de los enlaces punto a punto del servicio fijo, se utilizará para los fines de cálculo de las tarifas por uso de frecuencias los valores de la tabla 1, anexo 8.

**Tercera.** En ningún caso se aplicará la disposición transitoria segunda, a los nuevos concesionarios de frecuencias o a las renovaciones de concesiones.

**Cuarta.** La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones informará obligatoriamente al CONATEL en el plazo de seis meses a partir de la aprobación del presente reglamento, el resultado de la aplicación de este reglamento a fin de ajustar, de ser necesario el coeficiente an.

Este coeficiente será ajustado de acuerdo a la ocupación de las bandas del espectro radioeléctrico y al presupuesto aprobado del 2004 para los organismos de regulación, administración y control de las telecomunicaciones, conforme al artículo 37 de la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada.

**Quinta.** La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones presentará en 30 días a partir de la aprobación del presente reglamento, a consideración del CONATEL una tabla de coeficientes Bn para diferentes regiones del país.

**Sexta.** Los servicios fijo y móvil prestados mediante sistemas de radiocomunicaciones que hacen uso de frecuencias con carácter de reservado, tales como las de uso institucional de las Fuerzas Armadas y la Policía Nacional, pagarán una tarifa mensual equivalente al 1 por mil del valor que resulte de aplicar las ecuaciones y tablas pertinentes señaladas en el presente reglamento y proporcional al tiempo de duración del contrato, solo en el año 2004.

#### **DEROGATORIAS**

Derógase el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias, el que se aprobó mediante Resolución 14-005-CONATEL-96 y se encuentra publicado en el Registro Oficial 896 de 4 de marzo de 1996.

Derógase todas las resoluciones que opongán al presente reglamento.

#### **DISPOSICION FINAL**

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones el primer mes de cada año podrá poner a consideración del CONATEL una revisión del coeficiente Ka.

Esta resolución es de ejecución inmediata y el reglamento entrará en vigencia a partir del 1 de enero de 2004, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial.

Dado en Quito, 16 de diciembre de 2003.

f.) Ing. Sandino Torres Rites, Presidente del CONATEL (S).

f.) Dr. Julio Martínez-A., Secretario del CONATEL.

**ANEXO 1**  
**SERVICIO FIJO Y MOVIL EN BANDAS BAJO 30 MHz**

Banda de Frecuencias (MHz)	Coefficiente $\alpha$ , Servicios Fijos y M6vil en bandas Bajo 30 MHz
$0 < f \leq 30$ MHz	0.275

Tabla 1: Coeficiente de valoracion del espectro Servicios Fijo y M6vil en bandas bajo 30 MHz

No. de est.	$0 < H \leq 4$	$4 < H \leq 8$	$8 < H \leq 12$	$H > 12$
Tiempo (horas)				
$0 < h \leq 6$	3.697598	6.849223	9.534621	10.724391
$6 < h \leq 10$	6.163329	11.415372	15.890668	17.873985
$10 < h \leq 14$	8.628661	15.961621	22.247216	25.023580
$14 < h \leq 18$	11.093993	20.547670	28.603562	32.173174
$H > 18$	12.326659	22.830744	31.781736	35.747971

Tabla 2: Valores de  $F_1$  en funcion del No. de estaciones y del tiempo de uso

**ANEXO 2**  
**SERVICIO FIJO Y MOVIL EN BANDAS ENTRE 30 Y 960 MHz**

Banda de Frecuencias (MHz)	Coefficiente $\alpha$ , Comunales de Explotaci6n, M6viles Privados
$30 < f \leq 300$ MHz	0.736521808
$300 < f \leq 512$ MHz	2.602532416
$514 < f \leq 960$ MHz	-

Tabla 1: Coeficiente de valoracion del espectro para la banda entre 30 y 960 MHz

Altura efectiva (m)	$0 < H \leq 400$	$400 < H \leq 600$	$600 < H \leq 800$	$H > 800$
Potencia (W)				
$0 < P \leq 10$	0.307152	0.451022	0.593715	0.664762
$10 < P \leq 15$	0.450728	0.676534	0.890572	0.997143
$15 < P \leq 20$	0.614304	0.902045	1.187429	1.329524
$20 < P \leq 25$	0.767880	1.127556	1.484287	1.661905
$25 < P \leq 30$	0.921456	1.353067	1.781144	1.994286
$P > 30$	1.076032	1.578579	2.078001	2.326667

Tabla 2: Valores de  $F_p$  en la Banda 137 – 300 MHz (G=6dB)

Altura efectiva (m)	$0 < H \leq 400$	$400 < H \leq 600$	$600 < H \leq 800$	$H > 800$
Potencia (W)				
$0 < P \leq 10$	0.612849	0.899908	1.184617	1.326374
$10 < P \leq 15$	0.919273	1.349862	1.776925	1.989562
$15 < P \leq 20$	1.225697	1.799816	2.369233	2.652749
$20 < P \leq 25$	1.532122	2.249770	2.961541	3.315936
$25 < P \leq 30$	1.838546	2.699724	3.553859	3.979123
$P > 30$	2.144971	3.149679	4.146158	4.642310

Tabla 3: Valores de  $F_p$  en la Banda 137 – 300 MHz (G=9dB)

Altura efectiva (m)	$0 < H \leq 400$	$400 < H \leq 600$	$600 < H \leq 800$	$H > 800$
Potencia (W)				
$0 < P \leq 15$	0.102656	0.150741	0.198431	0.222177
$15 < P \leq 20$	0.136875	0.200988	0.264575	0.296236
$20 < P \leq 25$	0.171094	0.251235	0.330719	0.370295
$25 < P \leq 30$	0.205313	0.301482	0.396663	0.444354
$30 < P \leq 35$	0.239531	0.351728	0.463007	0.518412
$> 35$	0.273750	0.401975	0.529150	0.592471

Tabla 4: Valores de  $F_p$  en la Banda 300 – 512 MHz (G=6dB)

Altura efectiva (m)	$0 < H_e \leq 400$	$400 < H_e \leq 600$	$600 < H_e \leq 800$	$H_e > 800$
Potencia (W)				
$0 < P \leq 15$	0.204826	0.300767	0.395923	0.443301
$15 < P \leq 20$	0.273102	0.401023	0.527697	0.591058
$20 < P \leq 25$	0.341377	0.501279	0.659871	0.738835
$25 < P \leq 30$	0.409653	0.601535	0.791845	0.886602
$30 < P \leq 35$	0.477928	0.701791	0.923520	1.034369
$> 35$	0.546203	0.802046	1.055792	1.182136

Tabla 5: Valores de  $F_p$  en la Banda 300 – 512 MHz ( $G=9dB$ )

### ANEXO 3 SERVICIO FIJO ENLACES PUNTO - PUNTO

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Distancia máxima aplicable. Km.	Distancia mínima aplicable. Km.
0 GHz $< f \leq$ 1 GHz	70	30
1 GHz $< f \leq$ 5 GHz	50	15
5 GHz $< f \leq$ 10 GHz	30	12
10 GHz $< f \leq$ 15 GHz	25	9
15 GHz $< f \leq$ 20 GHz	20	8
20 GHz $< f \leq$ 25 GHz	15	6
$f > 25$ GHz	10	5

Tabla 1: Distancias máximas aplicables para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto-punto.

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Coefficiente de valoración del espectro $\alpha_f$
0 GHz $< f \leq$ 1 GHz	0.0615313
1 GHz $< f \leq$ 5 GHz	0.0323876
5 GHz $< f \leq$ 10 GHz	0.0237509
10 GHz $< f \leq$ 15 GHz	0.0215917
15 GHz $< f \leq$ 20 GHz	0.0194325
20 GHz $< f \leq$ 25 GHz	0.0183529
$f > 25$ GHz	0.0172734

Tabla 2: Coeficiente de valoración del espectro aplicable para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto-punto.

### ANEXO 4 SERVICIO FIJO Y MÓVIL (MULTIACCESO)

Banda de Frecuencias	137 MHz – 300 MHz	300 MHz – 512 MHz	614 MHz – 960 MHz	1427 MHz – 2690 MHz	2690 MHz – 10 GHz	10 GHz – 30 GHz
Distancia	50 Km	25 Km	16,5 Km	11,5 Km	8 Km	5 Km
Servicios						
Fijo (Punto-Multipunto)	0.0438384	0.0193761	0.0460182	0.0133210	0.0185687	0.0879998
Buscapersonas Unidireccional	0.1179400	0.2734603	0.5371800	---	---	---
Buscapersonas Bidireccional	---	---	0.5371800	---	---	---
Fijo (Punto-Multipunto) WLL	---	---	---	---	0.0781436	---
Telefonía Móvil Celular	---	---	0.0896406	---	---	---
Toncalizado de Despacho	---	0.4503584	1.0140200	---	---	---
Servicio Móvil Avanzado	---	---	---	0.119400	---	---

Tabla 1: Coeficiente de valoración del espectro  $\alpha_f$  y Radio de cobertura de la estación base o fija, para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso)

Banda de Frecuencias	137 MHz – 300 MHz	300 MHz – 512 MHz	614 MHz – 960 MHz	1427 MHz – 2690 MHz	2690 MHz – 10 GHz	10 GHz – 30 GHz
Servicios						
Fijo (Punto-Multipunto)	1	1	1	1	1	1
Buscapersonas Unidireccional	1	1	1	---	---	---
Buscapersonas Bidireccional	---	---	1	---	---	---
Fijo (Punto-Multipunto) WLL	---	---	---	---	1	---
Telefonía Móvil Celular	---	---	1	---	---	---
Toncalizado de Despacho	---	1	1	---	---	---
Servicio Móvil Avanzado	---	---	---	1	---	---

Tabla 2: Coeficiente de valoración del espectro  $\alpha_f$  por Estaciones de Abonado Móviles y Fijas para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso)

Tramo	Factor de capacidad (F <sub>d</sub> )
N=3	3
N=4	6
N=5	10
N=6	12
N=7	14
N=8	16
N=9	17
N=10	18
N>10	19

Tabla 3: Servicio Fijo Enlaces Punto – Multipunto (Multiaceso)

Tramo	Factor de capacidad (F <sub>d</sub> )
0<N<=25000	3939
25000<N<=50000	7878
50000<N<=75000	11817
75000<N<=100000	15755
100000<N<=125000	19694
125000<N<=150000	23633
150000<N<=175000	27572
175000<N<=200000	29935
200000<N<=250000	36237
250000<N<=300000	42539
300000<N<=350000	47581
350000<N<=400000	52623
400000<N<=450000	57665
450000<N<=500000	61898
500000<N<=550000	65731
550000<N<=600000	69765
600000<N<=650000	72991
650000<N<=700000	76218
700000<N<=750000	79445
750000<N<=800000	82026
800000<N<=850000	84508
850000<N<=900000	87189
900000<N<=1000000	91319
1000000<N<=1100000	95232
1100000<N<=1200000	98908
1200000<N<=1350000	103951
1350000<N<=1550000	109777
1550000<N<=1800000	115672
1800000<N<=2050000	120195
2050000<N<=2300000	123530
2300000<N<=2500000	125631
>2500000	126000

Tabla 5: Servicio Móvil (Telefonía Móvil Celular, Servicio Móvil Avanzado)

Tramo	Factor de capacidad (F <sub>d</sub> )
0<N<=100	31
100<N<=200	62
200<N<=300	93
300<N<=400	123
400<N<=500	156
500<N<=1000	264
1000<N<=1500	401
1500<N<=2000	532
2000<N<=2500	663
2500<N<=3000	794
3000<N<=3500	925
3500<N<=4000	1056
4000<N<=4500	1187
4500<N<=5000	1318
5000<N<=6000	1489
6000<N<=7000	1698
7000<N<=8000	1908
8000<N<=9000	2118
9000<N<=10000	2327
10000<N<=12500	2642
12500<N<=15000	3057
15000<N<=17500	3438
17500<N<=20000	3774
20000<N<=22500	4076
22500<N<=25000	4344
25000<N<=27500	4585
27500<N<=30000	4800
30000<N<=32500	4989
32500<N<=35000	5128
35000<N<=37500	5238
37500<N<=40000	5323
40000<N<=42500	5389
42500<N<=45000	5440
45000<N<=47500	5479
47500<N<=50000	5509
N>50000	5531

Tabla 4: Servicio Fijo Punto – Multipunto (WLL)

Tramo	Factor de capacidad (F <sub>1</sub> )
0 < N ≤ 500	109
500 < N ≤ 1000	218
1000 < N ≤ 1500	305
1500 < N ≤ 2000	392
2000 < N ≤ 2500	479
2500 < N ≤ 3000	566
3000 < N ≤ 3500	653
3500 < N ≤ 4000	705
4000 < N ≤ 4500	775
4500 < N ≤ 5000	844
5000 < N ≤ 6000	983
6000 < N ≤ 7000	1095
7000 < N ≤ 8000	1305
8000 < N ≤ 9000	1318
9000 < N ≤ 10000	1407
10000 < N ≤ 12500	1621
12500 < N ≤ 15000	1799
N > 15000	1941

Tabla 6: Servicio Móvil (Sistema Troncalizado)

Tramo	Factor de capacidad (F <sub>1</sub> )
0 < N ≤ 50	14
60 < N ≤ 100	20
100 < N ≤ 150	27
150 < N ≤ 200	34
200 < N ≤ 300	47
300 < N ≤ 400	61
400 < N ≤ 500	74
500 < N ≤ 600	89
600 < N ≤ 700	101
700 < N ≤ 800	115
800 < N ≤ 900	128
900 < N ≤ 1000	141
1000 < N ≤ 1250	166
1250 < N ≤ 1500	195
1500 < N ≤ 1750	222
1750 < N ≤ 2000	249
2000 < N ≤ 2250	276
2250 < N ≤ 2500	303
2500 < N ≤ 2750	330
2750 < N ≤ 3000	357
3000 < N ≤ 3500	411
3500 < N ≤ 4000	464
4000 < N ≤ 4500	507
4500 < N ≤ 5000	551
5000 < N ≤ 5500	594
5500 < N ≤ 6000	637
6000 < N ≤ 6500	680
6500 < N ≤ 7000	723
7000 < N ≤ 7500	766
7500 < N ≤ 8000	809
8000 < N ≤ 8500	843
8500 < N ≤ 9000	878
9000 < N ≤ 9500	912
9500 < N ≤ 10000	947
N > 10000	1016

Tabla 7: Servicio Móvil (Sistema Buscapersonas Bidireccional)

Tramo	Factor de capacidad (F <sub>1</sub> )
0 < N ≤ 50	7
50 < N ≤ 100	13
100 < N ≤ 150	20
150 < N ≤ 200	27
200 < N ≤ 300	40
300 < N ≤ 400	54
400 < N ≤ 500	67
500 < N ≤ 600	81
600 < N ≤ 700	94
700 < N ≤ 800	108
800 < N ≤ 900	121
900 < N ≤ 1000	135
1000 < N ≤ 1250	161
1250 < N ≤ 1500	188
1500 < N ≤ 1750	215
1750 < N ≤ 2000	242
2000 < N ≤ 2250	269
2250 < N ≤ 2500	296
2500 < N ≤ 2750	323
2750 < N ≤ 3000	350
3000 < N ≤ 3500	404
3500 < N ≤ 4000	458
4000 < N ≤ 4500	501
4500 < N ≤ 5000	544
5000 < N ≤ 5500	587
5500 < N ≤ 6000	630
6000 < N ≤ 6500	673
6500 < N ≤ 7000	716
7000 < N ≤ 7500	759
7500 < N ≤ 8000	802
8000 < N ≤ 8500	845
8500 < N ≤ 9000	871
9000 < N ≤ 9500	905
9500 < N ≤ 10000	940
10000 < N ≤ 11000	1009
11000 < N ≤ 12000	1078
12000 < N ≤ 13000	1133
13000 < N ≤ 14000	1188
14000 < N ≤ 15000	1243
15000 < N ≤ 17500	1364
17500 < N ≤ 20000	1474
N > 20000	1553

Tabla 8: Servicio Móvil (Sistema Buscapersonas Unidireccional)

## ANEXO 5 SISTEMAS QUE OPERAN EN BANDAS DE ESPECTRO ENSANCHADO

Valor de $\alpha_1$	Sistema
6.40	Espectro Ensanchado

Tabla 1: Coeficiente de valoración del espectro  $\alpha_1$  para sistemas que operen en bandas de Espectro Ensanchado.

Valor de B	Sistema
12	Sistemas punto-punto y punto-multipunto

Tabla 2: Valor de la constante B para los sistemas que operen en bandas de Espectro Ensanchado.

## ANEXO 6 SERVICIO FIJO Y MOVIL POR SATELITE

Anchura de banda (A) kHz	Coefficiente de Valoración del espectro $\alpha_2$
$0 < A \leq 100$	0.0297138
$100 < A \leq 500$	0.0276668
$500 < A \leq 1000$	0.0269386
$A > 1000$	0.0259740

Tabla 1: Coeficiente de valoración del espectro  $\alpha_2$  para el Servicio Fijo por Satélite

Valor $F_3$	Servicio
3.50	Fijo por Satélite

Tabla 2: Factor del Servicio Fijo por Satélite

Servicio	Coefficiente de Valoración del espectro $\alpha_3$
Móvil por Satélite	1

Tabla 3: Coeficiente de valoración del espectro  $\alpha_3$  para el Servicio Móvil por Satélite

Tramo	Factor de capacidad (F <sub>4</sub> )
$0 < N \leq 25$	123
$25 < N \leq 50$	230
$50 < N \leq 75$	297
$75 < N \leq 100$	353
$100 < N \leq 125$	399
$125 < N \leq 150$	439
$150 < N \leq 175$	471
$175 < N \leq 200$	495
$N > 200$	512

Tabla 4: Servicio Móvil por Satélite

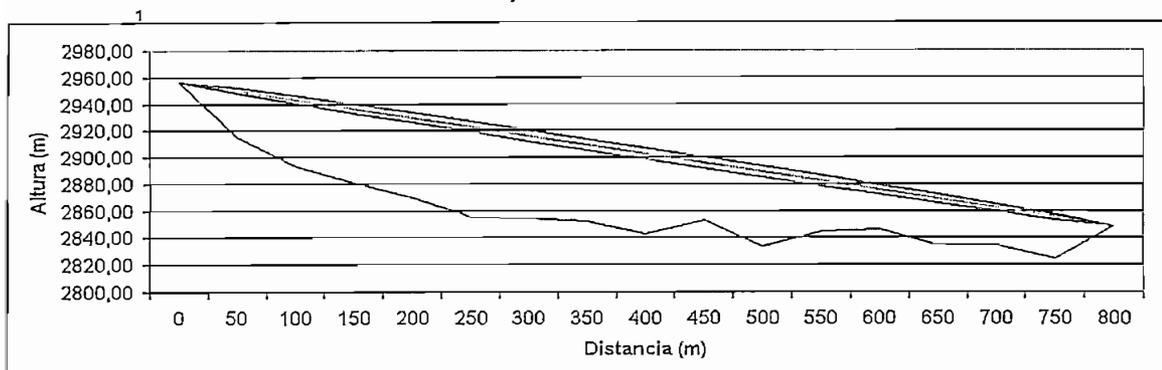
## ANEXO 7 VALOR DE CONCESION

Servicio	Factor de Concesión de Frecuencias
Fijo y Móvil – (Bajo 30 MHz)	0.021024
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz VHF 138-174 MHz)	0.022120
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz UHF 300-512 MHz)	0.028500
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional VHF 137 – 300 MHz)	0.0070618
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 300 – 512 MHz)	0.0071968
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 614 – 950 MHz)	0.00710696
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Bidireccional UHF 614 – 950 MHz)	0.00710696
Fijo y Móvil – (Sistema Troncalizado UHF 400 MHz)	1.0220959
Fijo y Móvil – (Sistema Troncalizado UHF 800 MHz)	1.0298468
Fijo (Enlaces punto-punto bajo 1 GHz)	0.054194
Fijo (Enlaces punto-punto 1-5 GHz)	0.0330652
Fijo (Enlaces punto-punto 5-10 GHz)	0.0312929
Fijo (Enlaces punto-punto 10-15 GHz)	0.0295317
Fijo (Enlaces punto-punto 15-20 GHz)	0.0294794
Fijo (Enlaces punto-punto 20-25 GHz)	0.0290454
Fijo (Enlaces punto-punto >25 GHz)	0.0290191

Tabla 1: Factor de Concesión de Frecuencias para los diferentes Servicios en las diferentes Bandas

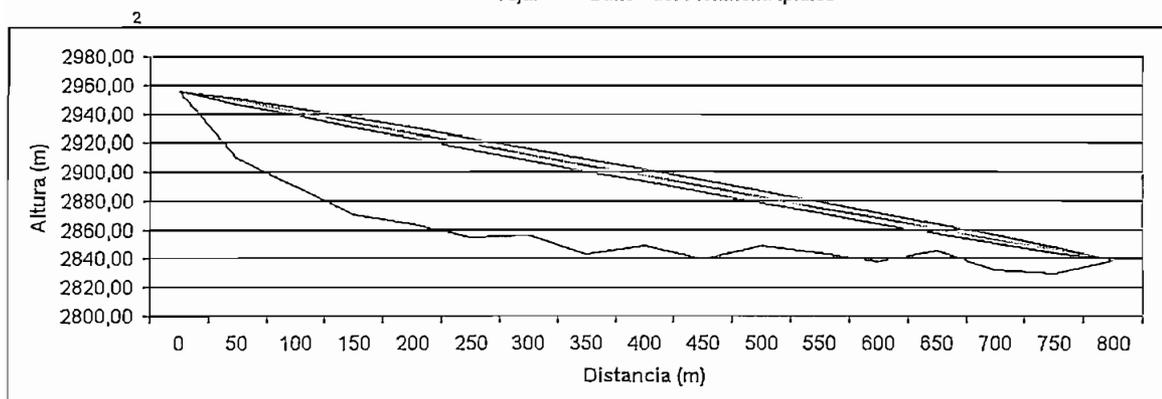
**ANEXO # 2**  
**GRÁFICOS DE LÍNEAS DE VISTA**

## Tejar - Austro San Francisco



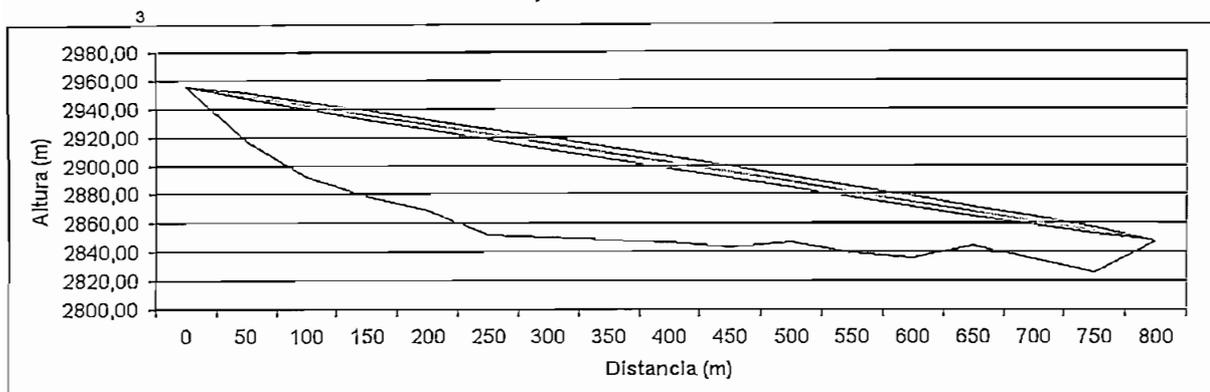
Tejar		Longitud trayecto		Austro San Francisco	
Latitud	0 0,0 S		0,8	Latitud	0 0,0 S
Longitud	79 0,0 W	Perdidas de propagación	123,9	Longitud	79 0,0 W
Elevación	2956,8 m ASL	Señal recibida	-74,9	Elevación	2848,6 m ASL
Azimuth	130,1 grados	Margen de operación	6,1	Azimuth	310,1 grados
Antena CL	35,0 m	Disponibilidad	99,99989%	Antena CL	10,0 m
		%Obstruc 4/3	0,00%	%Obstruc 2/3	0,00%

## Tejar - Banco del Pichincha Ipiales



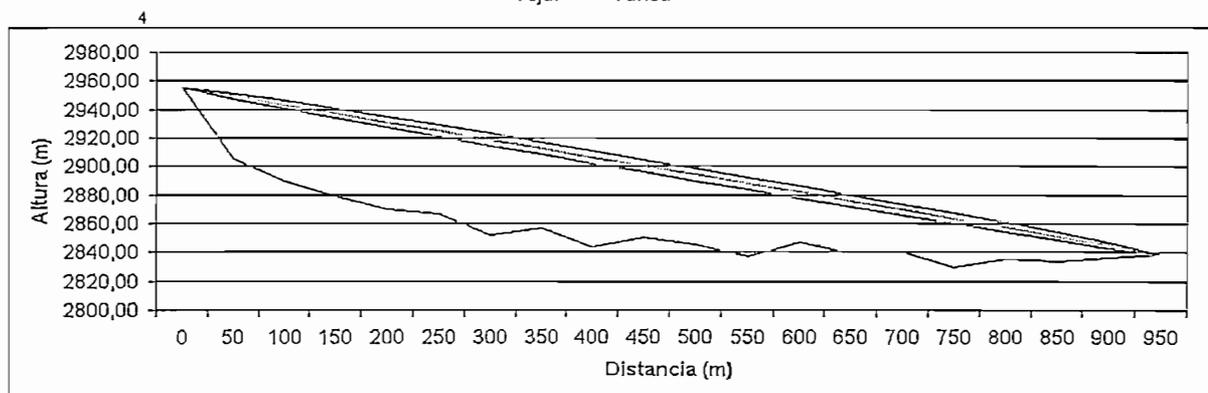
Tejar		Longitud trayecto		Banco del Pichincha Ipiales	
Latitud	0 0,0 S		0,6	Latitud	0 0,0 S
Longitud	79 0,0 W	Perdidas de propagación	121,3	Longitud	79 0,0 W
Elevación	2956,8 m ASL	Señal recibida	-72,3	Elevación	2838,6 m ASL
Azimuth	130,1 grados	Margen de operación	8,7	Azimuth	305,1 grados
Antena CL	35,0 m	Disponibilidad	99,99998%	Antena CL	10,0 m
		%Obstruc 4/3	0,00%	%Obstruc 2/3	0,00%

Tejar - Bco. Pichincha-San Francisco



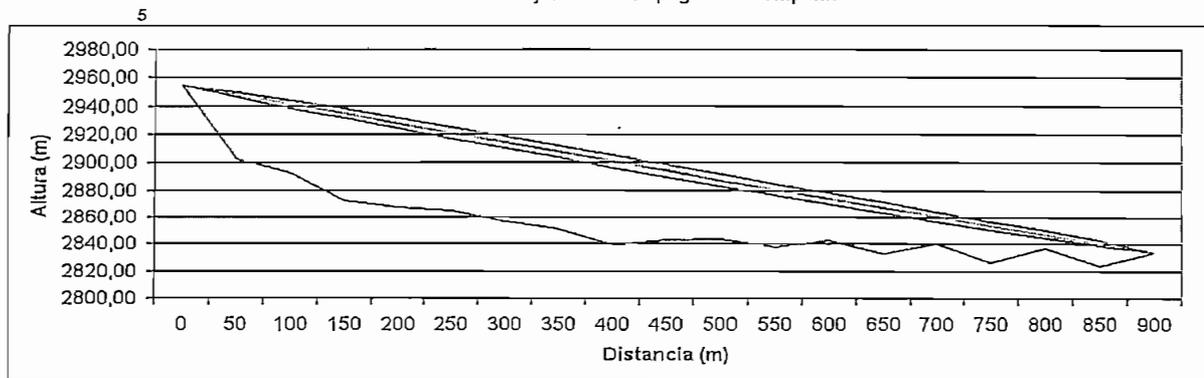
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	0,8	<b>Bco. Pichincha-San Francisco</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	124,2	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-75,2	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	5,8	<i>Elevación</i>	2847,9 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99987%	<i>Azimuth</i>	310,9 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Turisa



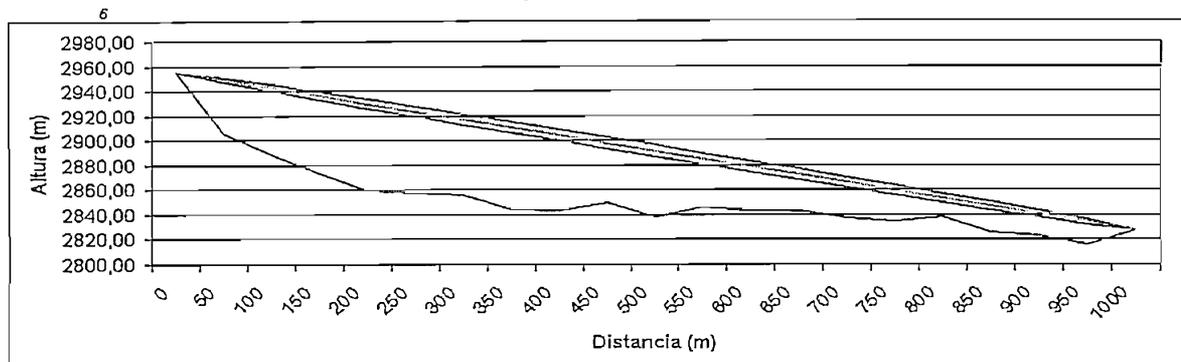
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	0,9	<b>Turisa</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	125,0	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-76,0	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	5,0	<i>Elevación</i>	2838,8 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99979%	<i>Azimuth</i>	314,8 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Servipagos La Compañía



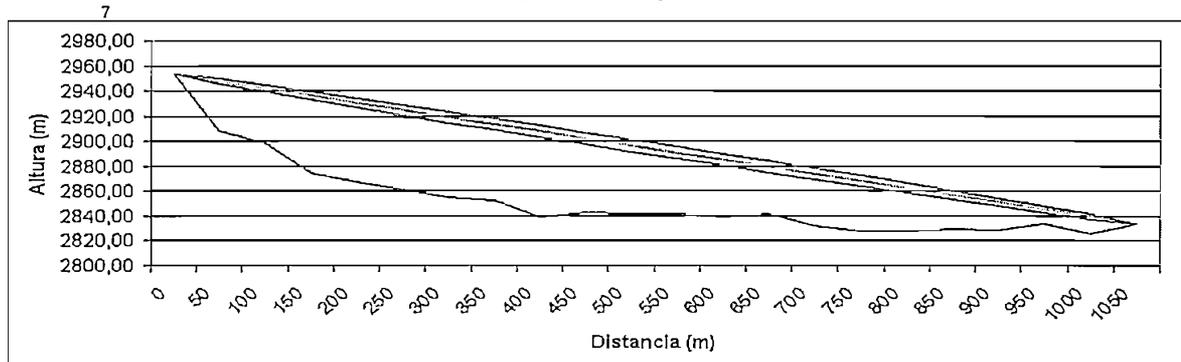
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	0,9	<b>Servipagos La Compañía</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	124,8	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-75,8	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	5,2	<i>Elevación</i>	2833,6 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99980%	<i>Azimuth</i>	309,8 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Etafashion Venezuela



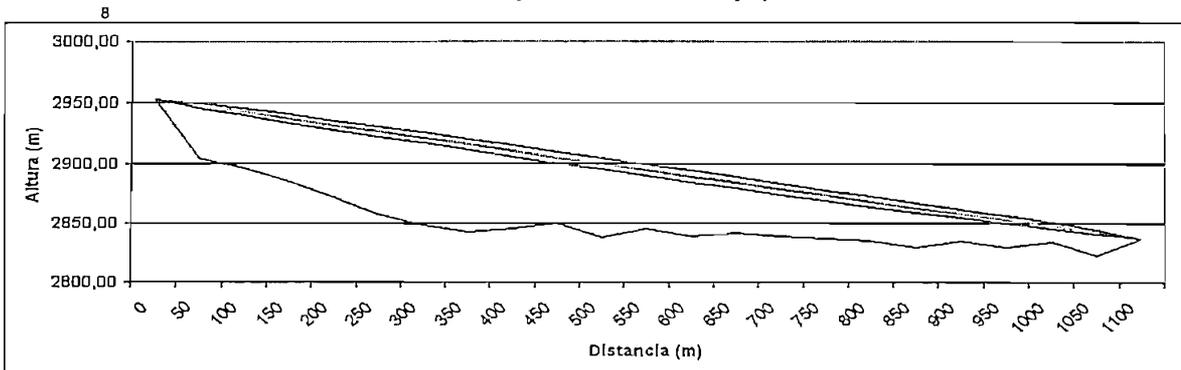
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,0	<b>Etafashion Venezuela</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	125,7	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-76,7	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	4,3	<i>Elevación</i>	2827,9 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99965%	<i>Azimuth</i>	311,3 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Municipio Internet



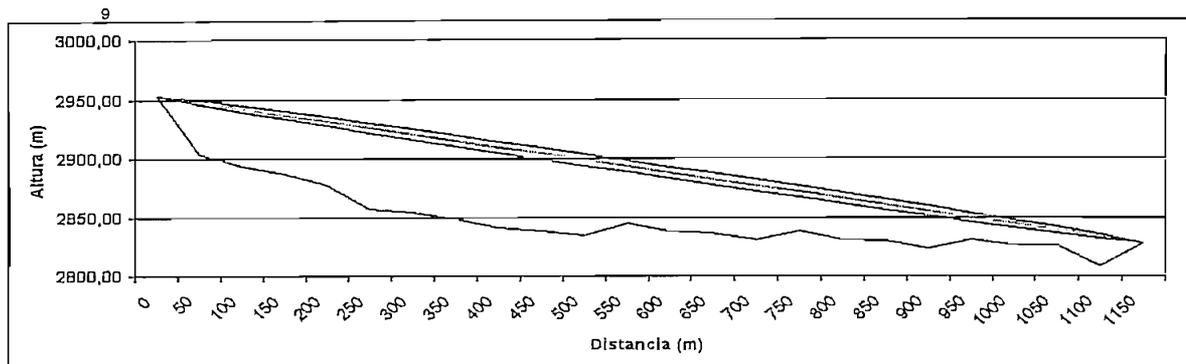
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,1	<b>Municipio Internet</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	126,7	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-77,7	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	3,3	<i>Elevación</i>	2834,0 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99932%	<i>Azimuth</i>	298,6 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Etafashion Guayaquil



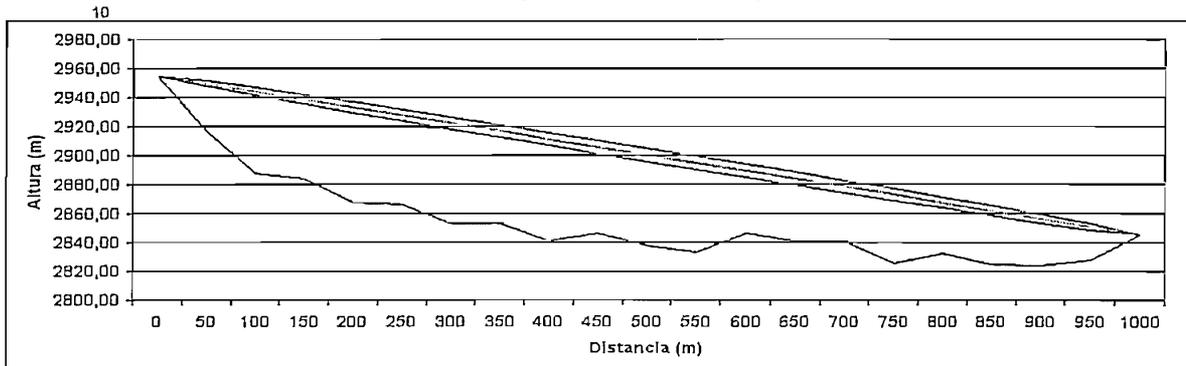
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,1	<b>Etafashion Guayaquil</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	126,6	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-77,6	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	3,4	<i>Elevación</i>	2836,7 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99935%	<i>Azimuth</i>	302,1 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Municipio Matriz



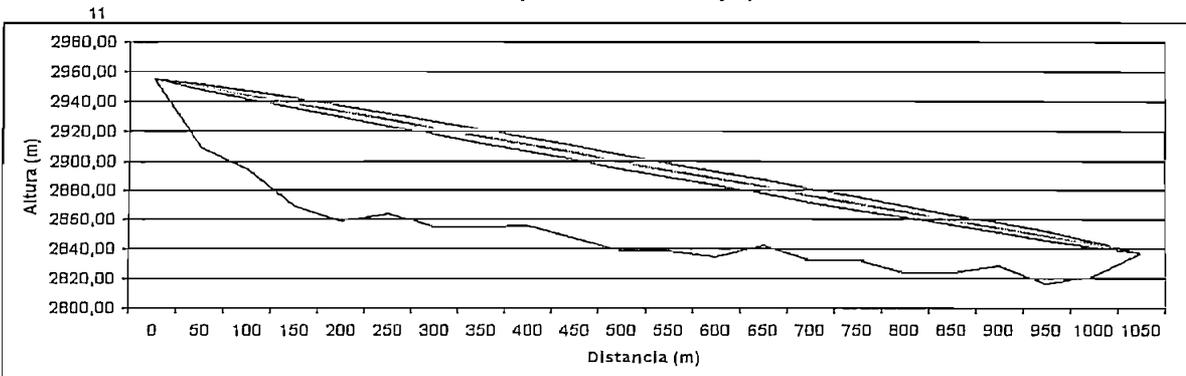
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,2	<b>Municipio Matriz</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	127,1	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-78,1	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	2,9	<i>Elevación</i>	2828,1 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99915%	<i>Azimuth</i>	298,1 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Bco. Pichincha Ag. Plaza Grande



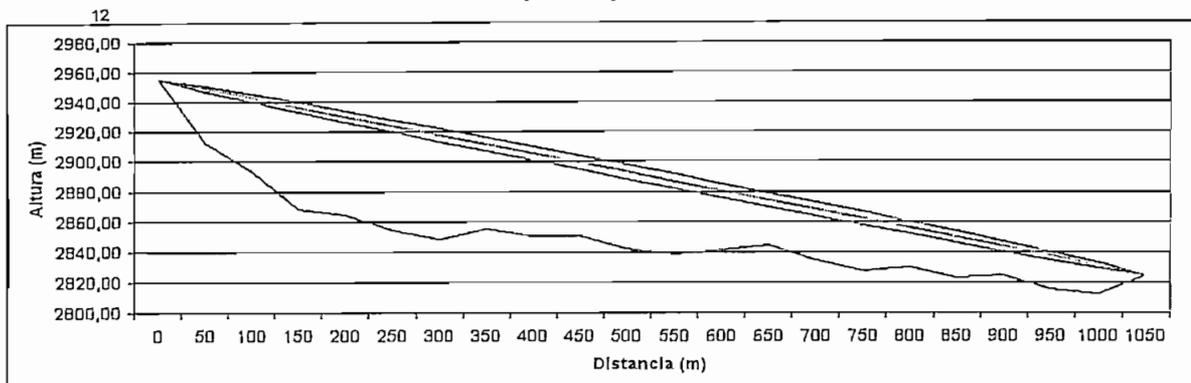
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,0	<b>Bco. Pichincha Ag. Plaza Grand</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	125,8	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-76,8	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	4,2	<i>Elevación</i>	2845,3 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99962%	<i>Azimuth</i>	299,3 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Artefacta Guayaquil



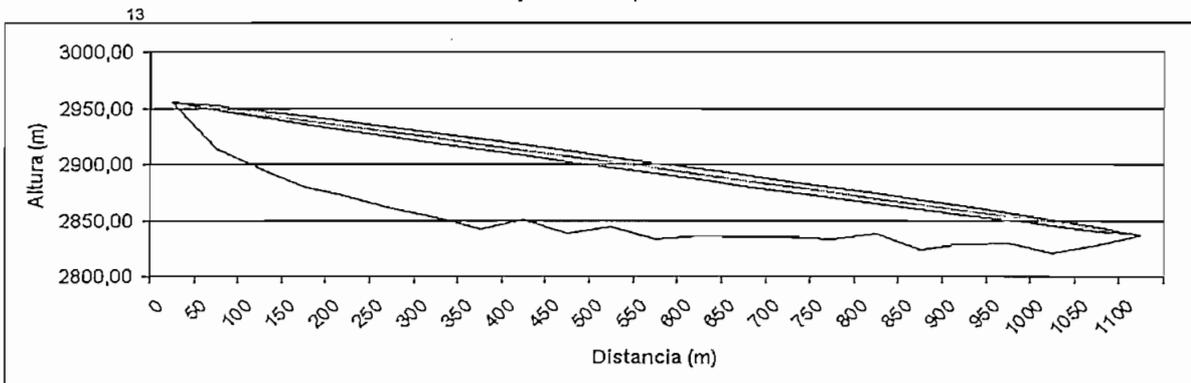
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,1	<b>Artefacta Guayaquil</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	126,9	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-77,9	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	3,1	<i>Elevación</i>	2837,4 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99923%	<i>Azimuth</i>	316,0 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Fybeca Bolívar



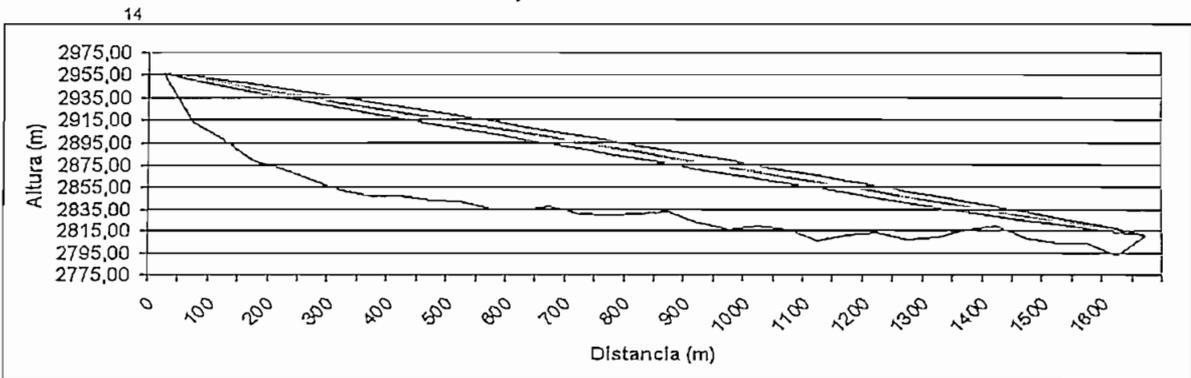
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,2	<b>Fybeca Bolívar</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	127,1	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-78,1	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2956,8 m ASL	<i>Margen de operación</i>	2,9	<i>Elevación</i>	2824,7 m ASL
<i>Azimuth</i>	130,1 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99911%	<i>Azimuth</i>	316,4 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Cooperativa Andalucía C.



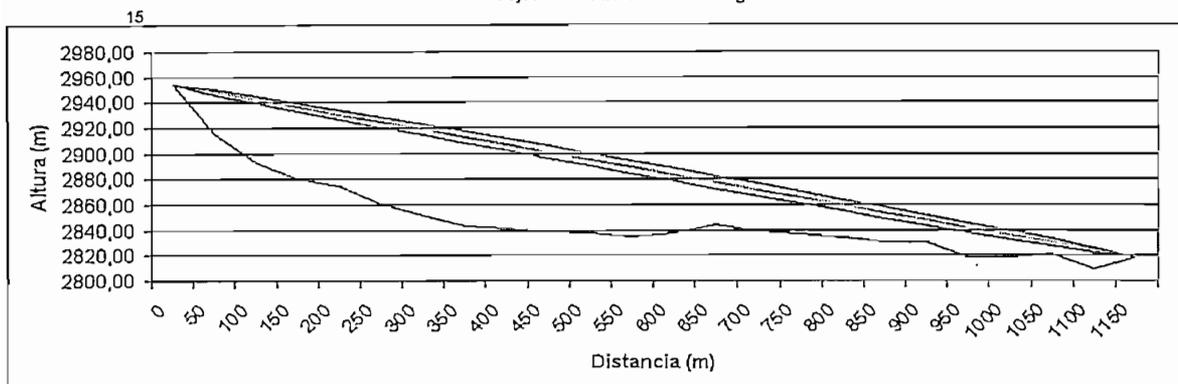
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,1	<b>Cooperativa Andalucía C.</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	126,7	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-77,7	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	3,3	<i>Elevación</i>	2837,3 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99930%	<i>Azimuth</i>	309,5 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Víctor Cañar. Café Net



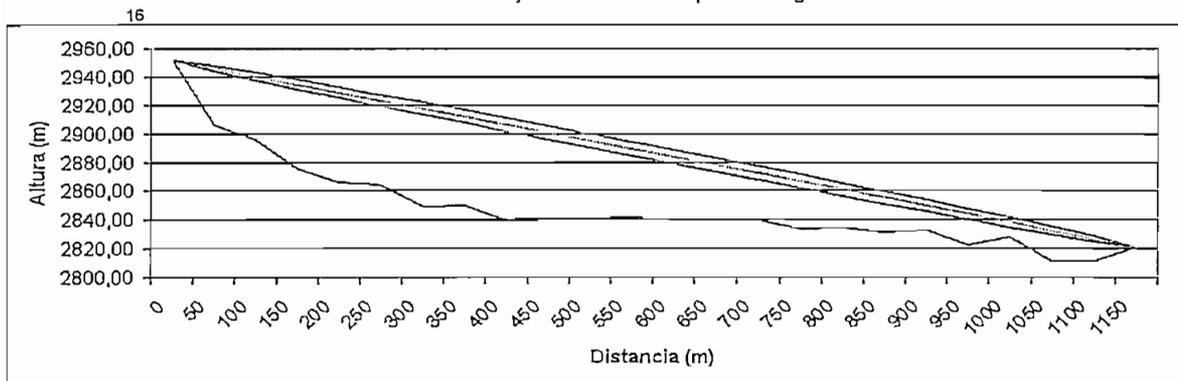
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,8	<b>Víctor Cañar. Café Net</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	130,8	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-81,8	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	-0,8	<i>Elevación</i>	2811,2 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99023%	<i>Azimuth</i>	311,8 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Artefacta San Agustín



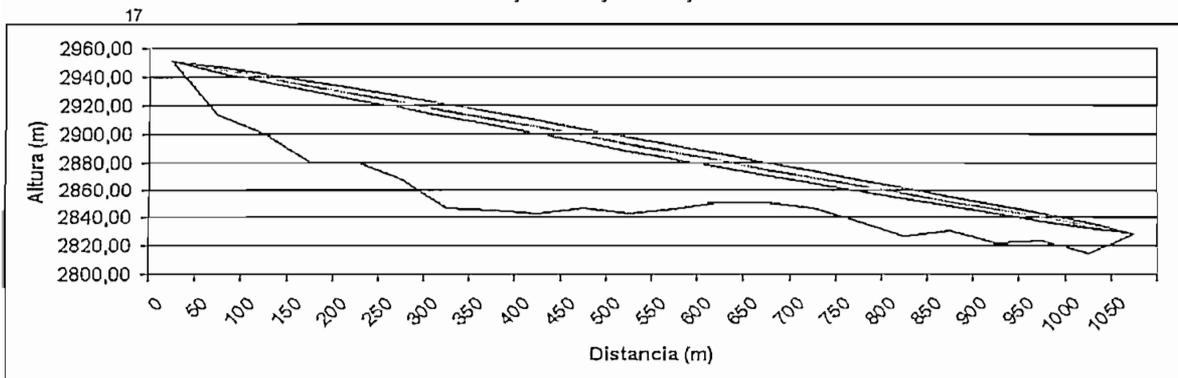
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,1	<b>Artefacta San Agustín</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	126,9	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-77,9	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	3,1	<i>Elevación</i>	2818,2 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99926%	<i>Azimuth</i>	295,7 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Marathon Sport San Agustín



<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,2	<b>Marathon Sport San Agustín</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	127,0	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-78,0	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	3,0	<i>Elevación</i>	2821,2 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99918%	<i>Azimuth</i>	296,0 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

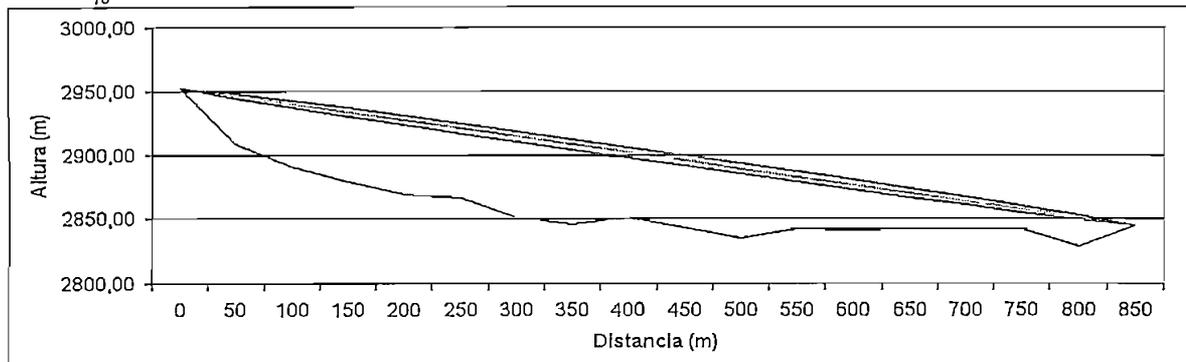
Tejar - Fybeca Mejía



<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,1	<b>Fybeca Mejía</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	126,3	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-77,3	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	3,7	<i>Elevación</i>	2828,3 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99949%	<i>Azimuth</i>	290,4 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Produbanco Centro

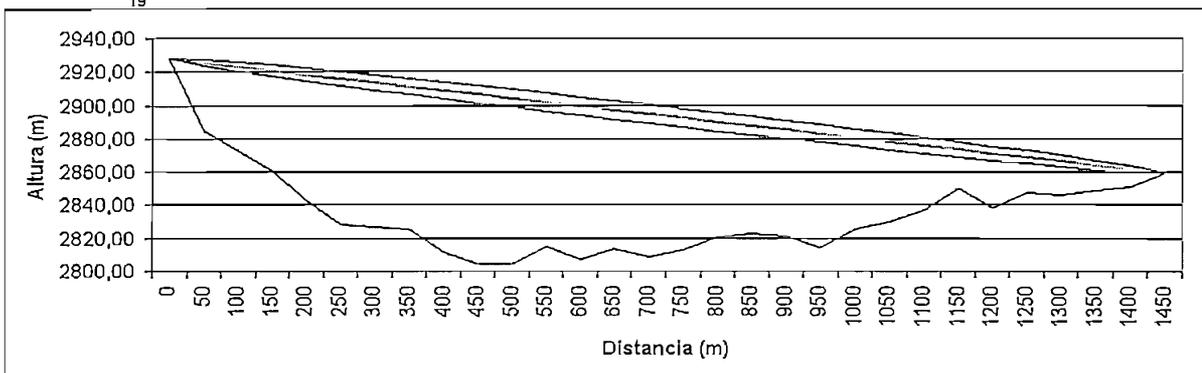
18



<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	0,9	<b>Produbanco Centro</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	124,9	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-75,9	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	5,1	<i>Elevación</i>	2844,8 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99979%	<i>Azimuth</i>	293,1 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tola - Rocatravel

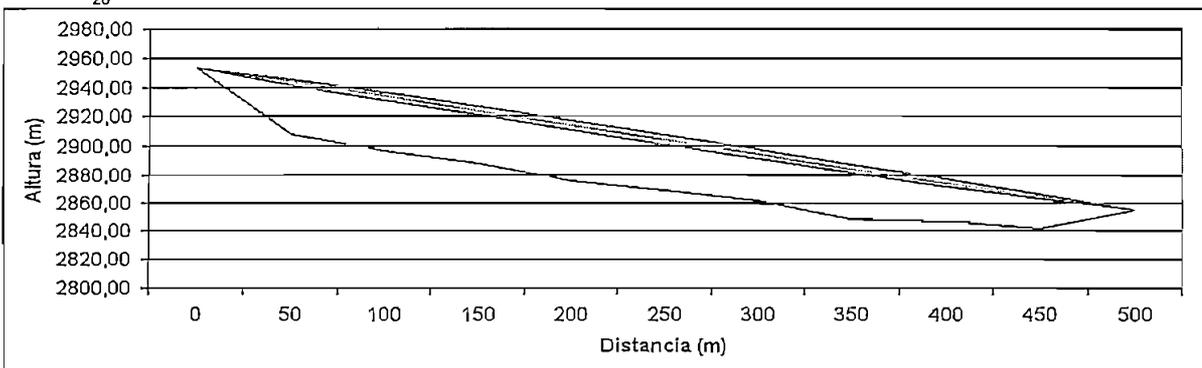
19



<b>Tola</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,4	<b>Rocatravel</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	128,6	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-79,6	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2927,9 m ASL	<i>Margen de operación</i>	1,4	<i>Elevación</i>	2859,2 m ASL
<i>Azimuth</i>	278,8 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99759%	<i>Azimuth</i>	98,8 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

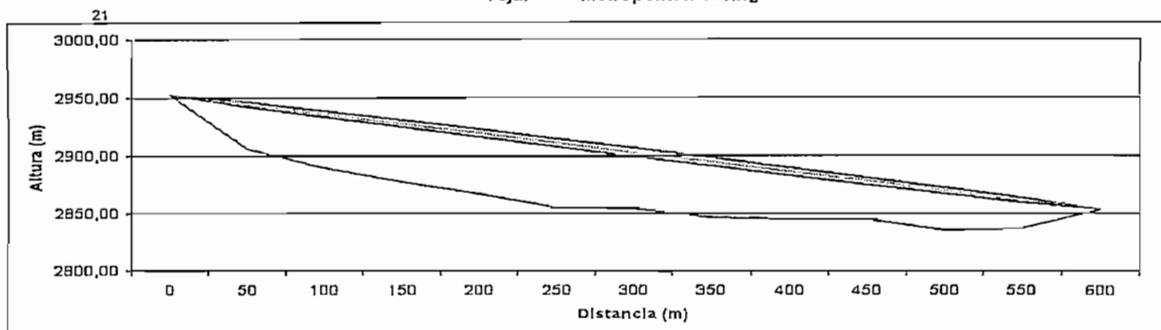
Tejar - Cooprogreso

20



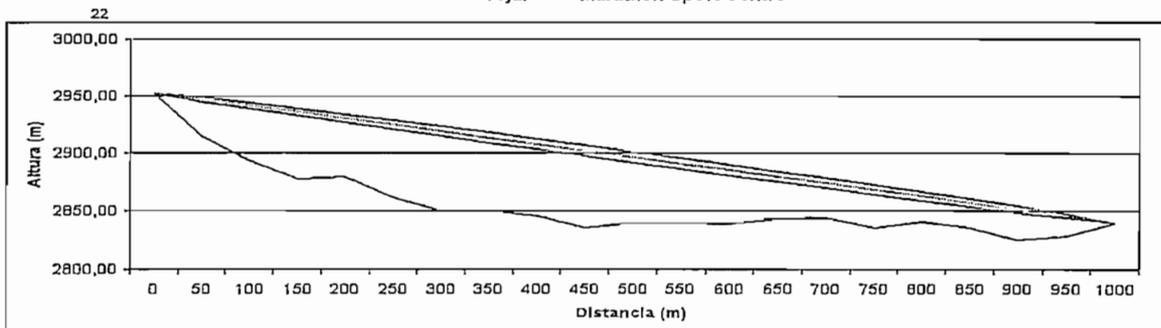
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	0,5	<b>Cooprogreso</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	119,8	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-70,8	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	10,2	<i>Elevación</i>	2854,7 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99999%	<i>Azimuth</i>	290,7 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Metropolitan Turing



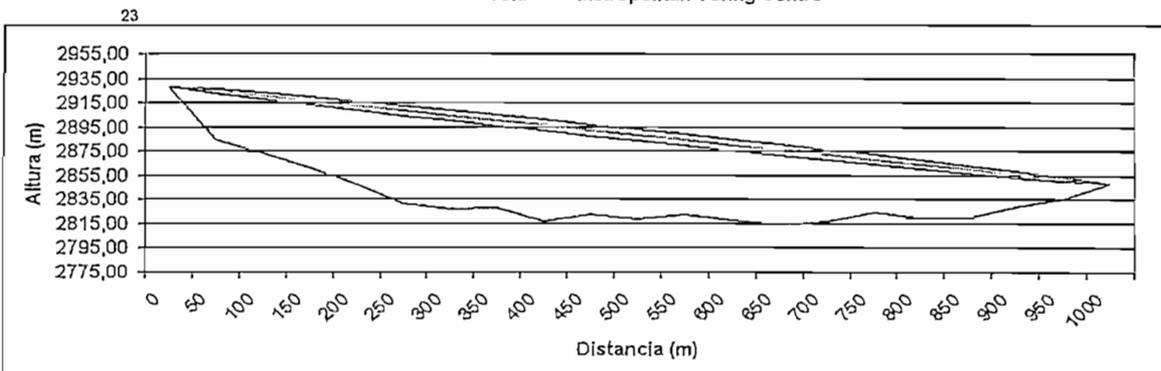
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	0,6	<b>Metropolitan Turing</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	121,1	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-72,1	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	8,9	<i>Elevación</i>	2853,3 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99998%	<i>Azimuth</i>	298,0 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Marathon Sport Centro



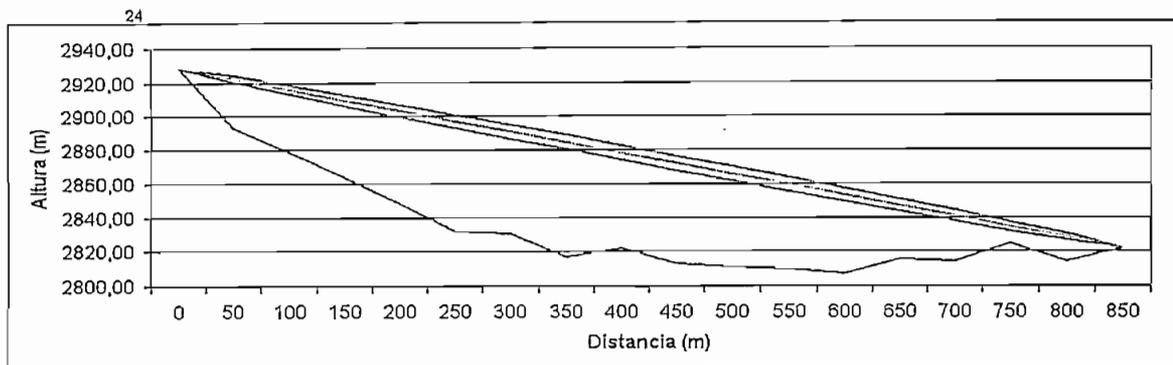
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,0	<b>Marathon Sport Centro</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	126,1	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-77,1	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	3,9	<i>Elevación</i>	2840,0 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99954%	<i>Azimuth</i>	295,7 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tola - Metropolitan Turing Centro



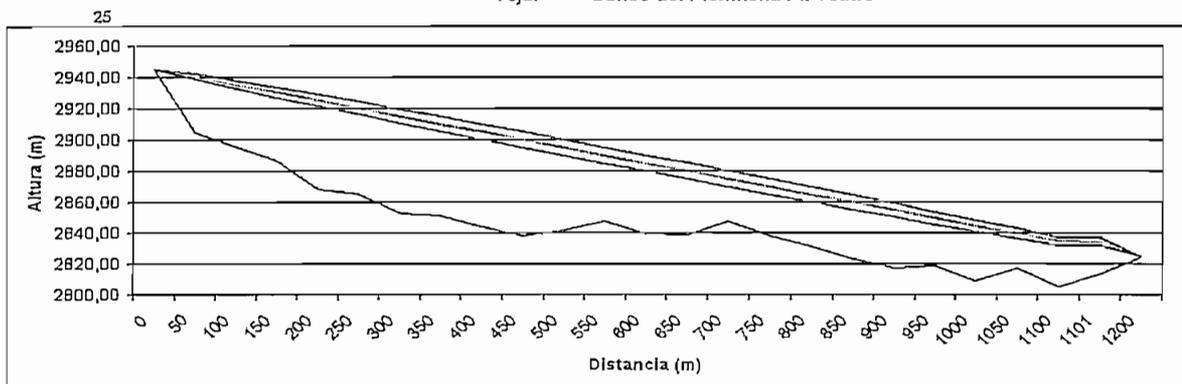
<b>Tola</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,0	<b>Metropolitan Turing Centro</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	125,3	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-76,3	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2927,9 m ASL	<i>Margen de operación</i>	4,7	<i>Elevación</i>	2847,9 m ASL
<i>Azimuth</i>	278,8 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99971%	<i>Azimuth</i>	96,9 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tola - Artefacta



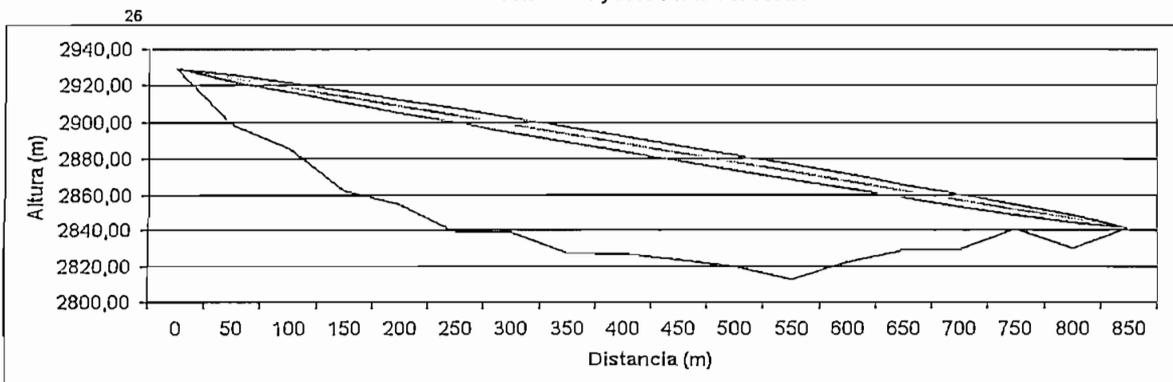
<b>Tola</b>		<i>Longitud trayecto</i>		0,7	<b>Artefacta</b>		
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>		123,0	<i>Latitud</i>	0 0,0 S	
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>		-74,0	<i>Longitud</i>	79 0,0 W	
<i>Elevación</i>	2927,9 m ASL	<i>Margen de operación</i>		7,0	<i>Elevación</i>	2822,2 m ASL	
<i>Azimuth</i>	278,8 grados	<i>Disponibilidad</i>		99,99994%	<i>Azimuth</i>	93,6 grados	
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Banco del Pichincha Pl. Teatro



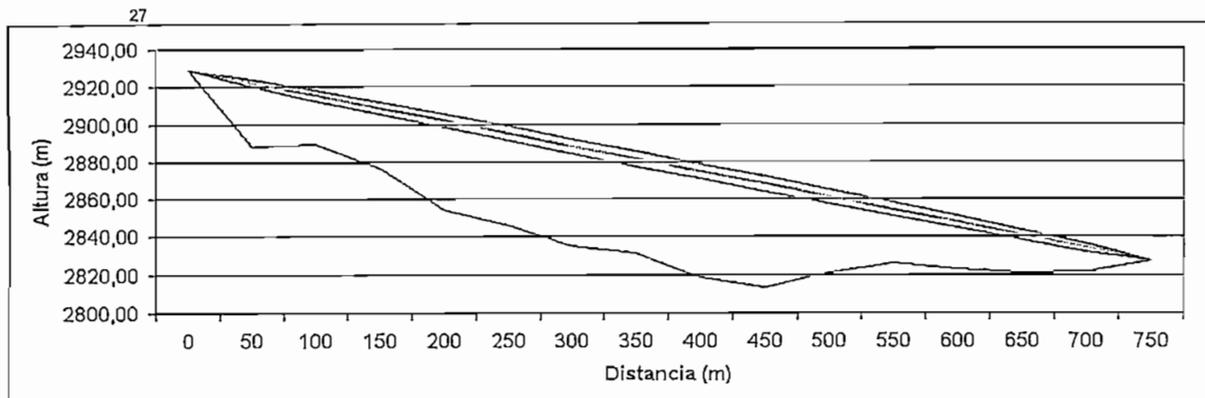
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>		1,2	<b>Banco del Pichincha Pl. Teatro</b>		
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>		127,5	<i>Latitud</i>	0 0,0 S	
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>		-78,5	<i>Longitud</i>	79 0,0 W	
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>		2,5	<i>Elevación</i>	2824,4 m ASL	
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>		99,99888%	<i>Azimuth</i>	283,7 grados	
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tola - Fybeca Plaza del Teatro



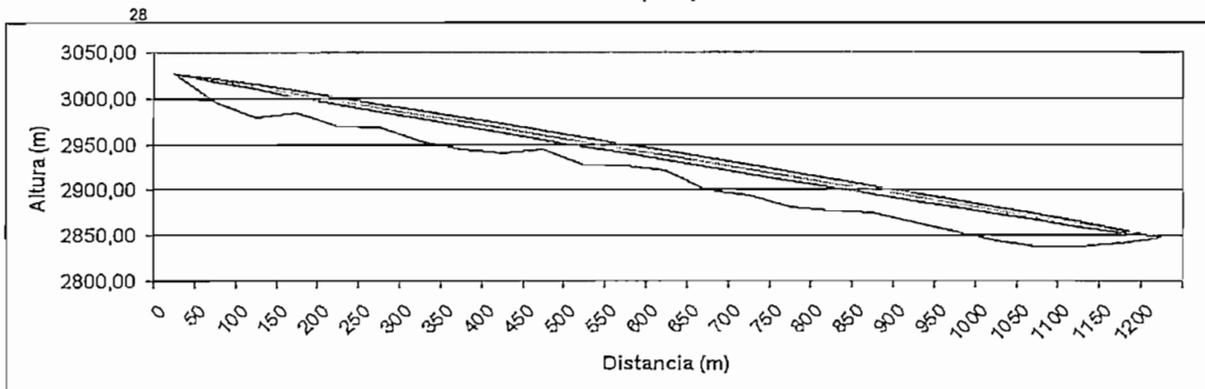
<b>Tola</b>		<i>Longitud trayecto</i>		0,7	<b>Fybeca Plaza del Teatro</b>		
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>		122,2	<i>Latitud</i>	0 0,0 S	
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>		-73,2	<i>Longitud</i>	79 0,0 W	
<i>Elevación</i>	2927,9 m ASL	<i>Margen de operación</i>		7,8	<i>Elevación</i>	2841,9 m ASL	
<i>Azimuth</i>	278,8 grados	<i>Disponibilidad</i>		99,99996%	<i>Azimuth</i>	106,0 grados	
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tola - Cámara de Comercio



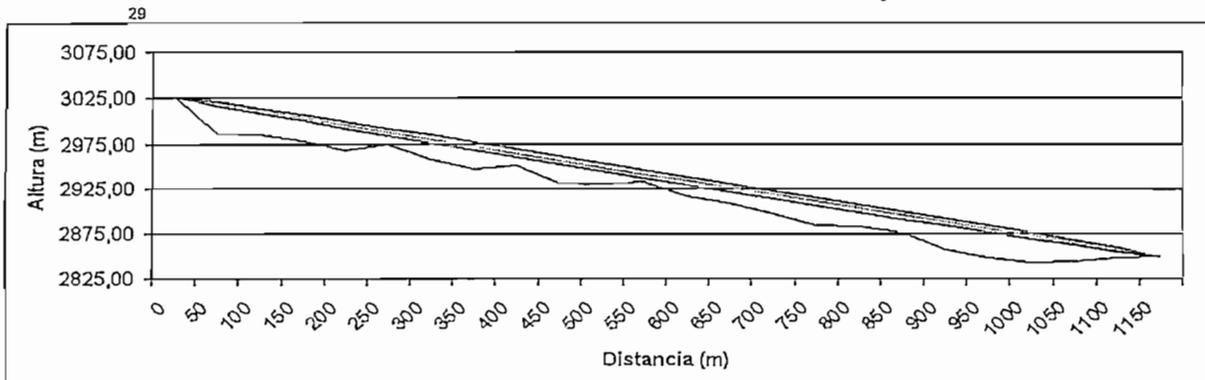
<b>Tola</b>		<i>Longitud trayecto</i>	0,6	<b>Cámara de Comercio</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	121,5	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-72,5	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2927,9 m ASL	<i>Margen de operación</i>	8,5	<i>Elevación</i>	2827,5 m ASL
<i>Azimuth</i>	278,8 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99998%	<i>Azimuth</i>	104,7 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

San Juan - Gespaviajes



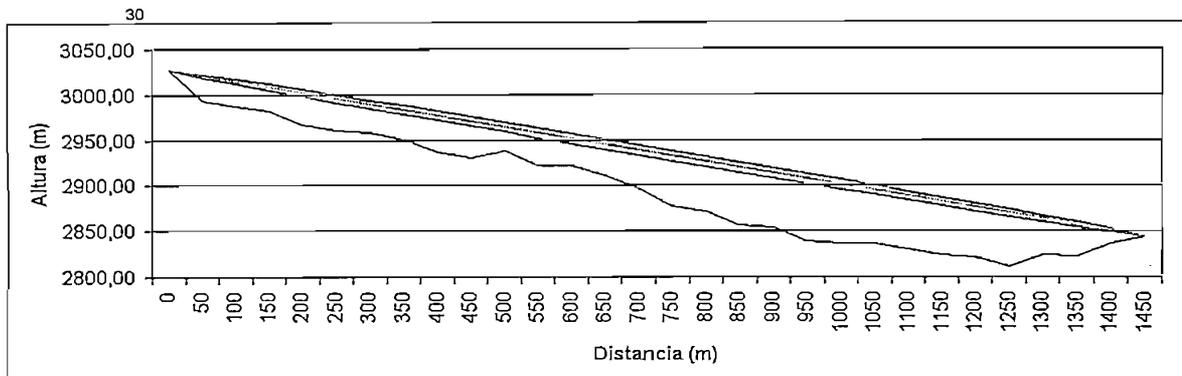
<b>San Juan</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,2	<b>Gespaviajes</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	127,4	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-78,4	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	3027,2 m ASL	<i>Margen de operación</i>	2,6	<i>Elevación</i>	2847,7 m ASL
<i>Azimuth</i>	114,8 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99899%	<i>Azimuth</i>	294,8 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

San Juan - Créditos Económicos Suc Mayor



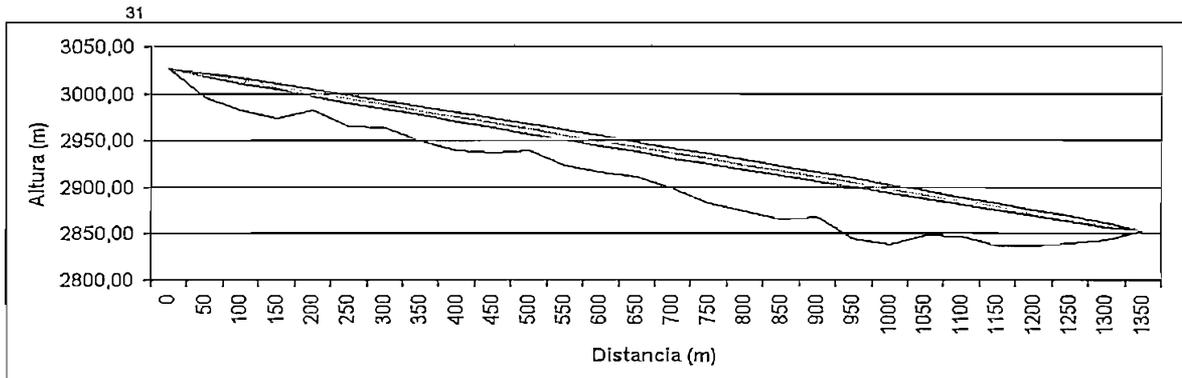
<b>San Juan</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,2	<b>réditos Económicos Suc Mayo</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	127,3	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-78,3	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	3027,2 m ASL	<i>Margen de operación</i>	2,7	<i>Elevación</i>	2849,5 m ASL
<i>Azimuth</i>	114,8 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99906%	<i>Azimuth</i>	298,0 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

San Juan - Banco Nacional del Fomento



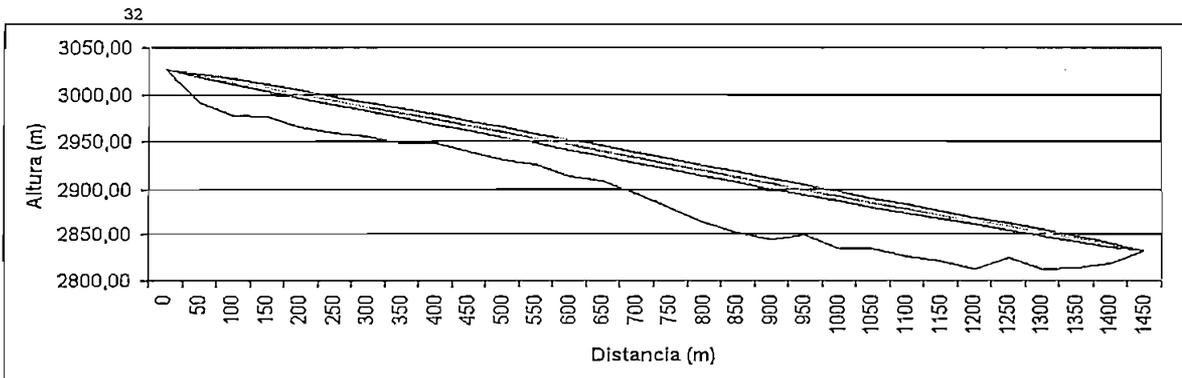
<b>San Juan</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,5	<b>Banco Nacional del Fomento</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	129,2	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-80,2	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	3027,2 m ASL	<i>Margen de operación</i>	0,8	<i>Elevación</i>	2844,6 m ASL
<i>Azimuth</i>	114,8 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99669%	<i>Azimuth</i>	285,5 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

San Juan - Banco Central del Ecuador



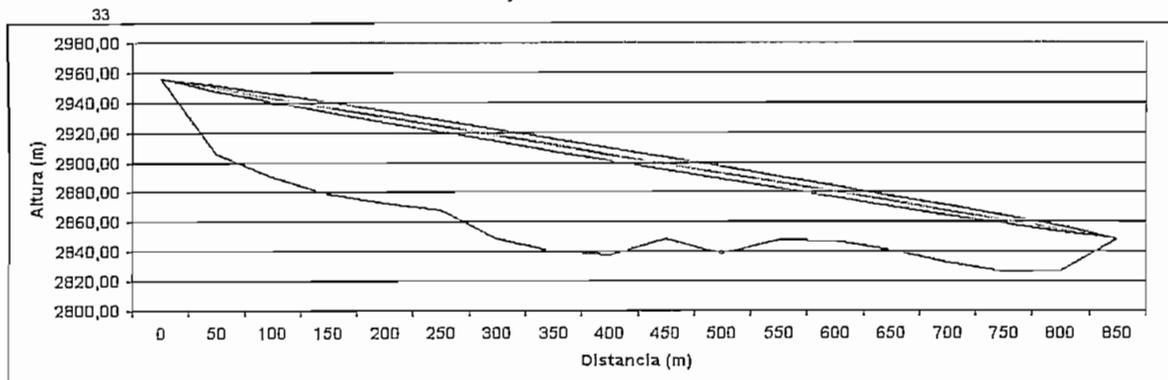
<b>San Juan</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,5	<b>Banco Central del Ecuador</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	129,0	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-80,0	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	3027,2 m ASL	<i>Margen de operación</i>	1,0	<i>Elevación</i>	2852,7 m ASL
<i>Azimuth</i>	114,8 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99702%	<i>Azimuth</i>	298,0 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

San Juan - Sana Sana Centro



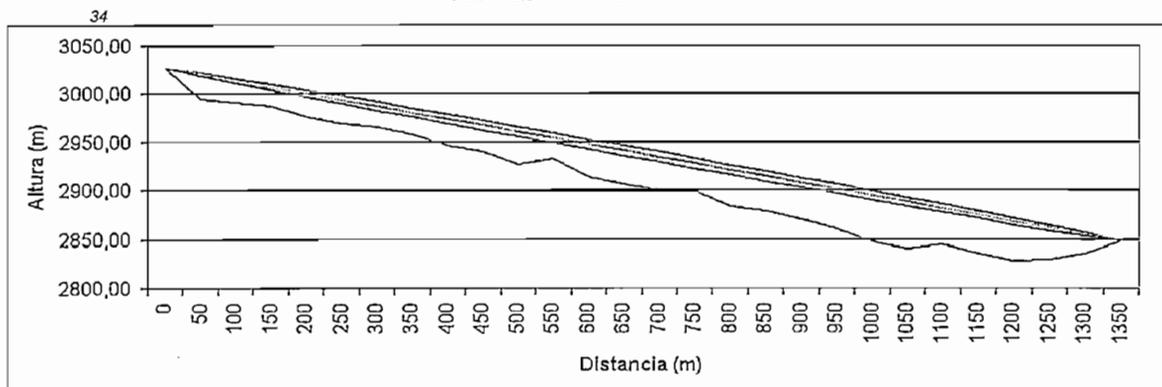
<b>San Juan</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,5	<b>Sana Sana Centro</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	129,2	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-80,2	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	3027,2 m ASL	<i>Margen de operación</i>	0,8	<i>Elevación</i>	2831,6 m ASL
<i>Azimuth</i>	114,8 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99669%	<i>Azimuth</i>	281,1 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
		<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%	<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Ministerio de Gobierno



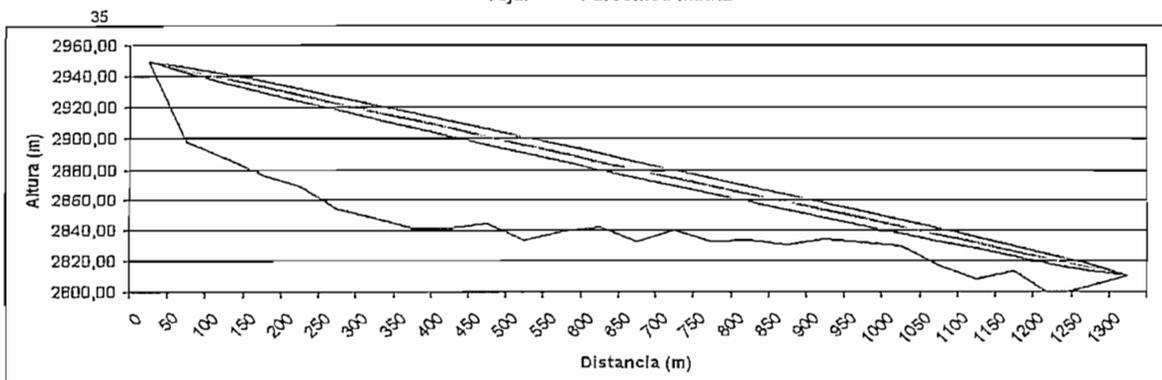
<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	0,8	<b>Ministerio de Gobierno</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	124,1	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-75,1	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	5,9	<i>Elevación</i>	2848,6 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99988%	<i>Azimuth</i>	301,1 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

San Juan - Créditos Económicos Sucursal



<b>San Juan</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,2	<b>Créditos Econ Suc.</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	127,6	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-78,6	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	3027,2 m ASL	<i>Margen de operación</i>	2,4	<i>Elevación</i>	2848,0 m ASL
<i>Azimuth</i>	114,8 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99888%	<i>Azimuth</i>	351,5 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

Tejar - Farcomed Matriz



<b>Tejar</b>		<i>Longitud trayecto</i>	1,5	<b>Farcomed Matriz</b>	
<i>Latitud</i>	0 0,0 S	<i>Perdidas de propagación</i>	129,5	<i>Latitud</i>	0 0,0 S
<i>Longitud</i>	79 0,0 W	<i>Señal recibida</i>	-80,5	<i>Longitud</i>	79 0,0 W
<i>Elevación</i>	2955,6 m ASL	<i>Margen de operación</i>	0,5	<i>Elevación</i>	2810,0 m ASL
<i>Azimuth</i>	129,5 grados	<i>Disponibilidad</i>	99,99581%	<i>Azimuth</i>	275,1 grados
<i>Antena CL</i>	35,0 m	<i>%Obstruc 4/3</i>	0,00%	<i>%Obstruc 2/3</i>	0,00%
				<i>Antena CL</i>	10,0 m

## Tsunami MP.11a Specifications

INTERFACE	
Ethernet Interface	Ethernet 10/100 Base-T (RJ-45)
Wired LAN protocol	IEEE 802.3 (CSMA/CD)
Wireless interface	Standard 802.11a/b/g

RADIO CHARACTERISTICS	
Frequency Channels	5.25-5.35 GHz: 4 channels; 5.47-5.725 GHz: 11 channels; 5.725-5.850 GHz: 5 channels
Channel Width	20 MHz
Modulation Technique	OFDM
Media Access Protocol	Wireless Outdoor Hourly Powering (WOLP)
Bit Error Rate (BER)	Better than 10 <sup>-5</sup>

OUTPUT POWER				
Output power @ S1-N connector (Channels)	54 Mbps	48 Mbps	36 Mbps	6-24 Mbps
5.25-5.35 GHz (52, 56 and 60)	14.5 dBm	15.5 dBm	17.5 dBm	17.5 dBm
5.25-5.35 GHz (64)	12.5 dBm	12.5 dBm	12.5 dBm	17.5 dBm
5.47-5.725 GHz (100, 104, 108, 112, 116, 120, 124, 128, 132, 136, 140)	14.5 dBm	15.5 dBm	17.5 dBm	17.5 dBm
5.725-5.850 GHz (149, 153, 157, 161)	13.5 dBm	15.5 dBm	17.5 dBm	17.5 dBm
5.725-5.850 GHz (165)	12.5 dBm	15.5 dBm	17.5 dBm	17.5 dBm

Receiver Sensitivity (10% PER with 3200 byte packets)	
Normal Mode (Sensitivity)	54 Mbps (-59 dBm); 48 Mbps (-73 dBm); 36 Mbps (-77 dBm); 24 Mbps (-81 dBm); 18 Mbps (-84 dBm); 12 Mbps (-86 dBm); 9 Mbps (-87 dBm); 6 Mbps (-88 dBm)
Receiver Sensitivity (FCC only)	
Turbo Mode (Sensitivity)	108 Mbps (-66 dBm); 96 Mbps (-70 dBm); 72 Mbps (-74 dBm); 48 Mbps (-78 dBm); 36 Mbps (-81 dBm); 24 Mbps (-83 dBm); 18 Mbps (-84 dBm); 12 Mbps (-85 dBm)

Available Transmit Power Setting - Steps (Output Power Reduction)	
Max (0 dB); One Half (-3 dB); One Quarter (-6 dB); One eighth (-9 dB); Minimum (-10 dB)	

PHYSICAL SPECIFICATIONS	
Dimensions	215 mm x 175 mm x 40 mm (8.46 in x 6.89 in x 1.57 in)
Weight	1080 g (2.38 lb)

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS	TEMPERATURE	HUMIDITY
Operating / Storage	0 - 55°C / -20 to 75°C	Max 95% relative humidity (non-condensing)

POWER SUPPLY
Wall unit, auto-ranging, 100V-240 VAC; 50/60 Hz; output 12V DC, 1.5A; Active Ethernet (Power Over Ethernet) - IEEE 802.3at compliant (not on TSU)

LEDs
3   Power, Ethernet LAN Activity, Wireless Activity

MANAGEMENT
SNMP MIB v2c compliant, TFTP and Telnet CLI

WARRANTY
12 months (parts and labor)

MTBF
50,000 hours

DISTANCE
5.725-5.850 GHz @ 1 Watt EIRP at both sides of the link: 108 Mbps (Turbo) - 4.2 miles (6.9 km); 54 Mbps - 6 miles (9.7 km); 36 Mbps (Turbo) - 13.5 miles (21.8 km); 24 Mbps - 9.6 miles (15.4 km); 12 Mbps (Turbo) - 21.5 miles (34.6 km); 12 Mbps - 24.6 miles (39.6 km)
Frequency band 5.47 - 5.725 GHz @ 1 Watt EIRP at both sides of the link: 54 Mbps - 1.3 miles (2.1 km); 12 Mbps - 6 miles (9.7 km); 36 Mbps - 2.4 miles (3.8 km)
Frequency band 5.25 - 5.35 GHz @ 200 mW EIRP at both sides of the link: 54 Mbps - 0.25 miles (400 m); 12 Mbps - 1.2 miles (1.9 km); 36 Mbps - 0.5 miles (750 m)

PRODUCT FAMILY/PRODUCT FAMILY
Tsunami MP.11a Base Station Unit   Tsunami MP.11a Residential Subscriber Unit
Tsunami MP.11a Subscriber Unit   Tsunami MP.11a Accessories (Antenna's cables, surge arrestors)

The distances referenced here are approximations and should be used for estimations only. Maximum ranges are based on a clearance of 10 meters, without any obstacles in the path of the antenna beam and using standard accessories, including antenna cable type (5m / 20 ft).

Predicting the performance of non-line-of-sight implementations is generally not possible. The non line-of-sight capabilities of this system improve coverage compared to systems without non line-of-sight capabilities.

Product is certified and available in the following geographies: USA, Canada, Europe, Australia, United Kingdom, Japan. To order, contact your nearest Proxim Value Added Reseller.

Proxim Corporation	tel: 800.229.1630
935 Stewart Drive	tel: 408.731.2700
Sunnyvale, California 94085	fax: 408.731.3675

**Proxim**  
WIRELESS NETWORKS  
Take your network further

© 2003 Proxim Corp. All rights reserved. Proxim is a registered trademark and the Proxim logo and Tsunami are trademarks of Proxim Corp. All other trademarks mentioned herein are property of their respective owners. Specifications are subject to change without notice.


**FULL DATA CIA LTDA.**

 Isla Pinzon N43-61 y Emilio Zola  
 Quito, Pichincha  
 Tel. (593)2 2440972 Fax (593)2 2451519

Proforma Nc 3477

**OFERTA**
**Cliente**

 Nombre Tatiana Pazmiño  
 Dirección \_\_\_\_\_  
 Ciudad QUITO  
 Teléfono \_\_\_\_\_

 Fecha 19-mar-04  
 N° pedido 001  
 Representante \_\_\_\_\_  
 Proyecto Centro Quito MP11a

Cantidad	Descripción	Precio unitario	TOTAL
3	TSUNAMI MP.11a BASE STATION UNIT 5,8 GHZ Wireless Ethernet Bridge/Router Ethernet 10/100 Base T (RJ-45) 24 Mbit Data Rate, Wireless interface: Standard N-male	\$ 1.245,00	3.735,00
35	TSUNAMI MP.11a SUSCRIBER UNIT 5,8 GHZ Wireless Ethernet Bridge/Router Ethernet 10/100 Base T (RJ-45) 24 Mbit Data Rate, Wireless interface: Standard N-male	\$ 742,00	25.970,00
35	ANTENAS High Gain Panel Directional Antenna for 5.25-5.875 GHz Gain 18 dBi	\$ 225,00	7.875,00
3	ANTENA SECTORIAL 45 grados, HG5816P-045 Gain 16 dbi, Freq. 5,8 Ghz	\$ 675,00	2.025,00
6	TSUNAMI QuickBridge 20 5,8 Ghz Wireless Ethernet Ethernet 10/100 Base T (RJ-45) 20 Mbit Data Rate, Wireless interface: Standard N-male Antennas include	\$ 1.350,00	8.100,00
<b>MATERIALES</b>			
760	METROS DE CABLE UTP	\$ 0,33	250,80
38	CAJAS PARA RADIOS	\$ 40,00	1.520,00
35	ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN	\$ 100,00	3.500,00
		<b>Subtotal</b>	<b>\$ 52.975,80</b>
		<b>Impuesto IVA</b>	
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 52.975,80</b>

**Detalles de pago**

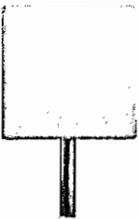
- En efectivo  
 Con cheque

 Nota : Costos no incluyen IVA.  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

 SON: VEINTE Y DOS MIL NOVENTA Y TRES  
 DÓLARES CON 28/100.....

## Antennas, Microwave Products

**5.25 to 5.85 GHz Antennas [345-30]**

Manufacturer	Proxim
Table	5054-PA-23
TESSCO Part No.	433540 In Stock
Drawing	
Frequency	5.725 - 5.875
Diameter	N/A
Polarization	Vertical
Pressure	N/A
Gain at Low (dBi)	
Gain at Mid (dBi)	18
Gain at High (dBi)	
Nom. Mid Band Beamwidth	9
XPD (dB)	25
Front to Back Ratio (dB)	40
VSWR (max)	1.50
Return Loss (dB)	Not Specified
Connector	N Female
Mount Type	pole
Weight Lbs. (kg)	3.5
Ship Dim. (L x W x H Inches)	
Product Narrative	<b>High Gain Panel Directional Antenna for 5.25-5.875 GHz frequency range.</b>
Mid Band Vert. Beamwidth (deg)	9
Max 125mph Wind Axial Force lb	Not Specified
Wind Load, 125mph Twist Moment	Not Specified
Advise Customer	
Warranty	1 Year

## Tsunami QuickBridge 20



## Product Specifications

PRODUCT	FREQUENCY BAND	AGGREGATE THROUGHPUT	FREQUENCY CHANNEL PLANS	THRESHOLD (CIR-11014)	EIRP OUTPUT POWER	SYSTEM GAIN (PACKAGED ANTENNA)	DISTANCE (MILES/KM)
Tsunami QuickBridge 20	5.725-5.825 GHz	18 Mbps	7	-89dBm	+36dBm	124 dB	Up to 5 miles/10 Km
Tsunami QuickBridge 20+T1/E1	5.725-5.825 GHz	18 Mbps	7	-89dBm	+36dBm	124 dB	Up to 5 miles/10 Km

## System

Capacity	QuickBridge 20 QuickBridge 20+T1/E1	18 Mbps aggregate throughput, 12 Mbps aggregate data throughput, 3 Mbps/4 Mbps dedicated T1/E1
System Gain	124 dB	
Maximum Distance	5 miles/10 Km line of sight	
Transmit Output Power	+16 dBm max; +15 dBm typical	
Antenna	Integrated LHCP; 20dBi, 10° azimuth by 10° elevation	
Maximum Receive Level	-20 dBm error free	
Latency	2.5 msec typical, 5 msec maximum	
Access Method	Time Division Duplex	
Modulation Technique	QPSK with equalization and FEC	
Security Key	16 Character Security ID (Alphanumeric), authentication and PIN transmission scrambling	
Compliance	US: FCC Part 15.247 ISM; Canada: IC RSS 210 Contact Proxim for additional countries	

## Data Interface

Ethernet Interface Connector	10/100BaseT via AC power adapter RJ-45 female modular plug w/water-protected shell
Cable Type	CAT5
Compliance	IEEE 802.3

## Digital Line Interface

T1 Digital Interface	Optical Channel via indoor external T1 multiplexer
Connector	RJ-45 female modular jack
Compliance	ANSI T1.403
E1 Digital Interface	Optical Channel via indoor external E1 multiplexer
Connector	Detached RJ-45 female modular jack, 8 pin
Compliance	ITU-T Rec. G.703

## Management

Local, Remote Access	QuickBridge Utility (Java-based GUI) for discovery, status, and configuration
Software Upgradable	Over-the-air reprogramming
Security	24-level password access on Utility

## Power/Environment

QuickBridge AC Power	Adapter Included, 110 VAC or 220 VAC, 480mA; Output: 24V DC, 1 Amp
DC Power (to unit)	+18 to +28 VDC
Power Connector	Power over Ethernet CAT5 cable RJ-45 connector
Operational Temperature	-33° to 55° C
Storage Temperature	-55° to 85° C
Humidity	5-100% noncondensing
Altitude	Up to 10,000 ft
Safety	UL 1950, EN60950
Wind Loading	115 mph
T1/E1 Multiplexer AC Power	Built-in AC power supply, 110/220 VAC, 1 Amp
Operational Temperature	0° to 50° C
Humidity	Up to 90% non-condensing

## Physical Unit

QuickBridge Unit Size (WxHxD)	10.5x10.5x7 inches 26.5x26.5x17.4 cm
Weight	10lbs/4.5kg
Mounting (Installation)	Pole Mount, 1.5-2.75" (3.08 - 6.98 cm) O.D. (brackets included for 1.75" (4.4 cm) O.D.)
T1/E1 Multiplexer Size (WxHxD)	8.4x1.7x9.7 inches 21.34x4.38x24.64 cm
Weight	2.7 lbs/1.25 kg

## Shipping Configuration

2 QuickBridge Radio Units, 2 sets mounting hardware, 2 power adapters, 2 sets 50 meter Cat5 cables, 2 sets user documentation & utilities on CD-ROM, 2 external T1/E1 multiplexers on applicable SKUs

## Frequency Channel

Channel Plan	Frequency
3A	5742.19 MHz
3B	5775.39 MHz
3C	5808.59 MHz
4A	5743.85 MHz
4B	5784.60 MHz
4C	5785.35 MHz
4D	5826.10 MHz

## Ordering Information

48001-001	Tsunami QuickBridge 20 Kit - 110 VAC
48001-002	Tsunami QuickBridge 20 Kit - 110/220 VAC
48001-011	Tsunami QuickBridge 20+T1 Kit - 110 VAC
48001-012	Tsunami QuickBridge 20+T1 Kit - 110/220 VAC



Proxim Corporation tel: 900.229.1630  
 935 Stewart Drive tel: 408.731.2700  
 Sunnyvale, California 94085 fax: 408.731.3675

©2007 Proxim Corporation. All rights reserved. T1, E1, E1/E1, and E1/E1 are trademarks of Proxim Corporation. All other names mentioned herein are trademarks or registered trademarks of their respective owners. Specifications are subject to change without notice.

10G-0122

## Antennas, Microwave Products

**5.25 to 5.85 GHz Antennas [345-30]**

Manufacturer	Radio Waves	Radio Waves
Table	SEC- HG5816P-045	SEC- HG5816P-060
TESSCO Part No.	473045 In Stock	478152
Drawing		
Frequency	5.25 - 5.85	5.25 - 5.85
Diameter	N/A	N/A
Polarization	Vertical	Horizontal
Pressure	Unpressurized	Unpressurized
Gain at Mid (dBi)	16	17
Nom. Mid Band Beamwidth	45	60
XPD (dB)	25	25
Front to Back Ratio (dB)	>35	>35
VSWR (max)	1.50	1.50
Return Loss (dB)	14	14
Connector	N Female	N Female
Mount Type	1.75" to 4" Pipe	1.75" to 4" Pipe
Weight Lbs. (kg)	5 (2.3)	5 (2.3)
Ship Dim. (L x W x H Inches)	12" x 6" x 27"	12" x 6" x 27"
Product Narrative	Flat panel 60 degree sector antenna. Lightweight and rugged. Standard antenna mount. N Female connector.	Flat panel 60 degree sector antenna. Lightweight and rugged. Standard antenna mount. N Female connector.
Mid Band Vert. Beamwidth (deg)	25	30
Max 125mph Wind Axial Force lb	85	85
Warranty	3 Years	3 Years

Cisco Catalyst® 2950-12 10/100 12-Port Switch  
Mfr#:WS-C2950-12



Authorized  
Reseller

<b>General</b>	
Device Type	Switch
Enclosure Type	Rack-mountable - 1 U
Width	17.5 in
Depth	9.5 in
Height	1.7 in
Weight	6.6 lbs
<b>Memory</b>	
RAM	16 MB
Flash Memory	8 MB flash
<b>Networking</b>	
Data Transfer Rate	100 Mbps
Data Link Protocol	Ethernet, Fast Ethernet
Remote Management Protocol	SNMP, RMON
Connectivity Technology	Wired
Communication Mode	Half-duplex, full-duplex
Switching Protocol	Ethernet
MAC Address Table Size	8K entries
<b>Miscellaneous</b>	
Cables Included	Serial adapter
MTBF	300,000 hour(s)
Rack Mounting Kit	Included
<b>Power</b>	
Power Device	Power supply - internal
Voltage Required	AC 110/230 V ( 50/60 Hz )
Power Consumption Operational	30 Watt
<b>Manufacturer Warranty</b>	
Service & Support	Lifetime warranty
Service & Support Details	Limited warranty - parts and labor - lifetime - carry-in
<b>Environmental Parameters</b>	
Min Operating Temperature	32 F
Max Operating Temperature	113 F
Humidity Range Operating	10 - 85%

## CISCO 2600 DUAL 10/100 ENET



Authorized Reseller

Mfr#:CISCO2621-RPS

General

Device Type	Router
Form Factor	Rack-mountable
Installed Modules Qty (Max)	0 (Installed) / 4 (max)
Width	17.5 In
Depth	11.8 In
Height	1.7 In
Weight	10.4 lbs
Processor Type	1 x Motorola MPC860 50 MHz RISC
Max Supported Qty	1
Memory RAM	32 MB (Installed) / 64 MB (max)
Flash Memory	8 MB (Installed) / 32 MB (max)
Networking Connectivity Technology	Wired
Data Transfer Rate	100 Mbps
Data Link Protocol	Ethernet, Fast Ethernet
Network / Transport Protocol	TCP/IP, SNA, AppleTalk, UDP/IP, IP/IPX
Routing Protocol	OSPF, BGP
Remote Management Protocol	RMON
Features	Modular design, auto-sensing per device, NAT support, manageable
Compliant Standards	IEEE 802.3, IEEE 802.3U
Expansion / Connectivity Expansion Slots Total (Free)	4 ( 4 ) x expansion slot * 2 ( 1 ) x memory * 1 ( 0 ) x memory
Interfaces	2 x network - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45 - 2 * 1 x management - console - RJ-45 - 1 * 1 x network - auxiliary - RJ-45 - 1
Miscellaneous Cables Included	Network cable * 2 x data cable
Authentication Method	RADIUS
Compliant Standards	FCC Class A certified, UL, VCCI
Rack Mounting Kit	Included
Power Power Device	Power supply - redundant - Internal
Compliant Standards	UL, IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-2

**ANEXO # 4**  
**COSTOS DE LA RED INALÁMBRICA**

## COSTO DE EQUIPOS TOLA

Inversiones Inicial Equipo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
TSUNAMI MP.11 2411 BASE STATION UNIT	1	1.245,00	1.245,00
ANTENA SECTORIAL 45 grados, HG5816P-045	1	675,00	675,00
TSUNAMI QuickBridge 20	2	1.350,00	2.700,00
METROS DE CABLE UTP	20	0,33	6,60
CAJAS PARA RADIOS	1	40,00	40,00
UPS	1	710,00	710,00
Rack en la Base	1	150,00	150,00
Switch Catalyst 12 Ports	1	850,00	850,00
Router Cisco 2600	1	2.535,00	2.535,00
Torre 9 mts Nodo Concentrador	1	800,00	800,00
Torre 9 mts TOLA	1	800,00	800,00
<b>TOTAL</b>			<b>10.511,60</b>

## San Juan

Inversiones Inicial Equipo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
TSUNAMI MP.11 2411 BASE STATION UNIT	1	1.245,00	1.245,00
ANTENA SECTORIAL 45 grados, HG5816P-045	1	675,00	675,00
TSUNAMI QuickBridge 20	2	1.350,00	2.700,00
METROS DE CABLE UTP	20	0,33	6,60
CAJAS PARA RADIOS	1	40,00	40,00
UPS	1	710,00	710,00
Rack en la Base	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>			<b>5.526,60</b>

## Tejar

Inversiones Inicial Equipo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
TSUNAMI MP.11 2411 BASE STATION UNIT	1	1.245,00	1.245,00
ANTENA SECTORIAL 45 grados, HG5816P-045	1	675,00	675,00
TSUNAMI QuickBridge 20	2	1.350,00	2.700,00
METROS DE CABLE UTP	20	0,33	6,60
CAJAS PARA RADIOS	1	40,00	40,00
UPS	1	710,00	710,00
Rack en la Base	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>			<b>5.526,60</b>

## Radio remoto

Inversiones Inicial Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
TSUNAMI MP.11 2411 SUSCRIBER UNIT	1	742,00	742,00
ANTENAS High Gain Panel Directional	1	225,00	225,00
METROS DE CABLE UTP	20	0,33	6,60
CAJAS PARA RADIOS	1	40,00	40,00
ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN	1	100,00	100,00
<b>TOTAL</b>			<b>1.113,60</b>

## CRECIMIENTO DE LA RED

CRECIMIENTO DE LA RED EN 24 MESES												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Cilentes por tipo de servicio</b>												
1	84	4	8	10	1	1	1	1	0	0	0	0
2	128	0	4	2	1	1	0	0	0	0	1	1
3	192	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
4	256	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
5	384	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
6	512	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	640	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	768	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	2048	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11	4000	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número total de clientes	6	16	13	3	3	2	2	2	2	2	2	2
Número total acumulado	6	22	35	38	41	43	45	47	49	51	53	55
Total ancho de banda	4448	4032	1088	448	448	320	320	640	832	2432	320	384
Total A.B. Acumulado	4448	8480	9568	10016	10464	10784	11104	11744	12576	15008	15328	15712
<b>Celdas</b>												
San Juan	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tejar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Tola	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total celdas instaladas	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total acumulado	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Enlaces Pto-Pto</b>												
Instalados	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total acumulado	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>A.B. Celdas</b>												
San Juan	4448	4448	4448	4512	4768	5024	5088	5088	5088	5472	5472	5728
Tejar		4032	4736	4864	4992	5056	5056	5440	5632	5632	5824	5824
La Tola			384	640	704	704	960	1216	1856	3904	4032	4160
TOTAL(Kbits)	4448	8480	9568	10016	10464	10784	11104	11744	12576	15008	15328	15712

CRECIMIENTO DE LA RED EN 24 MESES													
Mes	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
<b>Cilentes por tipo de servicio</b>													
1	64	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
2	128	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	192	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	256	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
5	384	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	512	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	
7	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	768	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
9	1024	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
10	2048	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
11	4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Número total de clientes	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	
Número total acumulado	57	59	61	63	65	68	71	73	75	78	80	82	
Total ancho de banda	384	384	384	320	2240	1344	1088	2112	768	832	1280	768	
Total A.B. Acumulado	16096	16480	16864	17184	19424	20768	21856	23968	24736	25568	26848	27616	
<b>Celdas</b>													
San Juan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tejar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
La Tola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total celdas instaladas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total acumulado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
<b>Enlaces Pto-Pto</b>													
Instalados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total acumulado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
<b>A.B. Celdas</b>													
San Juan	5856	5856	5856	5920	7508	8992	9056	8120	8632	9888	10812	10912	
Tejar	5824	5952	6208	6464	6464	6720	6978	9024	9024	9536	9792	10048	
La Tola	4416	4672	4800	4800	4992	5056	5824	5824	6080	6144	6144	6656	
TOTAL(Kbits)	16096	16480	16864	17184	19424	20768	21856	23968	24736	25568	26848	27616	

## INGRESOS

Ingresos												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos Instalaciones (USD)	390,00	1.040,00	845,00	195,00	195,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Ingresos mensuales (USD)	2.400,00	3.470,00	1.500,00	520,00	520,00	370,00	370,00	370,00	590,00	710,00	1.520,00	350,00
Totales Acumulados (USD)	2.790,00	7.300,00	9.645,00	10.360,00	11.075,00	11.575,00	12.075,00	12.795,00	13.635,00	15.285,00	15.765,00	16.315,00

Ingresos												
Mes	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ingresos Instalaciones (USD)	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	165,00	195,00	130,00	130,00	195,00	130,00	130,00
Ingresos mensuales (USD)	420,00	420,00	420,00	370,00	1.400,00	1.130,00	1.010,00	1.390,00	670,00	770,00	1.030,00	670,00
Totales Acumulados (USD)	16.865,00	17.416,00	17.966,00	18.468,00	19.995,00	21.320,00	22.526,00	23.956,00	24.786,00	25.720,00	26.880,00	27.680,00

## EGRESOS

Costos Operacionales												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Uso Frecuencias (USD)	57,60	179,20	281,60	300,80	320,00	332,80	345,60	358,40	371,20	384,00	396,80	409,60
Costo Instalación (USD)	700,00	1.700,00	1.400,00	300,00	300,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Gastos operativos (USD)	400,00	550,00	700,00	700,00	700,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.100,00
TOTAL (USD)	1.157,60	2.429,20	2.381,60	1.300,80	1.320,00	1.532,80	1.545,60	1.558,40	1.571,20	1.584,00	1.596,80	1.709,60

Costos Operacionales												
Mes	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Uso Frecuencias (USD)	422,40	435,20	448,00	460,80	473,60	492,80	512,00	524,80	537,60	556,80	569,60	582,40
Costo Instalación (USD)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	300,00	300,00	200,00	200,00	300,00	200,00	200,00
Gastos operativos (USD)	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00
TOTAL (USD)	1.722,40	1.735,20	1.748,00	1.760,80	1.773,60	1.892,80	2.012,00	1.924,80	1.937,60	2.056,80	1.969,60	1.982,40

Pago Uso Backbone (30% ingreso)												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Total (USD)	720,00	1.041,00	450,00	158,00	156,00	111,00	111,00	177,00	213,00	456,00	105,00	126,00
Totales Acumulados (USD)	720,00	1.761,00	2.211,00	2.367,00	2.523,00	2.634,00	2.745,00	2.922,00	3.135,00	3.591,00	3.696,00	3.822,00

Pago Uso Backbone (30% ingreso)												
Mes	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Total (USD)	126,00	126,00	126,00	111,00	420,00	339,00	303,00	390,00	201,00	231,00	309,00	201,00
Totales Acumulados (USD)	3.948,00	4.074,00	4.200,00	4.311,00	4.731,00	5.070,00	5.373,00	5.763,00	6.964,00	6.195,00	6.504,00	6.705,00

Inversiones												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Celda (USD)	10.511,60	5.526,60	5.526,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Equipos Remotos (USD)	6.681,60	17.817,60	14.476,80	3.340,80	3.340,80	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20
Total (USD)	17.193,20	23.344,20	20.003,40	3.340,80	3.340,80	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20
Inversión Inicial (USD)			60.540,80									

Inversiones												
Mes	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Celda (USD)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Equipos Remotos (USD)	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	3.340,80	3.340,80	2.227,20	2.227,20	3.340,80	2.227,20	2.227,20
Total (USD)	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	2.227,20	3.340,80	3.340,80	2.227,20	2.227,20	3.340,80	2.227,20	2.227,20

## INGRESOS MENOS EGRESOS

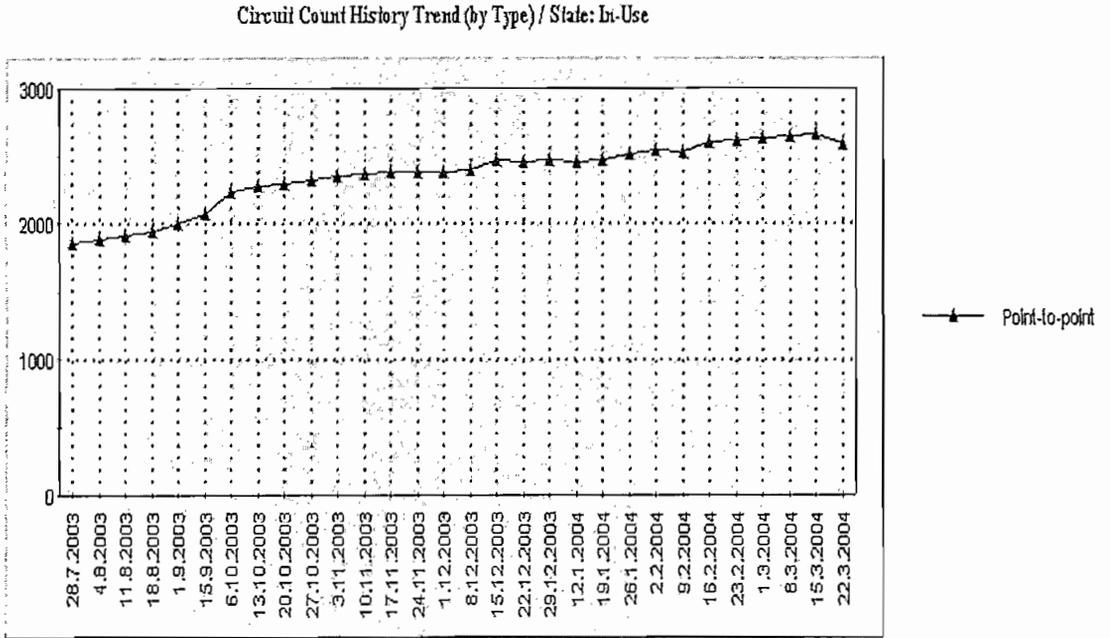
Ingresos - Egresos													
Mes	Inversión inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Total (USD)		912,40	3.109,80	5.052,40	3.351,40	3.891,20	5.181,00	5.557,20	6.087,40	6.701,60	7.882,80	8.245,00	8.556,20
Total Acumulado (USD)	-60.540,80	-59.628,40	-56.518,60	-51.466,20	-48.114,80	-44.223,60	-39.042,60	-33.485,40	-27.398,00	-20.696,40	-12.813,60	-4.568,60	3.987,80

Ingresos - Egresos													
Mes	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Total (USD)		8.967,40	9.378,60	9.789,80	10.166,00	11.263,20	11.016,40	11.799,20	14.040,00	14.626,20	14.127,40	16.179,20	16.765,40
Total Acumulado (USD)	-60.540,80	12.955,00	22.333,60	32.123,40	42.289,40	53.552,60	64.569,00	76.368,20	90.408,20	105.034,40	119.161,80	135.341,00	152.106,40

**ANEXO # 5**

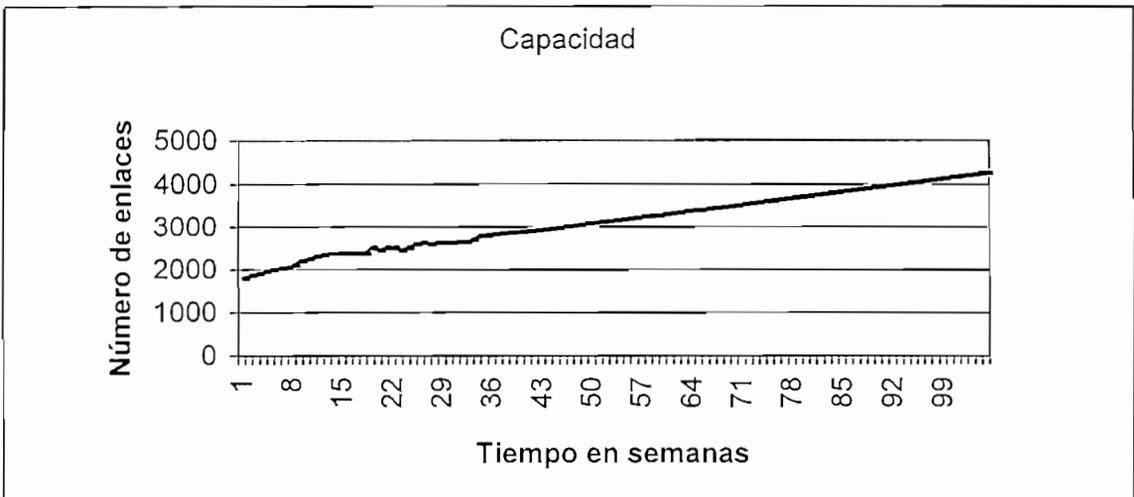
**PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO DE LA RED EN BASE A  
DATOS DEL CARRIER**

ESTUDIO DE CRECIMIENTO DE NUMERO DE PUNTOS



(Datos de crecimiento proporcionados por el carrier)

Este gráfico corresponde al crecimiento en enlaces del carrier por el período de 8 meses, de aquí se han sacado datos semanales y con el método de los mínimos cuadrados se los ha interpolado y extrapolado hasta un período de 24 meses, obteniéndose los valores del cuadro que se presenta a continuación.

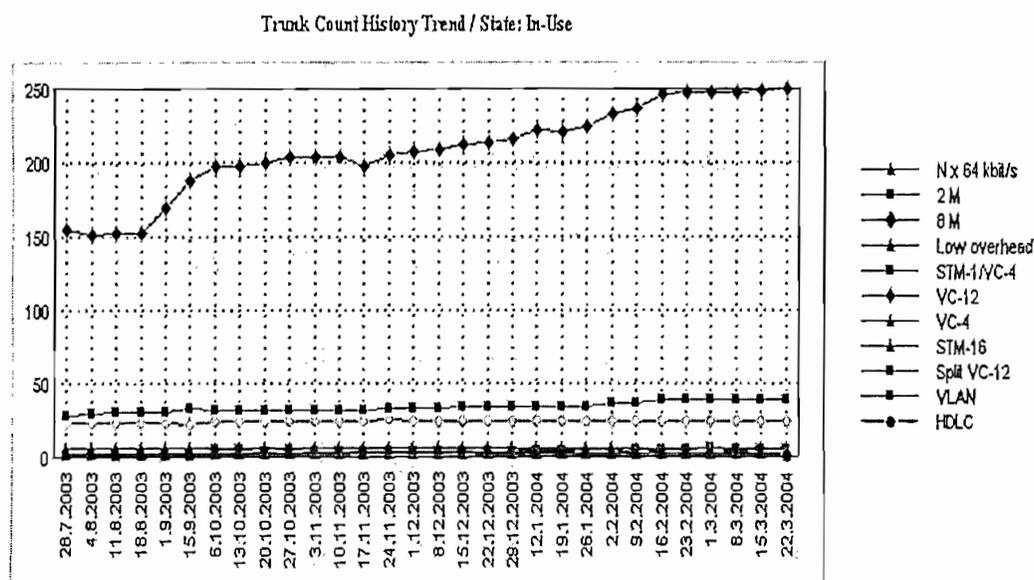


Meses	Período de Medición		% Crecimiento
	Número de enlaces Inicio	Número de enlaces Fin	
8	1800	2500	136.85
24	1800	4263	

*Porcentajes estimados de crecimiento en ancho de banda*

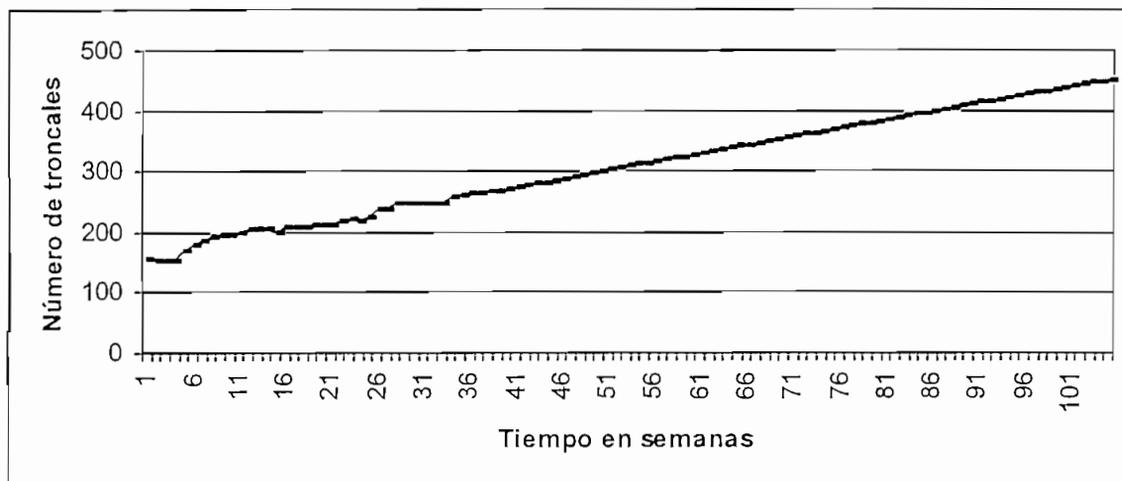
Este cuadro resume lo expresado en el gráfico anterior, en el eje horizontal se tiene el tiempo en semanas, en el eje vertical el número de puntos, entonces se ha visto que en el período de 24 meses de 1800 puntos con los que se inició, hemos llegado a 4263, lo cual representa un crecimiento de 136.85%.

## ESTUDIO DE CRECIMIENTO EN ANCHO DE BANDA



*(Datos de crecimiento proporcionados por el carrier)*

Este gráfico muestra el crecimiento que ha tenido el carrier en ancho de banda. La última curva corresponde al crecimiento total en E1's (VC-12's, curva superior de puntos azules), y de igual forma que en caso anterior se realizó interpolación y extrapolación por el método de los mínimos cuadrados.



Meses	Período de Medición		% Crecimiento
	Capacidad en E1's Inicio	Capacidad en E1's Fin	
8	150	250	189.74
24	150	452	

*Porcentajes estimados de crecimiento en enlaces*

De aquí se ha sacado el dato que de 156 troncales que se tenía inicialmente, en el período de 24 meses se ha incrementado a 452, lo que representa el 189,74%.