ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Análisis comparativo de la operación y rentabilidad de la tecnología WiMAX en Guayaquil."

INFORME DE MATERIA DE GRADUACION

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Michael Alejandro Mayorga Naranjo

Guayaquil – Ecuador

2009

A G R A D E C I M I E N T O

ING. CESAR YÉPEZ

Por su apoyo y colaboración para la realización de este trabajo.

TV Cable

Por las facilidades mostradas al momento de acudir a sus instalaciones para la elaboración de este trabajo.

D E D I C A T O R I A

A Dios por haberme dado el privilegio de tener unos padres maravillosos María y Luís, sin ellos nada de esto hubiese sido posible, y a todas aquellas personas que depositaron su confianza en mí desde los inicios de mi carrera universitaria.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Cesar Yépez

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Boris Ramos

PROFESOR DELEGADO DEL DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Michael Alejandro Mayorga Naranjo

RESUMEN

El presente trabajo realizará un análisis de rentabilidad económica y técnica entre dos empresas de telecomunicaciones; El Grupo TV Cable y TELMEX, que usan WiMAX como tecnología de ultima milla para proveer servicios de voz y datos; el Grupo TV Cable ya la usa desde hace tres años esta tecnología y TELMEX la está planificando para los próximos años.

La comparación técnica se la hizo a través de entrevistas hechas a estas empresas permitiéndonos conocer y entender la funcionalidad de la red WiMAX, en cada una de ellas.

La comparación económica se la hizo con entrevistas e investigación hechas a proveedores de equipos WiMAX tales como Airspan y Alvarion para TV Cable y Telmex respectivamente.

El análisis de operación se lo pudo realizar gracias a los datos obtenidos en el transcurso de este estudio visitando constantemente a dichas empresas para determinar las ventajas y desventajas que poseen cada una sus redes.

El análisis de rentabilidad se lo obtuvo usando métodos de evaluación de proyectos conjuntamente con datos reales obtenidos por sus respectivos

proveedores de equipos WiMAX, mas costos actuales detallados en este estudio que están involucrados con este tipo de redes.

Al final de este trabajo se espera concluir cuál de estas dos empresas tiene una mejor rentabilidad económica y técnica al momento de haber usado WiMAX como tecnología de última milla.

INDICE GENERAL

Pág.

ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado en Inglés	Significado en Español
3G	Third Generation Communication	Comunicaciones de Tercera Generación
AAA	Accounting, Avaliability, Authorization	Autentificación, autorización y contabilidad
AES-CCM	Advanced Encryption Standard – Counter with Cipher-block chaining Message authentication code	Estándar avanzado de encriptación - Contador con cifrado de bloques de autenticación de mensajes variables
AMC	Adaptive Modulation and Coding	Modulación adaptativa y codificación
ASN – GW	Access Service Network Gateway	Gateway para Servicio de Red de Acceso
ATM	Asynchronous Tranfer Mode	Modo de Transferencia Asíncrona
CPE	Customer Premise Equipment	Equipo Local del cliente
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	Protocolo de configuración dinámica de servidores
EAP	Extensible Autentication Protocol	Protocolo de autenticación ampliable
Edge	Enhanced Data Rates for GSM Evolution	Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de *GSM*
FBSS	Fast Base Station Switching	Conmutación rápida de estación base
FDD	Frecuency Division Duplex	Duplicación por división de frecuencia
FFT	Fast Fourier Transform	transformada rápida de Fourier
FWA	Fixed Wireless Access	Acceso Fijo Inalámbrico
GPS	Global Position System	Sistema de posicionamiento Global
GSM	Global System for Mobile communications	Sistema Global para las comunicaciones Móviles
HARQ	Hybrid Automatic Repeat reQuest	requerimiento de repetición automática híbrida
HHO	Hard Handoff	handoff duro
HiperMAN	High Performance Metropolitan Area Network	Redes de área metropolitana de Alto rendimiento
IDU	InDoor Unit	Unidad Interna
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

IMS	IP Multimedia Subsystem	Subsistema Multimedia IP
IP	Internet Protocol	Protocolo de Internet
LOS	Line-Of-Sight	Línea vista
LTE	Long Term Evolution	Evolución a Largo Plazo
MAC	Media Access Control	Control de acceso al medio
MAN	Metropolitan Area Network	Red de Área Metropolitana Inalámbrica
MDHO	Macro Diversity Handover	Diversidad de Macros en Handover
MIMO	Multiple In – Multiple Out	Entradas múltiples - Salidas Múltiples
MPLS	Multiprotocol Label Switching	Conmutación de Etiquetas multiprotocolo
NLOS	Non Line-Of-Sight	Sin línea vista
ODU	OutDoor Unit	Unidad Externa
OEM	Original Equipment Manufacturer	Fabricante del Equipo Original
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access	Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association	Asociación Internacional de Tarjetas de Memorias para computadoras personales
PDA	Personal Digital Assistant	Asistente Personal Digital
PMP	Point-to-Multipoint	Punto multipunto
PTP	Point-to-Point	Punto a punto
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Modulación de amplitud de cuadratura
QoS	Quality of Service	Calidad de Servicio
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Cambio de fase en cuadratura
SOFDM	Scalable Orthogonal Frequency Division Multiplex	Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales Escalable.
TDD	Time-division duplexing	Duplicación por división de tiempo
UMTS	Universal Mobile Universal Mobile Telecommunications System	Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles
Wi-Fi	Wireless Fidelity	Fidelidad Inalámbrica
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Interoperabilidad Mundial para el Acceso por Microondas
WLL	Wireless Local Loop	Internet inalámbrico fijo de microondas

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCION

Con la necesidad exhaustiva de comunicarnos continuamente, el avance tecnológico de los últimos años, el crecimiento masivo del uso de Internet para múltiples tareas empresariales, educativos, domésticos o simplemente entretenernos, ha dado como resultado que nuevas tecnologías se hayan creado en la última década pasando por múltiples problemas de escalabilidad y de convergencia, haciendo que el cobre deje de ser nuestra limitante al momento de querer acceder a este tipo de servicios que hoy en día son tan indispensables en la vida cotidiana de las personas. El sector inalámbrico dominara el futuro de las Telecomunicaciones y una tecnología muy interesante llamada WiMAX está dando mucho de qué hablar a nivel mundial, Ecuador no se quiere quedar atrás y desea ser parte de ese futuro, el operador que maneje esta tecnología tiene la gran responsabilidad de explotarla de la mejor manera y brindar una amplia variedad de servicios a unas velocidades atípicas en el sector inalámbrico a bajo costo.

Debido a esto se nos planteo la idea de observar el mercado de las telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil para analizar dos empresas; una en plena funcionalidad y otra en proceso de planificación que están usando WiMAX para determinar su rentabilidad económica y técnica al momento de solucionar el problema de la última milla.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 HISTORIA DE WIMAX

WiMAX por sus siglas en ingles Worldwide Interoperability for Microwave Access es el nombre comercial de un grupo de tecnologías inalámbricas que emergieron de la familia de estándares WirelessMAN (Wireless Metropolitan Area Network – Red de Área Metropolitana Inalámbrica) IEEE 802.16. Si bien el término WiMAX sólo tiene algunos años, el estándar 802.16 ha existido desde fines de la década de 1990, primero con la adopción del estándar 802.16 (10-66GHz) y luego con el 802.16a (2-11GHz) en enero de 2003. A pesar del establecimiento del estándar 802.16a, el mercado del FWA (fixed wireless access – acceso fijo inalámbrico) nunca terminó de despegar, aunque vale la pena mencionar que durante ese período toda la industria de telecomunicaciones estuvo luchando.

En 2001, se creó el Foro WiMAX para promover el estándar y para ayudar a asegurar la compatibilidad y la interoperabilidad a través de múltiples fabricantes, algo parecido a lo que la Alianza Wi-Fi hace por la familia de estándares IEEE 802.11x.

El IEEE 802.16a ha sido prácticamente olvidado ya que recientemente el foco de atención fue el IEEE 802.16-2004, que también es conocido como 802.16REVd o .16-2004. El 802.16-2004 es una mejora del estándar .16a que fue certificado en octubre de 2004. Por otra parte, también está el IEEE 802.16e, Otra variación de WiMAX que le sigue al estándar 802.16-2004, pero que es incompatible con él. Lo único que estos dos estándares propuestos tienen en común es que emplean el mismo rango de frecuencia (sub 11GHz).

En sus primeras épocas, el Foro WiMAX estaba compuesto solo de algunos fabricantes de equipos relativamente pequeños que solían proveer equipos inalámbricos fijos a un mercado reducido, y dos grandes compañías de semiconductores: Intel y Fujitsu. Ninguno de los principales OEM (Original Equipment Manufacturer – Fabricante del Equipo Original) estaba presente, aunque Nokia estaba en cierta medida asociado con el foro, y organizaciones como Motorola creían que era mejor perseguir estas oportunidades con su solución propietaria Canopy. De la misma manera, y quizá lo que es más importante, la tecnología carecía del respaldo de un operador, grande o pequeño.

Sin potenciales clientes y con un estándar poco desarrollado que iba camino de adoptar cualquiera y todas las técnicas de acceso (dos tipos de OFDM, TDD, FDD, punto-punto, punto-a-multipunto, etc.), era difícil imaginar cómo WiMAX podría tener éxito. Hoy, existen aproximadamente 300 compañías que participan en el Foro WiMAX, incluyendo algunos operadores y varios de los principales OEM: Alcatel, Ericsson, Lucent, Motorola, Nortel y Siemens, para nombrar solo algunos. Y más adelante este año, WiMAX certificó que los equipos finalmente podrían estar disponibles, con lo cual demostró que los que al principio se mostraron escépticos estaban equivocados.

1.2 WIMAX EN ECUADOR

WiMAX comenzó en su primera fase en Ecuador en el año 2006, en aquella época solo contaba con tres antenas transmisoras, instaladas en Guayaquil por el Grupo Tv Cable.

Actualmente hay cuatro compañías que usan esta tecnología como solución a la ultima milla las cuales son: CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones), Punto Net, Tv Cable y Ecuador Telecom ahora llamada Telmex.

1.3 OBJETIVO

Mucho se habla, dice y comenta de la última milla, pero ¿a qué tramo corresponde el concepto de última milla y qué importancia tiene en la tecnología emergente? Permítanme hacer una analogía para que entendamos este importante tema, por ejemplo, si una persona decide viajar desde España a Francia puede elegir varios medios de transporte según sea el tiempo y dinero que esté dispuesto a gastar en dicho viaje, puede optar por un automóvil, arrendar un taxi, tomar el metro tren o un minibús, viajar en avión, navío o bien mezclar varios medios de transporte, lo que sí queda claro es que la última milla, vale decir el recorrido desde el aeropuerto a su domicilio, difícilmente lo podrá hacer en avión.

La analogía es muy clara la ultima milla de cualquier sistema de telecomunicaciones debe ser barata, rápida y escalable, y una de las tantas tecnologías existentes en el mercado que cumple con estas características es WiMAX, nuestro objetivo será evaluar dos casos puntuales existentes en la ciudad de Guayaquil que usan esta tecnología inalámbrica, uno operando (Tv Cable) y otro en plena producción (Telmex), con el fin de conocer si ésta tecnología cumple o no con todas las expectativas en términos económicos, técnicos y de escalabilidad que generó cuando se conoció su desarrollo.

CAPITULO 2

DESCRIPCION DE LAS REDES INALAMBRICAS WiMAX

2.1. WiMAX

WiMAX es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local. Que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales).

Los perfiles del equipamiento que existen actualmente en el mercado; compatibles con WiMAX, son mayoritariamente para las frecuencias de 2,5 y 3,5 Ghz (con licencia), si bien ya existen varios fabricantes que han obtenido la certificación WiMAX Forum, para las frecuencias de uso libre 5,4Ghz, en este caso las frecuencias son coincidentes con Wifi 802.11a y 802.11n y el espectro radioeléctrico es compartido con estos.

Existen planes para desarrollar perfiles de certificación y de interoperabilidad para equipos que cumplan el estándar IEEE 802.16e (lo que posibilitará movilidad), así como una solución completa para la estructura de red que integre tanto el acceso fijo como el móvil. Se prevé el desarrollo de perfiles para entorno móvil en las frecuencias con licencia en 2,3 y 2,5 Ghz.

Actualmente se recogen dentro del estándar 802.16, existen dos variantes:

Uno de acceso fijo, (802.16d), en el que se establece un enlace radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio del usuario, Para el entorno fijo, las velocidades teóricas máximas que se pueden obtener son de 70 Mbps con un ancho de banda de 20 MHz. Sin embargo, en entornos reales se han conseguido velocidades de 20 Mbps con radios de célula de hasta 6 Km, ancho de banda que es compartido por todos los usuarios de la célula.

Otro de movilidad completa (802.16e), que permite el desplazamiento del usuario de un modo similar al que se puede dar en GSM/UMTS, el móvil, aun no se encuentra desarrollado y actualmente compite con las tecnologías LTE, (basadas en femtocélulas, conectadas mediante cable), por ser la alternativa para las operadoras de telecomunicaciones que apuestan por los servicios en movilidad, este estándar, en su variante "no licenciado", compite con el WiFi IEEE 802.11n, ya que la mayoría de los portátiles y dispositivos móviles, empiezan a estar dotados de este tipo de conectividad (principalmente de la firma Intel).

CARACTERISTICAS ESPECIALES

- Anchos de canal entre 1,5 y 20 MHz.
- Utiliza modulaciones OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) con 256 y 2048 portadoras respectivamente, que permiten altas velocidades de transferencia incluso en condiciones poco favorables. Esta técnica de modulación es la que también se emplea para la TV digital, sobre cable o satélite, así como para Wi-Fi (802.11a) por lo que está suficientemente probada.
- Incorpora soporte para tecnologías “smart antennas” que mejoran la eficiencia y la cobertura. Estas antenas son propias de las redes celulares de 3G, mejorando la red espectral, llegando así a conseguir el doble que 802.11.
- Incluye mecanismos de modulación adaptativa, mediante los cuales la estación base y el equipo de usuario se conectan utilizando la mejor de las modulaciones posibles, en función de las características del enlace radio.

- Soporta varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda y es adecuada tanto para tráfico continuo como a ráfagas, siendo independiente de protocolo; así, transporta IP, Ethernet, ATM etc. y soporta múltiples servicios simultáneamente ofreciendo Calidad de Servicio (QoS) en 802.16e, por lo cual resulta adecuado para voz sobre IP (VoIP), datos y vídeo.

- También, se contempla la posibilidad de formar redes malladas (mesh networks) para que los distintos usuarios se puedan comunicar entres sí, sin necesidad de tener visión directa entre ellos.

- En la seguridad tiene medidas de autentificación de usuarios y la encriptación de datos mediante los algoritmos triple DES y RSA.

2.2 LA FAMILIA DE LOS ESTÁNDARES WIMAX

Muchas veces se piensa que WiMAX es una tecnología homogénea cuando, de hecho, es el nombre comercial de un grupo de estándares inalámbricos IEEE. En ese aspecto, WiMAX y Wi-Fi son análogos.

Wi-Fi no es un estándar, sino un nombre comercial que puede aplicarse a una serie de estándares 802.11 IEEE, incluyendo el 802.11b, 802.11a y el 802.11g. Se supone que el término Wi-Fi será aplicado al 802.11n una vez que ese estándar sea ratificado.

El proyecto general de WiMAX actualmente incluye al 802.16-2004 y al 802.16e. El 802.16-2004 utiliza Multiplexado por División de Frecuencia de Vector Ortogonal (OFDM), para servir a múltiples usuarios en una forma de división temporal en una especie de técnica circular, pero llevada a cabo extremadamente rápido de modo que los usuarios tienen la sensación de que siempre están transmitiendo o recibiendo. El 802.16e utiliza Acceso Múltiple por División de Frecuencia de Vector Ortogonal (OFDMA) y puede servir a múltiples usuarios en forma simultánea asignando grupos de “tonos” a cada usuario.

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR 802.16

La transmisión inalámbrica usa la interfaz aire, ello conlleva problemas de atenuación y distorsión por múltiples factores, como la vegetación, los edificios, la lluvia y vehículos que se mueven y cambian imprevisiblemente. El estándar 802.16 reconoce esto e incluye mecanismos para hacer más robustos los enlaces con línea vista (LOS, Line-Of-Sight), línea vista obstruida y sin línea vista (NLOS, Non Line-Of-Sight).

El control de acceso al medio (MAC) provee diferentes tipos de QoS dependiendo de las diferentes necesidades. La voz y el video requieren baja latencia, pero tolera una cierta tasa de error. Al contrario con los datos, los cuales no toleran errores, pero la latencia no resulta crítica. El estándar acomoda voz, video y otras transmisiones de datos usando características apropiadas de la capa MAC, ya que es más eficiente que hacerlo en capas superiores.

El estándar soporta la modulación adaptativa, balancea efectivamente diferentes tasas de datos y la calidad del enlace. El método de la modulación se puede ajustar casi instantáneamente según la transferencia de datos óptima. La modulación adaptativa permite el uso eficiente del ancho de banda.

802.16 soporta ambos sistemas de duplexación, en la frecuencia y en el tiempo (FDD y TDD, respectivamente).

FDD (Frequency Division Duplex) se usa ampliamente en la telefonía celular, este sistema requiere dos canales, uno de transmisión y otro de recepción, con una separación para evitar la interferencia.

TDD (Time Division Duplex) proporciona un esquema flexible, donde la transmisión de subida y de bajada es por el mismo canal, ya que, no son simultáneas sino secuenciales. Un sistema TDD puede asignar dinámicamente ancho de banda, de subida y bajada, dependiendo los requisitos del tráfico.

El estándar ha evolucionado y han surgido numerosas versiones de las cuales se mantienen:

802.16 – 2004: Fue desarrollado para trabajar en bandas no licenciadas y licenciadas entre 2 a 11GHZ con sistemas LOS y NLOS, para PMP (punto multipunto, Point-to-Multipoint) y PTP (punto a punto, Point-to-Point). Fue publicado en Julio de 2004. Anteriormente conocido como IEEE 802.16d o como Revisión “d”. Reemplaza a todas las versiones anteriores del estándar (802.16, 802.16a, 802.16c).

802.16e: Este estándar da soporte de movilidad. También conocido como 802.16 – 2005 por el año de su publicación, en diciembre del 2005. Se centrará el estudio del trabajo en este estándar (WiMAX móvil).

Los estándares nombrados anteriormente son los que se desarrollan en la actualidad, el 802.16 – 2004 para aplicaciones fijas y el 802.16e, para aplicaciones móviles, portables y nomádicas basados en estos estándares están WiMAX Fijo y WiMAX móvil respectivamente.

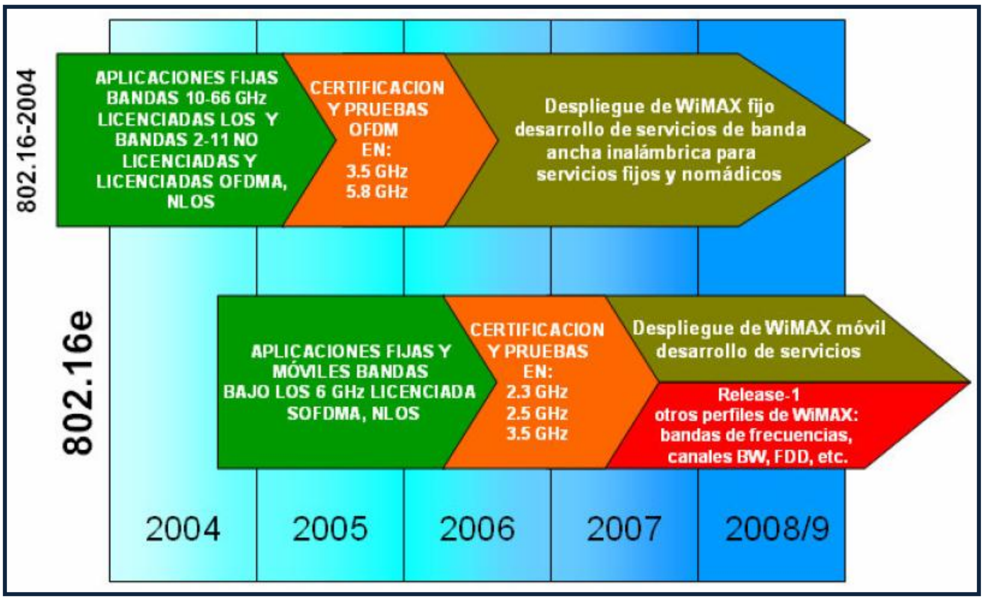


Fig. 2.1.- Roadmap estándares 802.16 – 2004 y 802.16e

Los estándares[1] 802.16 – 2004 y 802.16e, por ahora, deben ser considerados como dos estándares completamente distintos, ya que entre ellos no existe interoperabilidad ni compatibilidad, lo cual principalmente se debe a los diferentes tipos de división de frecuencia, 802.16 – 2004 utiliza OFDM con portadoras fijas, mientras 802.16e utiliza SOFDM

(Scalable Orthogonal Frequency Division Multiplex), sistema que acomoda la cantidad de portadoras según el ancho de banda disponible.

[1] Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation, WiMAX Forum

2.4 ESTANDAR 802.16 – 2004, WiMAX FIJO

Esta tecnología soporta acceso fijo y nomádico en ambientes con LOS y NLOS. Fue principalmente desarrollado para solucionar el problema de última milla y dar servicio de banda ancha rápida y económicamente (evitando el cableado). Actualmente los fabricantes están desarrollando CPEs (Customer Premises Equipment) indoor y outdoor.

La tecnología fue diseñada principalmente para aplicaciones en las frecuencias entre los 2 y 11 GHz, específicamente en las bandas 3.5 GHz y 5.8 GHz. Soporta la técnica de modulación multiportadora OFDM con 256 portadoras. Puede ocupar 2 métodos de duplexación, TDD y FDD, usando diferentes ancho de banda de los canales: 3.5 MHz, 7 MHz para FDD y 3.5 MHz y 10 MHz para TDD.

TABLA Nº 2.1.- Resumen de las frecuencias de operación con su multiplexación y su canalización

FRECUENCIA (MHz)	MULTIPLEXACION	CANALES (MHz)
3400 - 3600	TDD	3.5
3400 - 3600	FDD	3.5
3400 - 3600	TDD	7
3400 - 3600	FDD	7
5725 -5850	TDD	10

2.5 ESTANDAR 802.16e, WiMAX MOVIL (802.16 – 2005)

WiMAX móvil es la solución de banda ancha móvil, nomádica, portable y fija, mediante tecnología de acceso de radio y una arquitectura de red flexible. Mobile WiMAX usa en la interfaz aire SOFDMA (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access) que soporta canales de ancho de banda escalables de 1.25 a 20 MHz. Las características más sobresalientes de WiMAX Móvil son:

Altas tasas de transferencia: La inclusión de la técnica de antenas MIMO (Multiple In – Multiple Out, es un arreglo de antenas donde varias transmiten y varias reciben la señal) proporciona altas tasas de transferencia de información.

WiMAX móvil soporta hasta 63 Mbps de bajada y 28 Mbps de subida por sector en canales de 10 MHz.

Calidad de Servicio (QoS): Una de las principales características es la arquitectura de MAC de WiMAX móvil. Al sistema se le pueden incluir etiquetas MPLS de extremo a extremo y variadas técnicas de QoS sobre IP, las cuales serán explicadas más adelante.

Escalabilidad: WiMAX puede trabajar con diferente canalización, lo que le da la ventaja de acomodarse a los diferentes requerimientos mundiales.

Seguridad: Soporta distintos aspectos de seguridad y autentificación EAP (Extensible Authentication Protocol), encriptación AES-CCM (Advanced Encryption Standard – Counter with Cipher-block chaining Message authentication code) y esquemas de protección CMAC (block Cipher-based Message Authentication Code) y HMAC (keyed Hash Message Authentication Code).

Movilidad: WiMAX móvil, soportará handover con una baja latencia, menor a los 50 ms. Será capaz de proporcionar aplicaciones en tiempo real como VoIP sin degradación del servicio.

2.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA CAPA FÍSICA

2.5.1.1 Estructura OFDMA

OFDM es una técnica de multiplexación que subdivide el ancho de banda en múltiples canales de frecuencia. Este sistema divide el tráfico de datos en muchas subportadoras de baja tasa de datos y cada una es modulada y transmitida sobre canales separados ortogonalmente. OFDM proporciona una alta eficiencia espectral, mayor tolerancia a interferencias, puede soportar NLOS ya que tiene mayor tolerancia a la multitrayectoria y mejor cobertura.

OFDMA es un esquema de acceso múltiple que permite la multiplexación de varios usuarios en un subcanal. OFDMA es la versión multiusuario de OFDM.

IEEE 802.16e Wireless MAN OFDMA es basado en el concepto de escalable OFDMA (SOFDMA). La escalabilidad es soportada mediante el ajuste del tamaño de la transformada rápida de Fourier (FFT, *Fast Fourier Transform*), mientras calza las frecuencias de las subportadoras separadas a 10.94 kHz. Detalle de los parámetros de la canalización en la tabla Nº 2.2

TABLA Nº 2.2. Parámetros de los canales SOFDMA

PARAMETROS	VALORES			
Ancho de Banda del canal	1,25 kHz	5 kHz	10 kHz	20 kHz
Frecuencia de muestreo	1,4	5,6	11,2	22,4
Tamaño de la FFT	128	512	1024	2048
Numero de sub-canales	2	8	16	32
Espacio entre las sub-portadoras	10,94 kHz			
Tiempo útil de símbolo	91,4 ms			
Tiempo de guarda	11,4 ms			
Duración de símbolo OFDMA	102,9 ms			
Número de símbolos OFDMA	48			

2.5.1.2 Estructura TDD

El estándar inicial de WiMAX Móvil sólo incluye estructura de duplexación TDD. En las futuras actualizaciones de estándar se considerará FDD para un mercado específico. Aunque TDD requiere sistemas de sincronización, es el sistema preferido para transferencia de datos, por variadas razones:

- Con TDD se puede ajustar la razón de datos de enlace de subida/bajada, lo cual se usa para tráfico asimétrico, mientras que con FDD los enlaces de subida y bajada son fijos y generalmente para tráfico simétrico, como la voz.

- FDD requiere dos canales a diferencia de TDD que sólo requiere uno para uplink y downlink.

- Los transceptores (*transceiver*) para TDD son menos complejos y por ello menos costosos.

2.5.1.3 Otras características de la capa física

Modulación adaptativa y codificación (AMC), requerimiento de repetición automática híbrida (HARQ) y retroalimentación de canal rápido (CQICH) fueron introducidos a WiMAX Móvil para aumentar su cobertura y capacidad.

WiMAX Móvil soporta QPSK, 16QAM y 64QAM, los cuales son usados en downlink y uplink, siendo 64QAM opcional para el uplink. Las mejores tasas de transferencia se consiguen usando la modulación 64QAM.

2.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA CAPA MAC

2.5.2.1 QoS

WiMAX móvil posee un control de QoS en todo el recorrido del enlace, soporta el uso de etiquetas MPLS (Multiprotocol Label Switching), sistema que le permite priorizar paquetes. Este estándar soporta variados servicios y aplicaciones con distintos requerimientos de QoS, detalles en la Tabla Nº 2.3.

TABLA Nº 2.3. QoS y aplicaciones de WiMAX Móvil

CATEGORIA DE QoS	APLICACIONES	ESPECIFICACIONES DE QoS
UGS Unsolicited Grant Service	VoIP	Tolerancia a la latencia Tolerancia al jitter Tasa sostenida máxima
rtPS Real-Time Packet Service	Audio o video streaming	Prioridad de trafico Tolerancia a la latencia Tasa sostenida máxima Tasa Reservada máxima
ErtPS Extended Real - Time Packet Service	Voz con detección de actividad (VoIP)	Tasa reservada mínima Tolerancia a la latencia Tolerancia al jitter Prioridad de trafico Tasa sostenida máxima
nrtPS Non-Real-Time Packet Service	Protocolo de transferencia de archivos (FTP)	Tasa reservada mínima Tasa sostenida máxima Prioridad de trafico
BE Best-Effort Service	Transferencia de datos navegación Web	Tasa sostenida máxima Prioridad de trafico

2.5.2.2 Movilidad

La vida de la batería de los dispositivos móviles y los handoff son dos aspectos críticos en las aplicaciones móviles. El estándar no ha dejado estos aspectos en el aire:

Administración eficiente de la energía: WiMAX móvil soporta dos tipos de operación para la administración de la energía, Sleep mode e Idle Mode. Estos sistemas le proporcionan mayor duración a la carga de la batería.

Handover: El estándar soporta tres tipos de handoff, Hard Handoff (HHO, handoff duro), Fast base Station Switching (FBSS, conmutación rápida de estación base) y Macro Diversity Handover (MDHO). El Handoff por defecto es 16 HHO, mientras que los otros son modos opcionales. Se han desarrollado varias técnicas para optimizar el HHO, lo que ha derivado en conseguir delays menores a 50 ms y así lograr mejor calidad de comunicación.

2.5.2.3 Seguridad

WiMAX móvil incorpora las mejores técnicas de seguridad disponibles. Los aspectos de seguridad que incorpora son: autenticación de dispositivo/usuario, protocolos de administración, encriptación de tráfico, control y gestión de protección de mensajes planos y protocolo de optimización para handoffs rápidos.

2.5.3 CARACTERÍSTICAS ADICIONALES DE WIMAX 802.16-2005, ANTENAS INTELIGENTES

Smart Antenna, WiMAX móvil soporta antenas inteligentes (Smart antenna), las cuales son arreglos de antenas, que usa un algoritmo para procesar señales. Este sistema tiene múltiples prestaciones, entre las cuales se incluyen:

- **Beamforming:** Permite la mayor direccionalidad de la potencia de las antenas, lo cual aumenta la cobertura y capacidad del sistema.

- **Código de espacio - tiempo:** Reduce el margen de desvanecimiento.

- **Multiplexación espacial:** Proporciona ventajas para mayores tasas de transferencia. Mediante la multiplexación espacial se puede transmitir múltiples señales mediante varias antenas e igualmente para recibir la señal. Con MIMO 2x2 (arreglo de antenas, dos transmiten y dos reciben) se puede aumentar la tasa transmitiendo 2 señales de datos.

2.6 ARQUITECTURA DE LAS REDES WiMAX 802.16 – 2005

La arquitectura WiMAX está basada en una plataforma ALL-IP (todo IP), o sea, la conmutación de paquetes está presente en toda la arquitectura de extremo a extremo de la red (end-to-end), con esto se deja de lado la conmutación de circuitos como era tradicional en las redes de telefonía.

La red WiMAX proporciona la flexibilidad para acomodarse a un amplio rango de opciones de implementación, como lo son:

- Cobertura y capacidad de radio para sectores densos o levemente poblados.
- Para ambientes urbanos, suburbanos y rurales.
- Soporta variados tipos de topologías.
- Coexistencia de servicios fijos, nomádicos y móviles en la misma red.
- Bandas licenciadas y no licenciadas, aunque es muy poco probable que se pueda hacer un despliegue móvil en bandas no licenciadas, debido al escaso control que se puede tener sobre la banda y las interferencias que le afectarían.

Las redes de telecomunicaciones se pueden dividir en cuatro grandes bloques: CPE, red de acceso, edge y núcleo o core. Se presenta la descripción de estos bloques para la red WiMAX, figura Nº 2.

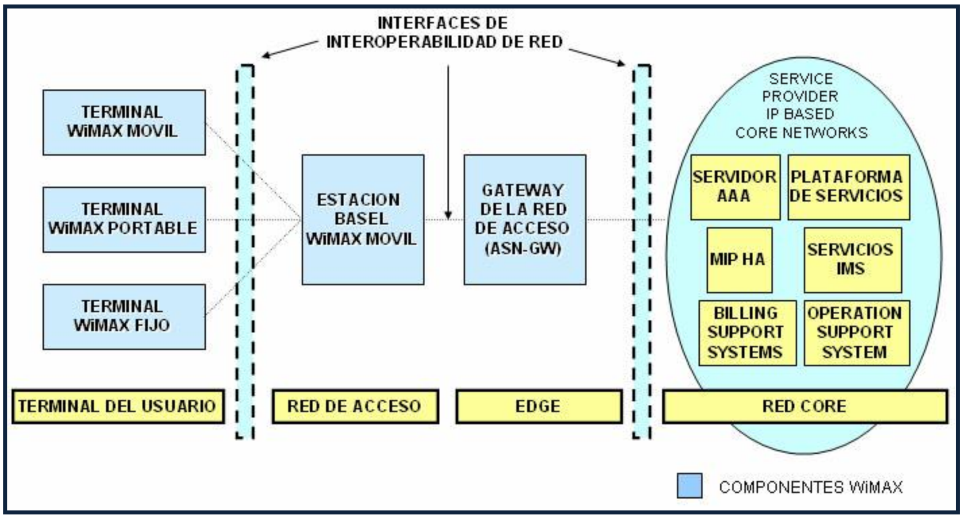


Fig. 2.2.- Arquitectura de red WiMAX

2.6.1 CORE O NÚCLEO DE RED

El núcleo es donde se localizan los equipos de alta capacidad de transmisión. En este bloque se encuentran los elementos centrales de red, los cuales son capaces de administrar y gestionar. Aquí se encuentran los servidores AAA, la plataforma de servicio, la red IMS y sistemas de cobros. La tecnología WiMAX es principalmente de acceso, no se necesita un núcleo de red exclusivo. El núcleo se puede interconectar con núcleos de otras redes, inclusive con otras redes de acceso (redes celulares o PSTN).

Dentro de las funcionalidades y protocolos del núcleo se encuentran:

Home Agent (HA): Almacena la información de los móviles permanentes en la red, entrega el soporte para la movilidad administrando el protocolo IP móvil. MIP (*Mobile IP*) es un protocolo diseñado para los dispositivos móviles, el cual les permite moverse de una red a otra manteniendo permanente su dirección IP.

Servidor AAA *(Authentication Authorization Accounting):* Es el encargado de realizar la autentificación, autorización y contabilidad en la red.

Servidor DHCP *(Dynamic Host Configuration Protocol)*: Responsable de la administración y asignación dinámica de direcciones IP para los dispositivos.

IMS *(IP Multimedia Subsystem):* Arquitectura flexible basada en la conmutación de paquetes para el despliegue de funciones móviles utilizando una amplia gama de aplicaciones como voz, texto, imágenes, video, etc. Optimiza la experiencia del usuario para aplicaciones multimedia integradas y ofrece a los operadores móviles un medio eficiente para proveer múltiples aplicaciones simultáneamente sobre múltiples canales de acceso.

2.6.2 EDGE

Edge, es la interfaz del núcleo con la red de acceso. Este segmento está compuesto por los Gateway del sistema. Los Gateway son conocidos, en WiMAX, como ASN – GW (Access Service Network Gateway). Estos pueden estar conectados a varias estaciones base, su función es hacer el papel de traductor hacia la red exterior de la información que viene del core.

2.6.3 RED DE ACCESO

Esta es la red donde están todos los sistemas que permiten llegar al usuario final, aquí donde se reflejan las ventajas de WiMAX en sus técnicas de propagación y modulación.
En este bloque se encuentran las estaciones base WiMAX móvil. Las BTS son las que establecen la conectividad con los CPE.

Como esta es una tecnología de microondas, el interfaz que separa la red de acceso con los terminales del usuario es el aire.

2.6.4 CPE (CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT) O TERMINAL DE USUARIO

Los CPE son los equipos que se ubican en el destino final del suscriptor, proporcionan conectividad vía radio con la estación base. En este bloque WiMAX también marca diferencia al ofrecer variados CPEs según la necesidad del servicio a ofrecer. Dentro de los terminales que se podrán disponer están:

Terminales fijos: WiMAX Móvil dispondrá de CPEs internos autoinstalables para computadores de escritorio, así como también CPEs con antenas externas para servicio de Internet y telefonía.

Terminales portables: Los principales dispositivos disponibles para WiMAX Móvil serán las tarjetas PCMCIA para notebooks y más adelante se espera la conectividad WiMAX integrada en los notebooks (similar a la solución Wi-Fi).

Obviamente los terminales portables podrán funcionar de manera fija.

Terminales móviles: Con la llegada de la movilidad aparecerán dispositivos tipo smartphone o PDA con WiMAX integrado. Estos dispositivos podrán funcionar de manera portable y fija.

CAPITULO 3

WiMAX COMO BANDA ANCHA INALAMBRICA

3.1 INTRODUCCION, TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

En la sociedad de la información en que se vive es necesario estar siempre conectados y ubicables. Es extraño pensar que hace 10 años atrás los teléfonos móviles eran una exclusividad y hoy no se puede imaginar sin ellos. Así van evolucionando las necesidades y van apareciendo nuevas tendencias tecnológicas.

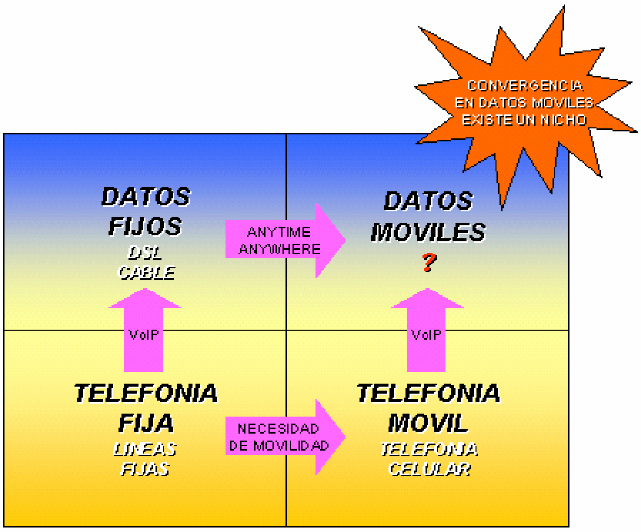


Fig. 3.1.- Tendencias en los datos y la movilidad

Existe una clara tendencia a la movilidad. Cada vez es más común dejar las líneas de telefonía fija por la celular (figura 3.1), tendencia que lentamente ira tomando terreno en el área de datos. No es extraño ver cada vez más hotspot (puntos de acceso) con tecnología Wi-Fi gratuitos, disponibles en restaurantes, cafeterías, 70 hoteles y aeropuertos. La gente está en busca de liberarse de los cables y tener la opción de conectarse en cualquier lado. Este estado de nomadicidad es el primer paso para la movilidad total, que va a permitir tener conexión arriba de un auto o tren. Por la movilidad total o celular, es por la cual apuestan los proveedores y operadores, ofreciendo nuevos productos y servicios para estas nuevas necesidades.

Los operadores cada vez ofrecen conexiones de Internet de mayor capacidad y a menores precios, otra clara tendencia de las telecomunicaciones. Por otra parte las bajas de los precios se deben, en parte, a la integración de redes y las economías de escala.

En lo que respecta a la telefonía, también se observan cambios en los hábitos del consumidor y la oferta de los proveedores. Antiguamente la transmisión de voz era exclusiva por conmutación de circuitos. Actualmente, con la tecnología IP esto cambio. En la actualidad la voz es tratada como un dato y enviada a través de paquetes por la red IP, voz sobre protocolo Internet. Aún la VoIP no proporciona los niveles de QoS de la antigua PSTN, pero los buenos precios son suficientes para

que la voz sobre IP tenga tanto éxito y se masifique de manera muy rápida.
Las aplicaciones en Internet disponibles son cada vez más pesadas, son comunes los streaming de video o audio, en general los archivo multimedia requieren grandes capacidades de transmisión de datos. Sin banda ancha, todos estos servicios serían inútiles.

Desde el punto de vista de la demanda, queda claro que las tendencias apuntan a requerir mayores capacidades de transferencia de datos, mejor y mayor movilidad y obviamente costos más bajos, características que se incorporan en tecnologías como WiMAX Móvil, además de requerir mejor QoS, lo que implica un buen servicio y equipos atractivos para los usuarios que soporten los nuevos servicios y que sean fáciles de usar.

Por otra parte a los operadores les interesa aprovechar mejor los recursos disponibles, ya sea implementando redes más económicas, integrando redes o aprovechado el espectro radioeléctrico disponible, características que soportan las nuevas tecnologías de banda ancha inalámbrica. Se puede asegurar que el futuro apunta a una migración progresiva de usuarios hacia una red multimedia única, que sustituirá a las distintas redes de acceso actuales, como la red telefónica fija, telefónica móvil, red IP o de televisión, o sea, la convergencia no va a limitarse a plataformas o dispositivos sino que también afectará a las mismas redes.

La comunicación de voz móvil se ha desplegado a un ritmo vertiginoso, en cambio la transmisión de datos móviles lo hace a un ritmo inferior. Si bien es cierto, las redes celulares ofrecen movilidad prácticamente ilimitada son aún muy costosas, mientras redes de datos nomádicas como las Wi-Fi son muy económicas. Pese a esto, se puede asegurar que en la tecnología móvil, las ventajas económicas serán evidentes, ya que permite que el acceso a información de forma instantánea, en el lugar y el momento preciso.

3.2 WiMAX COMO BANDA ANCHA INALAMBRICA

SOLUCION WiMAX

Debido a las altas capacidades de transferencia de datos que puede ofrecer WiMAX, es una solución eficiente para la banda ancha móvil. WiMAX también podrá dar servicio a velocidad vehicular (hasta 120 km/hr), entonces el usuario podrá tener todas las ventajas de la tecnología en su automóvil, el bus o el tren, en cualquier lugar a cualquier hora.

Existen grandes fabricantes de detrás de WiMAX 802.16e que buscan integrar la solución WiMAX a los notebooks, siguiendo el ejemplo de Wi-Fi. Se espera que para el 2007 - 2008 estén disponibles los primeros notebooks equipados, al menos eso es lo que pronostica la compañía fabricante de chipset WiMAX, Intel.

La solución que propone WiMAX abarca diferentes tipos de servicios, como lo son la banda ancha inalámbrica fija, banda ancha inalámbrica nomádica y banda ancha inalámbrica móvil.

3.2.1 SOLUCIONES WIMAX FIJO

El estándar 802.16 – 2004 (WiMAX Fijo), puede entregar soluciones fijas y nomádicas dentro de las que destacan:

Soluciones fijas: Interconexión de redes “islas” (backhaul) celulares o Wi-Fi. Actualmente se ocupan en redes celulares líneas dedicadas o enlaces de microondas para su interconexión.

Proporcionar Internet y telefonía a empresas y hogares a través de CPEs exterior o CPEs interiores auto instalables por el usuario. Parecido a lo que ofrece WLL (Wireless Local Loop, Internet inalámbrico fijo de microondas) o DSL inalámbrico.

Para CPEs interiores (o sin línea vista, NLOS) la solución WiMAX fija es un poco limitada, debido al tipo de multiplexión OFDM; principalmente enfocado para pymes. Es comparable en cuanto a capacidad a cable o ADSL.

Internet y telefonía a sectores rurales o alejados, debido a su alta capacidad y amplia cobertura es una solución económica para dar acceso a los servicios a los sectores más retirados del país, transformando a WiMAX en una sólida herramienta para disminuir la brecha digital.

Solución nomádica: Hotspot, puntos de acceso en restoranes, bibliotecas, cafeterías, aeropuertos, etc. usando tarjetas en los notebooks (PCMCIA), solución parecida a la que proporciona Wi-Fi.

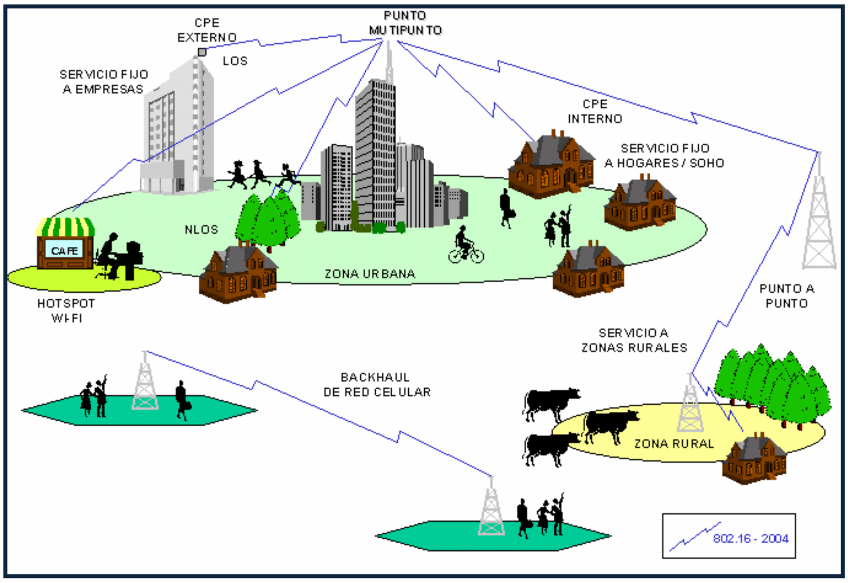


Fig. 3.2.- Esquema de servicios WiMAX Fijo

3.2.2 SOLUCIONES WIMAX MOVIL

El estándar 802.16e (WiMAX Móvil), en cambio, puede entregar soluciones fijas, nomádicas y móviles.

Solución fija: Puede proporcionar Internet y telefonía a empresas y hogares a través de CPEs exteriores e interiores auto instalables.

Solución nomádica: Al igual que 802.16 – 2004, la versión móvil puede usarse como solución nomádica, ya que se puede acceder en cualquier lugar de cobertura, usando tarjetas en los notebooks (PCMCIA), PDA u otro dispositivo.

Solución Móvil: Esta tecnología tiene soporte para la movilidad total, soportando handoff y roaming nacional e internacional. Los dispositivos usados pueden ser notebooks, PDAs o smartphones.

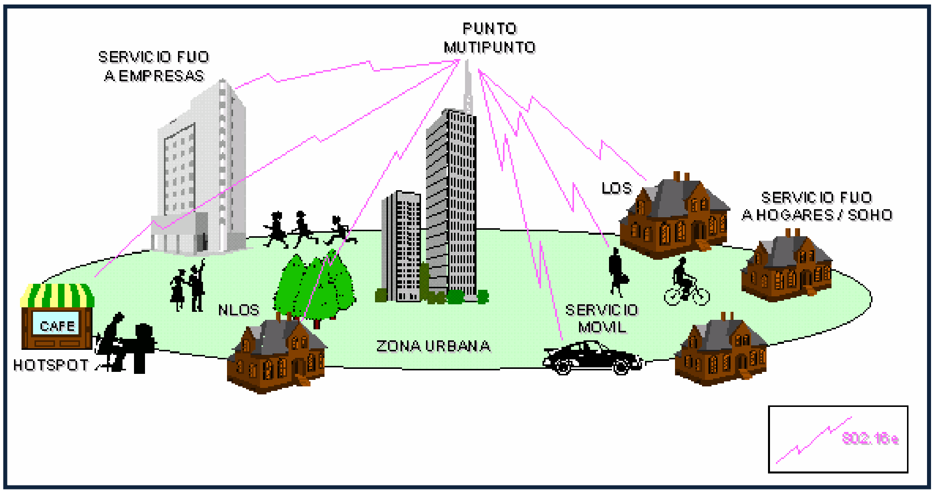


Fig. 3.3.- Esquema de servicios WiMAX Móvil

Se aprecia en el análisis anterior una convergencia en las soluciones de ambas tecnologías.

Actualmente varios operadores está considerando WiMAX, pero la mayoría indican que si bien no descartan el potencial portátil/móvil de WiMAX, su principal interés en este momento es el potencial que WiMAX Fijo ofrece como backhaul (Wi-Fi y celular) y el servicio inalámbrico fijo.

3.3 MOVILIDAD Y CAPACIDAD

WiMAX Móvil, podrá dar la movilidad full o movilidad celular, soportando handoff a altas velocidades (120 km/hr), sin sacrificar la calidad del servicio. Otro aspecto importante es la capacidad que puede ofrecer esta tecnología, ya que es ampliamente superior a la competencia 3G.

3.4 SERVICIOS Y APLICACIONES

Producto de la alta capacidad ofrecida por WiMAX Móvil se pueden tener distintas aplicaciones en el dispositivo móvil.

TABLA Nº 3.1. Clases de tráfico y sus aplicaciones

Clases de trafico	Clase de conservación	Clase Streaming	Clase interactiva	Clase Background
Características fundamentales	Conserva la relación de tiempo entre las identidades de información origen y destino (retardo muy reducido)	Conserva la relación de tiempo entre las entidades de información origen y destino (existe retardo, pero constante)	Patrón de petición de respuesta. Sin perdidas de información	El destino no espera datos en un cierto tiempo. Sin pérdidas de información.
Ejemplo de aplicación	Voz, video, etc.	Streaming de audio y video	Navegación Web	Descarga de e-mail

Para tener una idea de lo que se puede hacer con la velocidad de datos, a continuación se nombrarán las aplicaciones más comunes y capacidad necesaria para ofrecer los servicios:

TABLA Nº 3.2. Velocidad recomendada de datos para distintas aplicaciones

Aplicación	Capacidad promedio
Microbrowsing (WAP)	14 - 32 Kbps
VoIP	32 - 64 Kbps
Mensajes multimedia (MMS)	14 - 64 Kbps
Video conferencia	128 - 384 Kbps
Navegación en la Web	32 - 384 Kbps
Aplicaciones Empresariales (sincronización de e-mail, acceso a bases de datos, VPN)	64 - 384 Kbps
Streaming de audio y video	64 - 2048 Kbps
Descargar contenido multimedia	> 256 Kbps

Estos datos son referenciales, ya que, a mayor capacidad de transmisión, más rápida y mejor funcionarán las aplicaciones. La banda ancha móvil puede ser el compañero ideal para el profesional que tiene que trabajar en terreno o revisar estructuras de manera remota, puesto que puede revisar e-mail o tener una video conferencia donde sea que esté; ya existen teléfonos móviles capaces de sincronizarse con el Microsoft Outlook.

Los terminales cada vez incluirán más funciones, hasta convertir el dispositivo en un computador móvil.

La versión fija de WiMAX (802.16 – 2004), en cambio, aborda una necesidad particular del mercado, que es la disponibilidad de una solución de bajo costo que pueda proporcionar acceso de banda ancha y de voz a regiones del mundo donde la implementación de un servicio cableado no tiene sentido. Pretende reducir los costos de operación y mejora la experiencia del usuario a través de velocidades más altas. Por eso se puede asegurar que WiMAX será un aporte para disminuir la brecha digital.

3.5 SITUACION Y COMPATIBILIDAD DE 802.16 – 2004 Y 802.16 – 2005

La decisión de los operadores de implementar una red WiMAX Fijo o móvil es compleja, debido a los alcances y numerosas técnicas que soporta cada estándar como las demandas de mercado de los servicios que proveen.

Cuando se anunció la aparición de WiMAX (en su versión fija) generó grandes expectativas en el mercado debido a la versatilidad de soluciones de la tecnología.

Frente a la aparición del estándar móvil la situación cambió de rumbo, mientras algunos estaban escépticos a las promesas de WiMAX Móvil, otros fueron centrando sus esperanzas en la nueva versión, ya que, aparentemente tiene las mismas prestaciones del primer estándar e incluye características adicionales como la valorada movilidad. Para los operadores que aún no se han decido por la versión fija, la aparición del estándar móvil de WiMAX a generado más de una duda en ellos en cuanto a la decisión de que versión implementar. El problema es aún mayor después de que el WiMAX Forum, los fabricantes y los proveedores anuncien que no tienen en sus planes compatibilizar el hardware de las redes WiMAX, debido a las diferencias técnicas entre ambas.

Las dos versiones pueden ofrecer soluciones similares en teoría, por ello se puede pensar que ambas tecnologías estén apuntadas al mismo segmento de mercado, compitiendo entre ellas para ganarse el mercado de la comunicación nomádica, lo que no tiene mucho sentido. La situación no es así. En una primera etapa, la incorporación del nuevo estándar, no desplazará a 802.16 – 2004, sino, sólo la limitará a ser una solución principalmente para servicios fijos con LOS y OLOS y soluciones que requieran mayor capacidad de datos (la solución fija puede proporcionar mayor capacidad de transferencia de datos que la versión móvil), mientras que para los servicios nomádicos, móviles y NLOS, la ventaja la tendrá 802.16 – 2005, ofreciendo un mejor desempeño para dichas condiciones. Entonces el mercado al cual están enfocadas las tecnologías es diferente, la fija se espera ser usada para backhaul de redes, para dar acceso a lugares alejados o servicios de Internet inalámbrico fijo con CPEs externos e internos principalmente a pymes, mientras que la versión móvil para el acceso de Internet y telefonía en condiciones fijas, nomádicas y móviles con CPEs internos y autoinstalables enfocado a proporcionar el personal broadband. En resumen, son dos segmentos diferentes y perfectamente compatibles. WiMAX Fijo, probablemente compita con tecnologías de banda ancha cableados, como ADSL, mientras WiMAX Móvil, tendrá la dura labor de competir con las tecnologías 3G.

La aparición de WiMAX móvil y posterior masificación no será tan simple, ya que, esta tecnología se enfrenta a un escenario muy hostil, su competencia es fuerte y su mercado es bastante competitivo. Por eso, una de las estrategias de los fabricantes y proveedores de la versión móvil, es prometer atractivas ofertas en los CPEs, lo cual traerá equipos terminales muy económicos para entrar de manera rápida y masiva al mercado y ganar de una vez el segmento reservado hace años por las generaciones de la telefonía celular (2G, 2.5G y 3G). La aparición de la versión móvil es segura, los proveedores trabajan en los primeros dispositivos de prueba, los fabricantes están invirtiendo millones en su desarrollo, pero su entrada al mercado no le asegura el éxito inmediato. Los operadores están presionando por obtener la convergencia de los estándares.

Es impensable que el usuario comprará dos tarjetas para su notebook, una para acceder a las redes 802.16 – 2004 y la otra para la red 802.16- 2005. Debido a esto, los fabricantes como Intel están centrando sus recursos en crear un chip dual para incluir en los CPEs, o sea, que soporten ambas tecnologías, gracias a eso el usuario podrá elegir por software como quiere que funcione su equipo, para redes 802.16 – 2004 o 802.16 – 2005, asumiendo las características técnicas de cada estándar, con sus fortalezas y debilidades.

La convergencia llegará, pero por el lado de los CPEs, buscando beneficiar al usuario. Pero esa convergencia es bastante limitada, ya que, las redes de acceso WiMAX son diferentes para cada estándar, y en este ámbito aparentemente no habrá compatibilidad a corto plazo.

Todavía existe la duda, ¿Comercialmente, coexistirán las tecnologías o la versión 2005 desplazará a la 2004? Aunque ya existen varios proveedores que apuestan sólo por la versión móvil todavía hay quienes creen en el potencial de la versión fija o simplemente tienen una infraestructura que no quieren sacrificar por la apuesta que significa WiMAX Móvil. Es complicado responder a priori, pero posiblemente la versión móvil lentamente ira tomando el terreno que hoy maneja WiMAX Fijo, aún así es poco probable que a corto plazo la haga desaparecer del mercado.

Finalmente, la respuesta a la pregunta la tienen los operadores y el mercado, si apuestan por una versión, por ambas o simplemente por ninguna. Lo que deben tener claro al momento de decidir qué red implementar, es que 802.16 – 2004 y 802.16 – 2005 son estándares distintos, sus alcances no son los mismos y por ello están dirigidos a segmentos diferentes.

Es seguro, la necesidad de banda ancha nomádica/móvil está presente, y si no es WiMAX, será otra la tecnología que llene ese nicho.

CAPITULO 4

DESCRIPCION TECNICA SOBRE LA OPERACION DE LA RED WIMAX DE TV CABLE Y TELMEX

4.1 INTRODUCCION

Guayaquil actualmente tiene cuatro empresas que tienen relación con la tecnología WiMAX hablamos de Punto Net, TVCABLE CNT y TELMEX, esta red inalámbrica de largo alcance permitirá mayor cobertura del servicio de internet, VOIP y datos.

Además, ofrece rapidez en el transporte de información y descargas. Se prevé que los equipos móviles se irán incorporando al sistema.

El ancho de banda que maneja esta red permite mayor velocidad en el transporte de información y en descargas de música y videos; y se pueden combinar estas tareas con llamadas telefónicas en forma simultánea.

Esta tecnología de manera muy similar a la telefonía celular con estaciones base o celdas que transmiten la señal.

La red WiMax tiene posibilidades de cobertura superiores a las redes inalámbricas de corto alcance, cuyo uso se ha popularizado, como la WiFi, que se utiliza desde hace seis años en algunos sitios del país, entre ellos, centros comerciales, aeropuertos y hoteles y cuya señal puede llegar hasta un radio de 100 metros.

La cobertura del sistema WiMax puede llegar a un radio máximo de 50 km en zonas donde no haya obstáculos. Un enlace de fibra óptica permitirá a las empresas, que proporcionan el servicio de internet y telefonía, conectarse con las estaciones bases para que WiMax proporcione el servicio a través de su banda ancha.

En este capítulo se explicara a detalle todo sobre las entrevistas realizadas a las dos operadoras elegidas para este análisis Tv Cable y Telmex para su pertinente análisis en el capitulo posterior.

4.2 EL GRUPO TV CABLE

4.2.1 HISTORIA

TV Cable fue fundada en 1986. Ese año se inició la construcción e instalación de sus sistemas de Televisión por Cable y Aerocable (Televisión por Cable de acceso aéreo), llegando con sus redes de distribución a varios sectores de las principales ciudades del país.

En septiembre de 1987 TV Cable empieza sus actividades entregando lo último en tecnología y lo más actualizado en televisión mundial a sus suscriptores.

Su crecimiento masivo le permitió llegar a todos los sectores urbanos de Quito, Guayaquil, Cuenca, Loja, Ambato, Portoviejo, Manta, Ibarra, Tulcán, Salinas, Riobamba y Machala.

4.2.2 CONFORMACIÓN DEL GRUPO TV CABLE

El Grupo TV Cable durante su periodo de expansión ha ido implantando en su sistema varios tipos servicios en los cuales destacan la Televisión por Cable el cual es ofrecido por TV Cable, Internet y Transmisión de Datos por Satnet, Telefonía IP por Setel y Servicios Inalámbricos por Suratel.

4.2.3 TIPO DE SERVICIOS

TELEVISIÓN POR SUSCRIPCION

Fig. 4.1.- Set top box para TV digital

Tiene en su servicio una amplia gama de canales de televisión en los cuales constan canales nacionales, canales internacionales, canales de audio y canales PPV. Su sistema se ofrece de forma digital y analógica en el modo cableado y únicamente análogo en el modo aéreo (Aerocable)

INTERNET

Fig. 4.2.- Módem para internet

Su sistema de internet es uno de los principales en el país. Uno de sus inconvenientes es que últimamente se han presentado problemas técnicos, ocasionando así conexiones intermitentes, perdidas del ancho de banda y otros.

Disponen de anchos de banda desde 150kbps hasta 3.1mbps.

TELEFONÍA

Fig. 4.3.- Gateway VOIP LINKSYS

Es ofrecida para distinto tipos de soluciones como son: telefonía residencial, telefonía corporativa y telefonía para locutorios, la tecnología que se utiliza es la de voz sobre ip y se instalan teléfonos con cierto límite de minutos mensuales.

El Grupo TV Cable fue el primer cable operador en ofrecer los servicios de Televisión por Cable, Internet y Telefonía IP por su misma red pero en el mes de agosto de 2008 se presenta como su principal competidor la internacional Telmex ofreciendo los mismos servicios, y de igual forma DirecTV pretende ofrecer los servicios de forma satelital.

4.2.4 LA TECNOLOGIA WiMAX EN EL GRUPO TV CABLE

Para entender el funcionamiento de esta tecnología en Guayaquil el Grupo Tv Cable nos explico de una forma muy clara y precisa la forma en la cual está conformada la Topología de su red WiMAX.

Empezaremos explicando de una forma muy general la constitución de esta red a lo largo de toda la ciudad.

TV Cable tiene una gran demanda de clientes en toda la ciudad de Guayaquil a la cual no tenía acceso con su red alámbrica tales como en los sectores de Prosperina, Mapasingue, Vía Daule km 14, Los Ceibos Guasmo, etc. En necesidad a responder a dicha demanda Tv Cable formo una red para la plataforma WiMAX. Con la ayuda de ésta tecnología suprimió los problemas de acceso a la última milla en estos sectores como por ejemplo orografía, robos de cobre, de hecho con la antigua red era muy común el fallo del servicio de un abonado por motivo del robo de un cable principal que proveía algún servicio como por ejemplo el internet.

El Grupo Tv Cable tiene actualmente cuatro radio bases WiMAX en toda la ciudad, ubicadas en el Cerro Jordán, Cerro Mapasingue, Los almendros, y el edificio Forum.

4.2.5 DESCRIPCION DE LA RED WIMAX EN TV CABLE

CERRO JORDÁN

Fig. 4.4.- Cerro Jordán vista lateral (Guayaquil)

En la red WiMAX de TV Cable algo muy particular que ocurre en el Cerro Jordán y en el Cerro Mapasingue, con respecto a la estaciones bases.

La cobertura que se tiene en estos dos sectores es de 360 grados debido a la configuración de sus antenas, imaginémonos que dividimos el sector que queremos dar cobertura en 4 cuadrantes y cada cuadrante lo nombramos con letras A, B, C, D respectivamente como indica la Fig. 4.5.

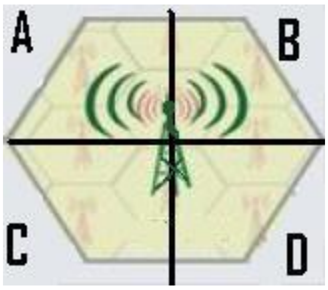


Fig. 4.5.- Antenas Sectoriales

Entonces tenemos la siguiente asignación: Jordán AC y Jordán BD esto nos beneficia ya que tendríamos una cobertura total del sector. Con esta estación base se espera cubrir lo que es el sector de Pascuales, Perimetral y la Vía Daule.

CERRO MAPASINGUE

Fig. 4.6.- Cerro Mapasingue vista superior (Guayaquil)

Para Mapasingue al igual que Jordán tenemos la siguiente cobertura Mapasingue AC y Mapasingue BD, esta estación base cubre los sectores de Mapasingue además del este y oeste de Guayaquil.

EDIFICIO FORUM

Fig. 4.7.- Edificio Forum

La cobertura de esta estación base abarca todo lo que tiene que ver con el suburbio, cabe recalcar que en el momento de la entrevista se pudo monitorear el total de abonados que estaban conectados en ese momento en esta estación base, los cuales eran alrededor de unos 300 suscriptores, esta estación base tiene una cantidad máxima aproximada de 400 clientes.

LOS ALMENDROS

Fig. 4.8.- Los Almendros vista superior (Guayaquil)

La cobertura de esta estación base ubicada en Los Almendros abarca toda La Floresta y El Guasmo cubriendo así todo el sur, el objetivo de hacer este tipo de cobertura es para poder llegar a las empresas que están ubicadas en este sector, ya que el sur se caracteriza por ser una zona básicamente industrial, otro de los objetivos importantes es frenar el robo de cobre que antes existía en este punto de la ciudad.

Cada estación base tiene un MacroMAX Base Station que es un dispositivo que recoge la señal de las antenas WiMAX, para poderla enviar (Vía Ethernet) a un concentrador WiMAX y éste a su vez envía los datos (Vía fibra óptica) al concentrador principal WiMAX, éste concentrador es un switch de capa tres marca TELLABS 8606 en este switch convergen todas las estaciones bases de TV CABLE.

Fig. 4.9.- MacroMAX Base Station

En la figura 4.9 se muestra el MacroMAX Base Station del proveedor WiMAX que tiene TVCABLE llamado AIRSPAN, Esta marca le da a TVCABLE soporte y mantenimiento por medio de su sucursal ubicada en Argentina.

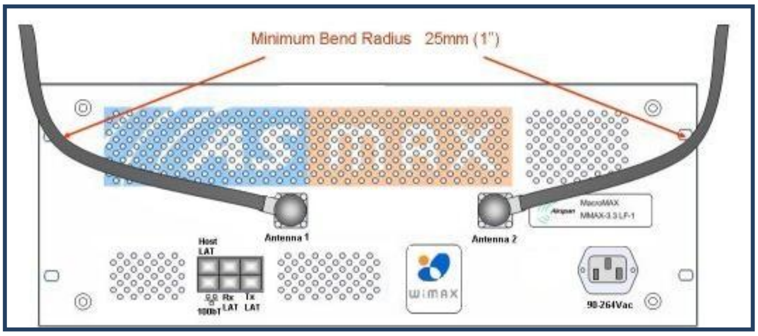


Fig. 4.10.- Esquema de la MacroMAX Base Station

Fig. 4.11.- Instalación de la MacroMAX Base Station

Los cables que van a la antena deben colocarse de la forma que muestra la Fig. 4.10 para que el cable no sufra ninguna fisura al momento de instalarlo en el rack respectivo ilustrado en la Fig. 4.11.

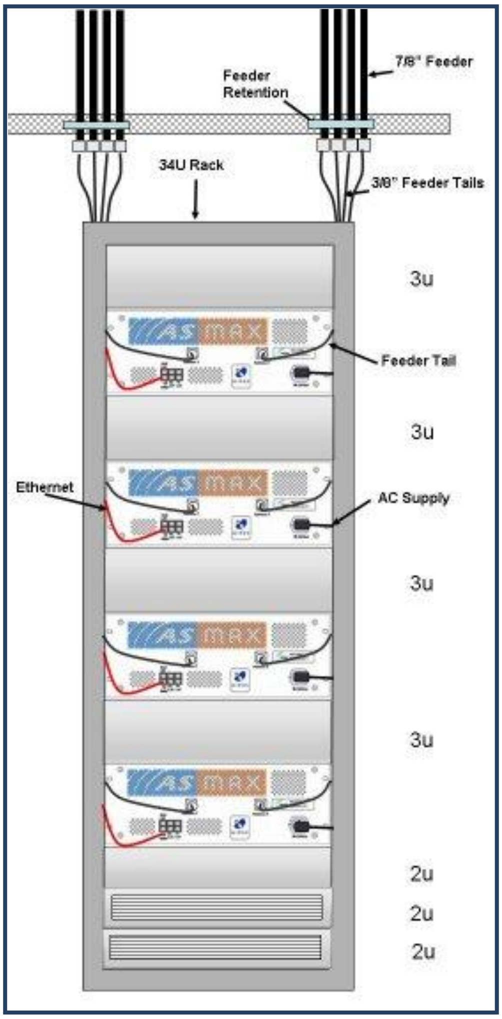


Fig. 4.12.- Rack de una MacroMAX Base Station

En la Fig.4.12 se muestra la correcta instalación de una estación base WiMAX basada en equipos AIRSPAN, todas las MacroMAX tienen su respectiva alimentación y su puerto

Ethernet para conectarse con el concentrador WiMAX tal como se muestra en la topología.

Fig. 4.13.- Concentrador WiMAX TELLABS 8606

Éste switch por medio de sus puertos recoge todos los datos que están receptando las estaciones bases y las envía al TELLABS 8660 que es el MPLS principal de Guayaquil, en estos dos dispositivos se configuran las VLAN'S (Virtual LAN'S) para cada tipo de servicio, es decir una VLAN para el servicio de Internet y otra para voz y datos, la figura 4.14 ilustra una aplicación típica de estos dos dispositivos.

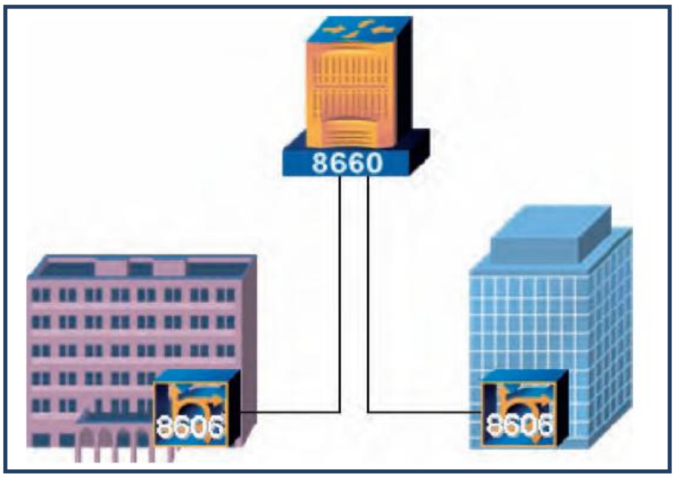


Fig. 4.14.- Aplicación del Tellabs 8606 y 8660

La función que cumple el Tellabs 8660 en términos generales es filtrar todos los paquetes de la red, identificarlos y enviarlos por un puerto asignado ya sea para internet o telefonía, si nos fijamos en la topología de TV CABLE para WiMAX tenemos que el 8660 va conectado a un Router de la serie CISCO 7206, éste router hace de Gateway para que la red tenga salida a Internet, así también tenemos un switch de capa tres marca SAFARI conectado al 8660 el cual hace de Gateway para el backbone de voz sobre ip, con éste router tenemos la ínterconectividad a Porta, Movistar, CNT y Etapa para poder realizar el servicio de telefonía o VOIP (voz sobre ip).

WiMAX EN NUESTROS HOGARES

Ahora que conocemos la topología de la red WiMAX de TVCABLE, entremos en detalle cómo llega ésta tecnología a nuestras casas.

Una vez que las estaciones bases son instaladas en puntos referenciales de la ciudad de tal forma que se pueda tener la máxima cobertura posible, se procede a la asignación de suscriptores (abonados) para los servicios de Internet y telefonía, la figura 4.15 muestra como WiMAX provee Internet a un cliente o usuario final.

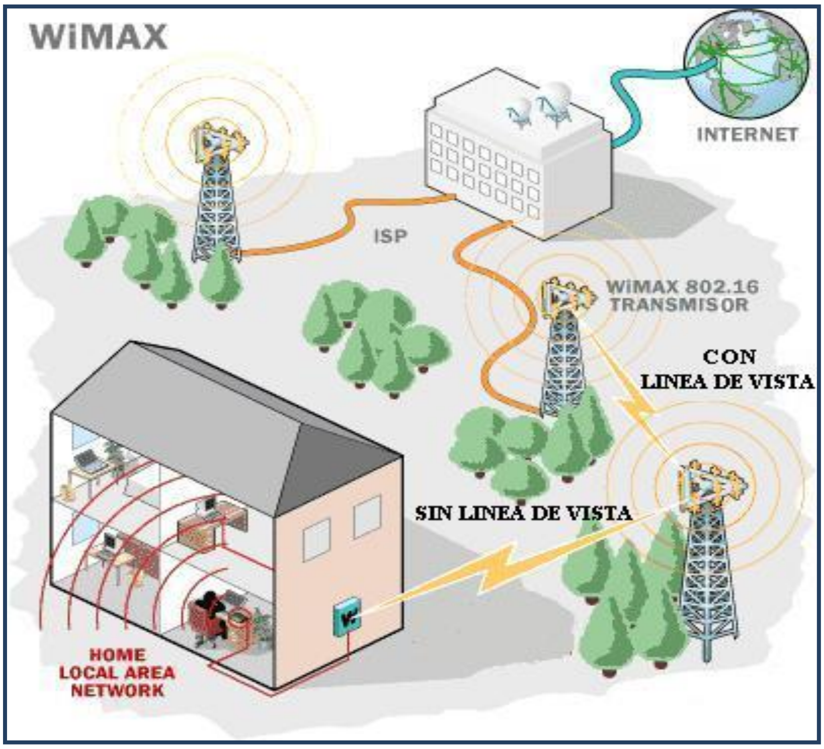


Fig. 4.15.- WiMAX en nuestros hogares

Para clientes lejanos de las principales estaciones bases como por ejemplo el Duran Outlet se crea un enlace con línea de vista entre el edificio Forum y una torre ubicada en Duran, de ésta manera se puede expandir la cobertura de la red, ya que una de las principales características de WiMAX es su escalabilidad, ésta torre ubicada en Duran haría las veces de repetidora de la señal para llegar a su cliente final de una manera fiable y sin necesidad de tener línea de vista.

El dispositivo que se encarga de receptar la señal WiMAX es el PRO-ST de Airspan (Fig.4.16.), es de tipo ODU (OutDoor Unit) unidad externa por sus siglas en ingles, la ubicación de esta antena varía dependiendo de la granularidad de las estaciones bases, por lo general WiMAX está orientada a no tener línea de vista pero esto depende de cuantas estaciones bases se tenga alrededor de la casa del cliente, cabe recalcar que esta antena nos sirve para tener Internet y telefonía al mismo tiempo en caso de que el abonado así lo desee, ya que quien hace el papel de distinguir los servicios es el sistema MPLS antes mencionado.

Fig. 4.16.- ProST 3.5 Ghz DE AIRSPAN

La modulación que usa este tipo de enlace es 64QAM que fue descrita por el entrevistado como la mejor modulación en sistemas digitales de banda ancha este dato se corrobora en la siguiente la tabla.

TABLA Nº 4.1. Modulaciones digitales típicas para WiMAX

Tipo de ID	Tipo de modulación	Codificación	Información bits/símbolo	Información de bits/símb OFDM	Tasa pico de dato a 5MHz (Mb/s)
0	BPSK	1/2	0.5	88	1.89
1	QPSK	1/2	1	184	3.95
2	QPSK	3/4	1.5	280	6.00
3	16QAM	½	2	376	8.06
4	16QAM	¾	3	568	12.18
5	64QAM	2/3	4	760	16.30
6	64QAM	3/4	4.5	856	18.36

El proveedor de AIRSPAN dispone que para una calidad de servicio óptima en nivel de señal a ruido (S/N) deba ser mayor a -28 dBm para Internet y -31 dBm para Telefonía

Esta antena requiere una alimentación de -48v la cual lo provee un equipo SDA-1 de tipo IDU (InDoor Unit) unidad interna por sus siglas en ingles, éste equipo se conectara a la toma de 110V para el caso de Ecuador, este mismo equipo hace de interface para el acceso a los datos vía Ethernet, tal como se muestra en la Fig. 4.17.

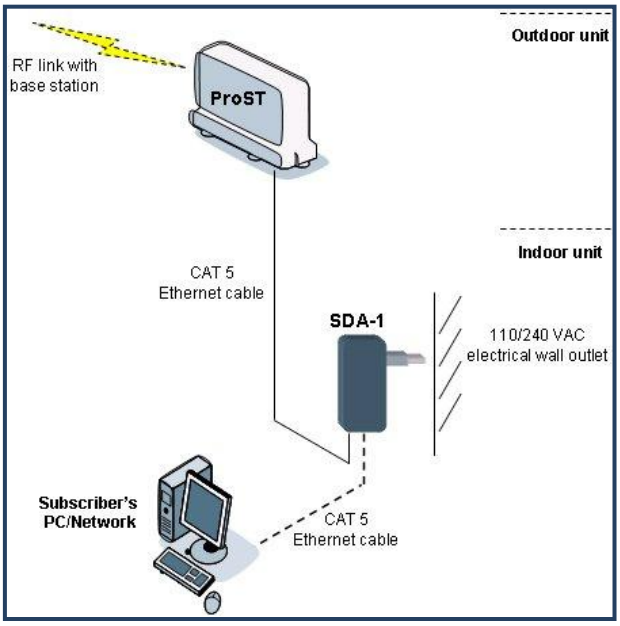


Fig. 4.17.- Instalación de la ProSt de Airspan

La Figura 4.18 muestra el enlace de última milla y la manera de cómo se ubicara el ProST en la casa del cliente.

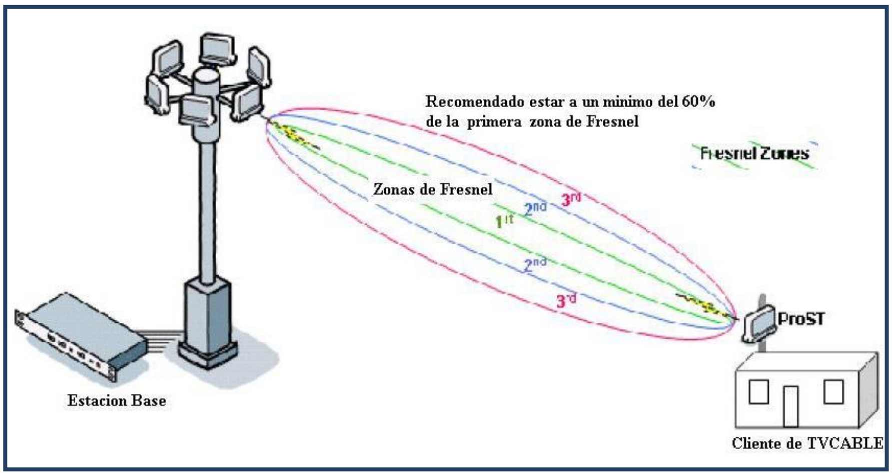


Fig. 4.18.- Acceso a La última milla

El camino que recorre la señal por el aire, desde la antena transmisora hasta la receptora, puede tener diversas características, desde una línea vista, una línea obstruida por algún cerro o un camino interrumpido por árboles o edificios.

4.3 TELMEX

4.3.1 HISTORIA

Teléfonos de México fue fundado en 1947 cuando el entonces presidente mexicano, originario de Veracruz, Miguel Alemán Valdés fusionó a las empresas Ericsson en México y a la International Telephone and Telegraph Company, formando una empresa del estado mexicano, la cual se convirtió en la única proveedora de servicios telefónicos en el país.

Más tarde, después del Terremoto de México de 1985, la central telefónica de la empresa estatal colapsa, debido a que la central telefónica del país estaba concentrada en el Distrito Federal dejando aislada a la ciudad y al país al no tener servicio de larga distancia nacional e internacional restablecida en los primeros meses del año siguiente, y adicionalmente después del terremoto, todas las casetas de la telefonía pública del Distrito Federal se hicieron gratuitas en apoyo a la población para la comunicación después del desastre.

En 1990 el presidente de México Carlos Salinas de Gortari decidió comenzar un proceso de privatización. Se presentaron varios grupos de inversionistas formados por empresas nacionales e internacionales, resultando ganador el consorcio creado por Carlos Slim, France Télécom y SBC Communications entre otros pequeños inversionistas, pero este consorcio se apoderó del 53% y al ser el accionista mayoritario, compró un restante dejando al fundador con el 31% de las acciones.

Después de su privatización Telmex comenzó con un plan de inversión en nueva tecnología, fibra óptica, y cobertura total del país, se restablece el cobro en casetas de telefonía pública que permaneció gratuita por años después del terremoto, mediante la sustitución de las antiguas casetas por marcación de disco de GTE Corporation, por las digitales de tarjetas electrónicas individuales. En 1997 se abrió el mercado mexicano de la telefonía, con lo cual entraron AT&T, MCI y Axtel, entre otras, pero ninguna logró afectar seriamente a Telmex.

A partir de 1996 Telmex ha dejado de contratar empleados de confianza y ha empezado a contratar empleados con menos prestaciones laborales (solo las de la Ley) mediante la empresa Comertel Argos, así también, se ha dado cada vez mayor interés en invertir incansablemente en las Empresas Red Uno y Uninet, de las cuales el 100% del capital es de Carlos Slim (esto a partir de 1999). De tal manera que los nuevos productos que se ofrecen serán de Tecnología IP, Internet, MPLS.

4.3.2 TELMEX EN ECUADOR

Ecuador Telecom S.A. (antes también conocida como Ecutel) es la representación jurídica de Telmex en Ecuador.

Ha tenido una gran expansión desde su ingreso al país prestando servicios de calidad como: televisión digital, internet y telefonía IP. De igual forma es la empresa hermana de la ya presente Porta.

HISTORIA DE TELMEX EN EL PAÍS

Agencias Telmex propiedad del magnate Carlos Slim, el tercer hombre más rico del mundo compró la totalidad de las acciones de Ecutel, que usa tecnología inalámbrica para ofrecer telefonía fija y tiene 5.000 clientes a nivel nacional, por una cantidad no revelada.

Slim tiene presencia en Ecuador a través de la operadora celular Porta, filial de su empresa de telefonía inalámbrica América Móvil, que atiende a 5,7 millones de abonados Ecuador Telecom tiene una concesión por 15 años otorgada en el 2002 para prestar telefonía inalámbrica fija, incluido los servicios locales, de larga distancia nacional, telefonía pública y también transmisión de datos usando la tecnología WLL.

En el mes de marzo de 2008 Telmex Internacional realiza la compra de la empresa para iniciar su expansión dentro del Ecuador, en el mes de julio después de largos esfuerzos por cablear las ciudades de Guayaquil y Quito, empiezan a prestar sus servicios en el área de Internet y telefonía IP, pero en si se presentó como Telmex en el mes de Agosto y conjuntamente presentando también su servicio de televisión digital.

4.3.3 TIPO DE SERVICIOS

Como antes se mencionaba, Ecutel era una empresa dedicada a ofrecer sus servicios de forma inalámbrica, lo cual además de exceder costos, no era una alternativa para prestar sus nuevos servicios a todo el país por lo cual se instaló nueva infraestructura prestando así un servicio de alta calidad.

TELMEX INTERNET

Fig. 4.19.- Modem para Internet y Voz

Aunque en otros países se lo conoce como Infinitum, en Ecuador se lo conoce simplemente como Telmex Internet.

Disponen de anchos de banda desde 512 Kbps hasta 3 Mbps siendo la primera que llego a este ancho de banda.

Su servicio de internet, actualmente es de alta calidad, con una de las mejores tarifas frente a la competencia que son: CNT y Satnet (del Grupo TV Cable).

TELMEX VOZ

En forma paralela a Internet Telmex presentó Telmex Voz, su único inconveniente es que su servicio puede ser contratado en un Doble Play y no como un único servicio como se presento al inicio de su actividad.

Inicialmente se presentó con un paquete en el cual por el pago de la tarifa básica se podía adquirir totalmente gratis 200 minutos a cualquier operadora local, pero luego este paquete fue eliminado ya que Telmex afirmaba que tenia pérdidas económicas al prestar el servicio ya que su instalación era gratuita.

TELMEX TV

Fig. 4.20. - Set top box para TV digital

Telmex TV es el servicio de televisión por suscripción que compite frente a los ya establecidos: DirecTV, TV Cable (del Grupo TV Cable) y Univisa.

Entre sus paquetes se presentan: Plata Digital, Oro Digital y Platino Digital. Este servicio está disponible únicamente en Guayaquil, en Quito dejo de prestarse el servicio por conflictos legales con la Superintendencia de Telecomunicaciones lo cual hasta la actualidad no se ha tenido una respuesta concreta y ha ocasionado que sus clientes opten por otras operadoras como DirecTV .

Actualmente Telmex tiene cobertura dentro de las ciudades de Guayaquil, Quito y valles aledaños del Distrito Metropolitano de Quito. Se espera que continúe expandiéndose dentro del siguiente año a otras ciudades.

4.3.4 TECNOLOGÍA WIMAX EN TELMEX

Telmex tenía un proyecto muy ambicioso para proveer Internet y Voz con WiMAX, como sabemos, Porta pertenece al mismo dueño de Telmex lo cual significaba que sus estaciones bases iban a estar ubicadas en cada radio base de Porta, teniendo así una cobertura completa en toda la ciudad de Guayaquil ya que Porta tiene más de 150 radio bases en toda la ciudad, su cobertura iba a ser muy parecida a la Red GSM, de ésta manera no había la necesidad de instalar una antena en el exterior de la casa, sino que bastaba con tan solo tener un receptor dentro de cada hogar para captar la señal.

Lamentablemente el proyecto tuvo que ser cancelado debido a la crisis económica que afecto a todas las empresas del mundo incluyendo a la mexicana, al hacer esta encuesta se nos informo que el proyecto se reanudara a mediados del 2009 según un comunicado proveniente de la matriz de Telmex ubicada en México.

Por otra parte se consiguió adquirir los equipos en su totalidad antes de que se tomara la decisión de suspender el proyecto temporalmente, los ingenieros WiMAX de TELMEX nos facilitaron la documentación necesaria para poder describir como se iba a implantar ésta tecnología en Guayaquil.

4.3.5 DESCRIPCION DE LA RED WIMAX EN TV CABLE

La red de Telmex sincroniza sus estaciones bases mediante el uso de un GPS ubicado en cada una de ellas, como ya se había mencionado antes Telmex iba a ser uso de las estaciones bases que se usan para la red celular de Porta, a continuación veremos la infraestructura e instalación de los equipos WiMAX en dichas estaciones bases.

Fig. 4.21.- Esquema general de la red WiMAX con equipos Alvarion (Alvarion es el distribuidor oficial de WiMAX para Telmex en Ecuador)

ESTACION BASE DE ALVARION

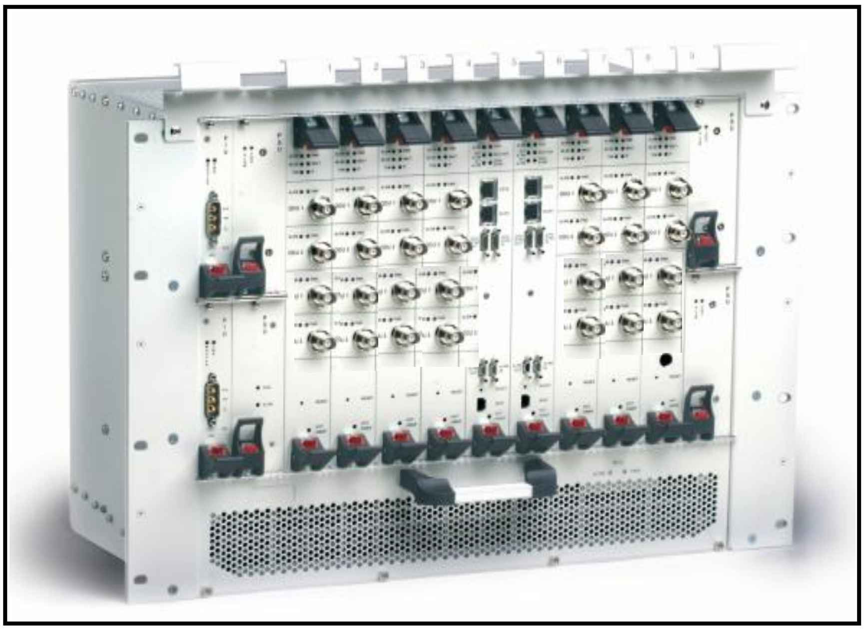


Fig. 4.22.- Chasis de una estación base.

En cada estación base se instala un Chasis que contiene:

- Unidad de Ventilación (AVU)
- Unidad de Procesamiento de Red (NPU)
- Unidad de Acceso (AU)
- Unidad de Interface de Energía (PIU)
- Unidad de Fuente de Energía (PSU)

Unidad de Ventilación (AVU)

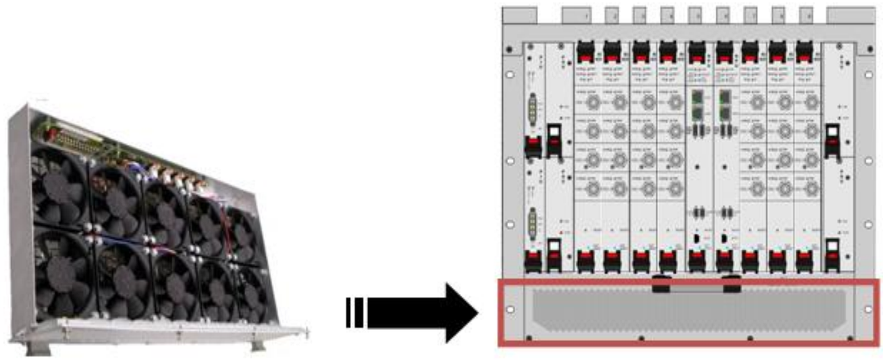


Fig. 4.23.- Unidad de Ventilación

La AVU de 2U[2] de altura incluye una cámara integral de 1U de altura para flujo de aire entrante y una bandeja de ventiladores de 1U de altura con un módulo de alarma externo.

Para soportar una Estación Base de alta disponibilidad, la bandeja de ventiladores incluye 10 ventiladores sin rozamiento, donde 9 ventiladores son suficientes para refrigerar un chasis completamente cargado.

Un fallo en cualquiera de los ventiladores es indicado tanto por LEDs en el panel frontal como por una señal que es enviada al sistema de gestión.

---

[2] 1U = 44.45 mm

En caso de alguna avería de algún ventilador, el chasis puede operar sin la bandeja de ventiladores (extraíble en caliente) por un período de tiempo suficiente para remplazarla (hasta 10 minutos)

Unidad de Procesamiento de Red (NPU)

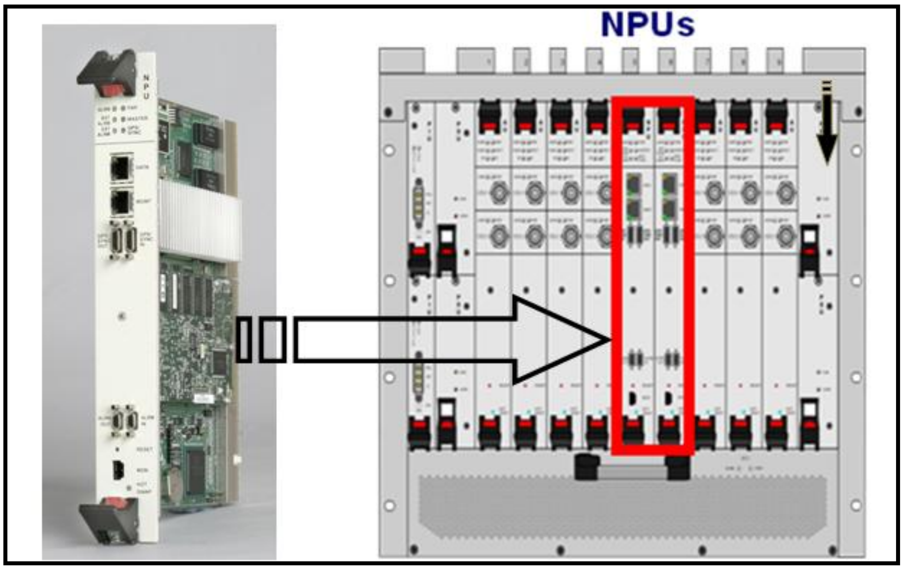


Fig. 4.24.- Unidad de Procesamiento de Red

La Unidad de Procesamiento de Red (NPU) sirve como el corazón de la estación base, provee:

- Conectividad adicional al backbone vía un BaseT 100/1000
- Puerto de administración local BaseT 10/100
- Clasificación de tráfico y establecimiento de conexión
- Conexión y envío de datos basado en protocolos estandarizados
- Administración de Acuerdos de Nivel de Servicio
- Administración general de la estación base
- Control operativo y gestión de alarmas general
- Puerto serial para conexión de monitor

Unidad de Acceso (AU)

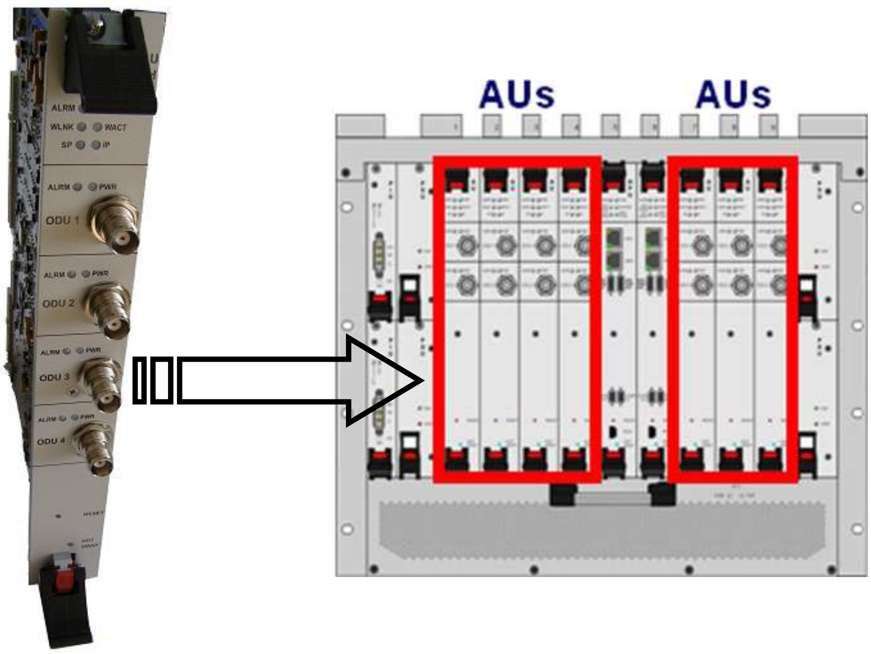


Fig. 4.25.- Unidad de Acceso (AU)

Las frecuencias de Tx y Rx IF (Frecuencia Intermedia por sus siglas en ingles) son 240 MHz y 140 MHz, respectivamente. Contiene la MAC y el módem inalámbricos IEEE 802.16-2004, WiMAX-ready. Responsable del establecimiento de la conexión a la red inalámbrica y de la gestión de ancho de banda.

Cada AU-IDU (IDU Indoor Unit) incluye cuatro canales en PHY (Capa Física) de 3.5/5 MHz. El módulo AU-IDU se conecta a las AU-ODUs (ODU Outdoor Unit) vía cables de Frecuencia Intermedia (IF) que transmiten datos full duplex y señales de control y gestión entre la AU-IDU y la AU-ODU, tanto como energía (-48 VDC) y un reloj de referencia de sincronización de 64 MHz desde la AU-IDU hacia la AU-ODU.

Unidad de Interface de Energía (PIU)

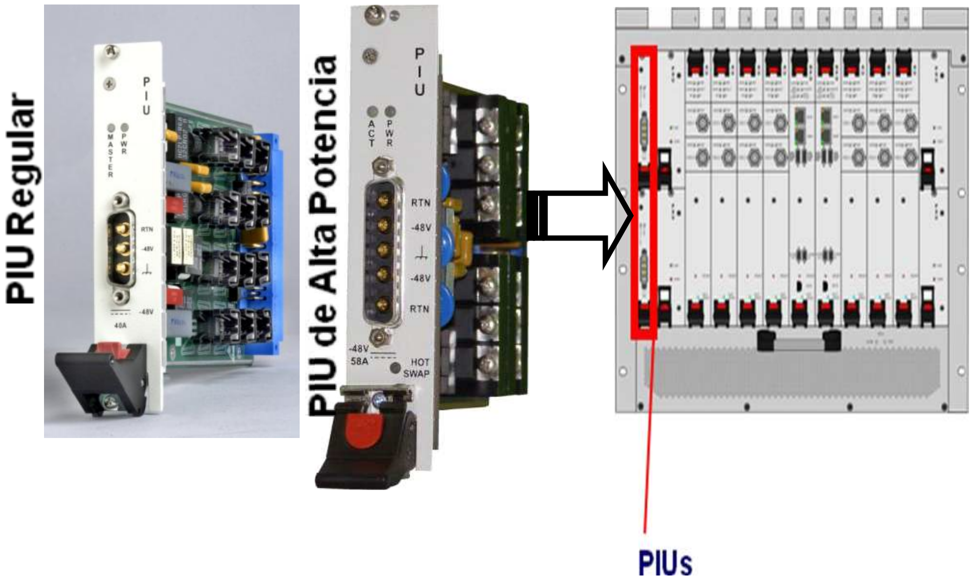


Fig. 4.26.- Unidad de Interface de Energía (PIU)

Esta interface necesita de una fuente de energía DC (-48 VDC), la PIU está encargada de filtrar y estabilizar la energía entrante a la estación base, además de proteger de problemas de energía tales como sobre voltajes, pulsos de alta tensión, conexión de polaridad inversa y cortocircuitos, el chasis contiene dos ranuras para una redundancia opcional de 1+1 PIU

Una PIU regular soporta:

Corriente de 35[A]

Hasta 8 ODUs

Una PIU de alta potencia soporta:

Corriente de 58 [A]

Hasta 20 ODUs

Unidad de Fuente de Energía (PSU)

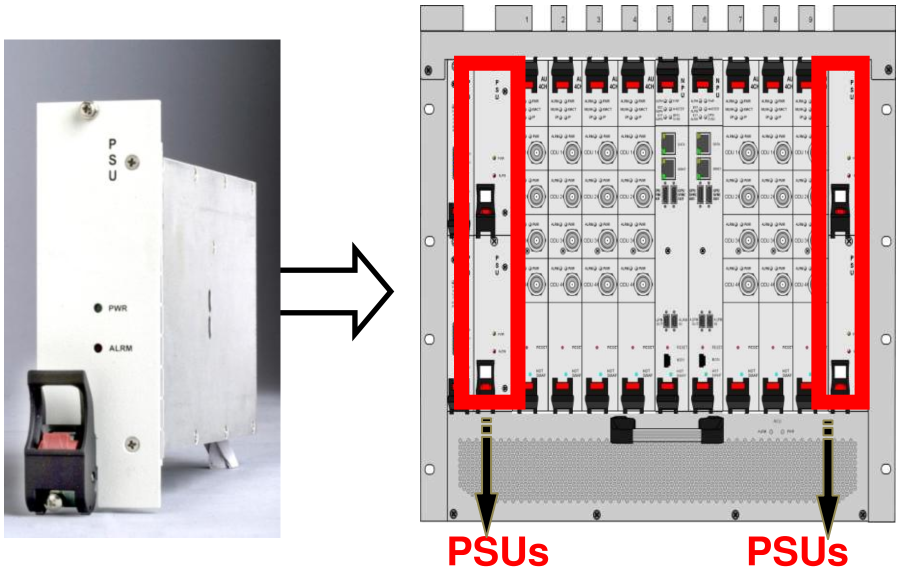


Fig. 4.27.- Unidad de Fuente de Energía (PSU)

Cada chasis de Estación Base puede contener hasta cuatro módulos PSU, brindando configuraciones de redundancia N+1. La siguiente tabla brinda los requerimientos para la instalación de una PSU

TABLA Nº 4.2 Cantidades mínimas de PSUs

Cantidad de AU-IDUs	Cantidad mínima de PSUs requerida
1-2	1
3-6	2

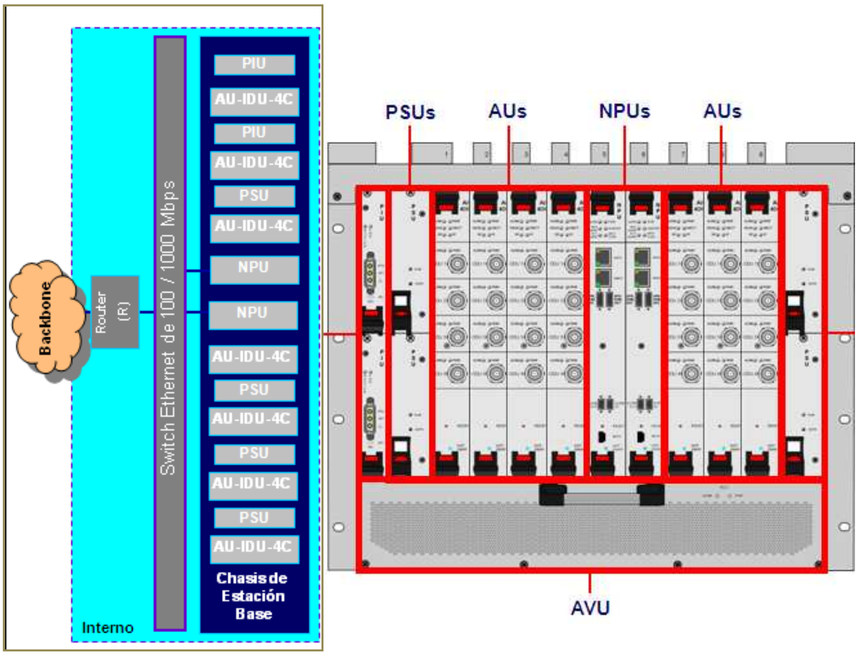


Fig. 4.28.- Resumen de todas las unidades e interfaces del Chasis.

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Se usa GPS para sincronizar los marcos del enlace de aire de los sectores localizados entre sitios para asegurarse que en todos los sectores el marco de aire empezará al mismo tiempo, y que todos los sectores pasarán de transmisión (downlink) a recepción (uplink) al mismo tiempo.

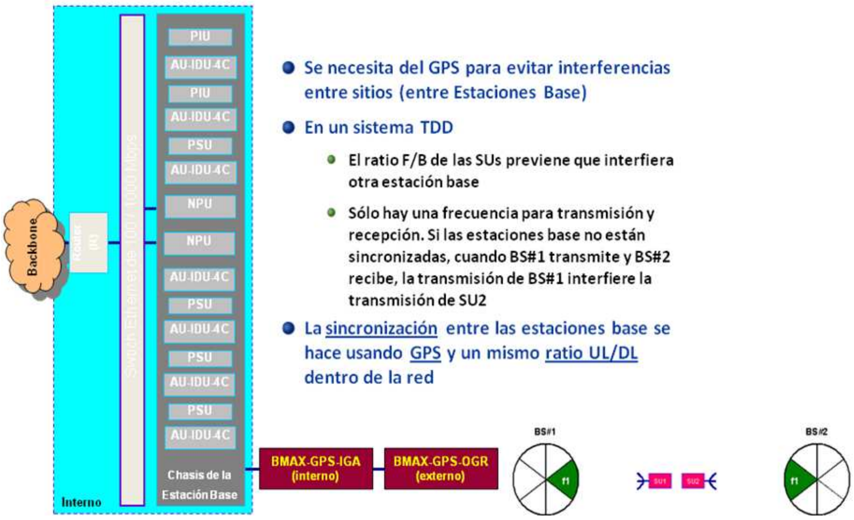


Fig. 4.29.- Sistema de Sincronización mediante GPS.

Esta sincronización es necesaria para prevenir interferencia y saturación en sectores Intra-Sitio y Entre-Sitios (asumiendo que todos los sectores están operando con el mismo tamaño de marco y con el mismo ratio DL/UL).

Se requiere un reloj GPS de 1 PPS (Pulso Por Segundo) con una exactitud de 10e-11 y una fluctuación máxima de 100ns.

El sistema GPS transmite a las estaciones de tierra dos flujos de información:

PPS – Pulso Por Segundo – un flujo de pulsos separados por 1 segundo

ID PPS – Un número identificando el PPS, en términos de microsegundos pasados desde el primero de enero del 2000.

El cálculo se ejecuta para cada PPS, y los posibles desvíos relativos entre el reloj GPS y el reloj de la Estación Base son compensados usando un algoritmo continuo para prevenir correcciones de reloj significativas en el tiempo de PPS.

Estos requerimientos en cuanto al reloj GPS pueden cumplirlo una unidad GPS interna o externa cuando está sincronizada con al menos 4 satélites

Hay dos tipos de GPS:

- Receptor GPS interno - Symmetricom
- Receptor GPS externo - AQUTIME-2000 (Trimble)

Un Adaptador GPS conecta las diferentes unidades GPS a la NPU, adaptando las diferentes interfaces

Fig. 4.30.- Receptor GPS externo

El Receptor GPS 100% externo es un receptor que tiene una antena para montarla en un poste, en un recinto único protegido contra la intemperie, alimentado por una fuente de energía de 12 VDC, provista por la NPU vía el adaptador GPS.

La interfaz RS-422 permite instalaciones distanciadas en hasta 100m

El GPS trimble tiene capacidades de Hold-Over en caso de una pobre detección de satélites (menos de 2); el tiempo de Hold-Over por defecto es de 30 minutos)

Luego del período de Hold-Over (definido por el usuario) la AU puede continuar operando normalmente o detener la operación.

UNIDAD DE ACCESO EXTERNA DE ALTA POTENCIA (AU-ODU-HP)

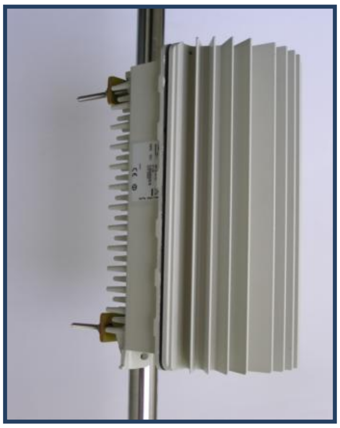


Fig. 4.31 Antena sectorial WiMAX

La unidad de radio Half Duplex multi-carrier de alta potencia que se conecta a una antena externa fue diseñada para proveer alta ganancia de sistema y solidez ante interferencia usando una potencia de transmisión alta y una gráfica de ruido baja.

Soporta un ancho de banda de hasta 10Mhz, habilitando futuras opciones tales como una capacidad incrementada a través del uso de un multiplexador o canales más grandes.

Potencia de salida (en el puerto de la antena):

- 2.xGhz - 36 ± 1 dBm (rango de 30 - 36 dBm)
- 3.xGhz - 34 ± 1 dBm (rango de 24 - 34 dBm)

Unidad de Subscriptor Self Install (SU-Si)

Fig. 4.32.- CPE WiMAX

Este es el dispositivo que Telmex pretendía instalar en cada uno de nuestros hogares tiene las siguientes características:

- CPE interno en forma de caja compacta
- Selección de antena SU automática y manual

- Kit de antena separado y posibles escenarios de montaje (ventana, kit de montaje)
- La cobertura esperada es más limitada que él la del CPE Pro
- Conector Ethernet o USB
- Configuración a través de Smart Card

Se recomienda instalar la unidad junto a una ventana de cara a la Estación Base
La SU-Si contiene el módem, la radio y los componentes de procesamiento y gestión de datos de la Unidad de Subscriptor (SU). También contiene una matriz de interruptores de haces de 6 antenas para poder tener mejor recepción dentro del hogar.

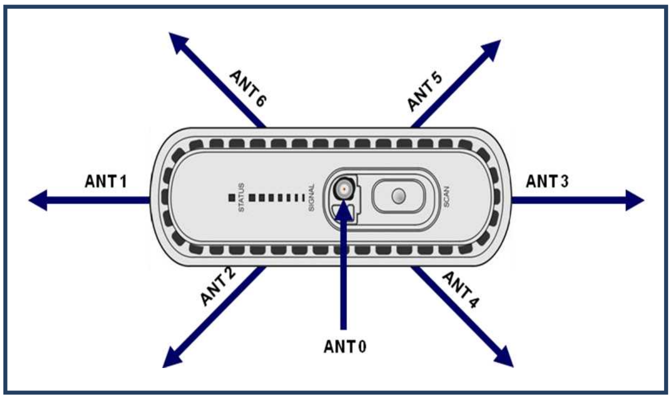


Fig. 4.33 Antenas de la CPE.

A continuación se muestran las características del CPE que se muestra en la Fig. 4.33

- Ganancia - 7dBi
- Ancho de Banda Azimuth
- Antena Frontal/Trasera (1, 3) - 110°
- Antena Lateral (2, 4, 5, 6) - 60°
- Todos los tipos de SU-Si (2.x & 3.x) suportan todas las bandas
- Potencia de salida (puerto de antena):

  22dBm a 3.5 GHz

  23dBm a 2.3 GHz

  24dBm a 2.5 Ghz

4.4 COMPARACION DE LA OPERACION DE WIMAX ENTRE TV CABLE Y TELMEX

4.4.1 PROVEEDOR DE EQUIPOS WIMAX

AIRSPAN NETWORKS INC.

El proveedor de WiMAX de TV Cable es Airspan Networks Inc. Airspan Networks provee equipos inalámbrico de voz y datos, incluyendo Voz sobre IP (VoIP), a operadoras alrededor del mundo en bandas de frecuencias licenciadas y no licenciadas entre 700 MHz y 6 GHz, incluyendo sistemas de comunicación personal y 3.5GHz en bandas internacionales. Airspan tiene un fuerte producto que incluye productos compatibles con el nuevo estándar WiMAX 802.16-2004, y software actualizable para 802.16e desde que los productos WiMAX fueron presentados.

Airspan es miembro del WiMAX Forum, con más de 300 operadoras en más de 95 países. Los sistemas Airspan están basados sobre la tecnología de radio que entregan una excelente área de cobertura, alta seguridad y resistencia al desvanecimiento de la señal. Los sistemas de Airspan se pueden desplegar rápidamente y productivamente, proporcionando una alternativa atractiva a las redes de comunicaciones atadas con alambre tradicionales. Airspan también ofrece el planeamiento, la instalación de la red, la integración, el entrenamiento y los servicios de asistencia de radio para facilitar el despliegue y la operación de sus sistemas. Airspan se establece en la jefatura en Boca Ratón, la Florida con su centro de operaciones principal en Uxbridge, Reino Unido.

ALVARION

Con más de 2 millones de unidades desplegadas en 130 países, Alvarion es el líder mundial en de banda ancha inalámbrica, proporcionando sistemas a los portadores, ISP y a los operadores de red privada, y también en extender la cobertura de las redes móviles de GSM y de CDMA a los países en vías de desarrollo. Alvarion tiene los despliegues más extensos y el mejor producto probado en la industria que cubre una gama completa de las bandas de frecuencia con soluciones fijas y móviles. Los productos de Alvarion permiten el acceso de banda ancha residencial, VPNs corporativo, telefonía de calidad, alimentación móvil de la estación base, extensión de la cobertura, interconexión de la comunidad, las comunicaciones de la seguridad pública, y voz y los datos móviles. Alvarion trabaja con varios OEM abastecedores y más de 200 socios locales para dar soporte a sus clientes. Como pionero de banda ancha inalámbrica, Alvarion ha sido la conducción y entrega de las innovaciones por más de 10 años de progresos tecnológicos creando y promoviendo los estándares industriales.

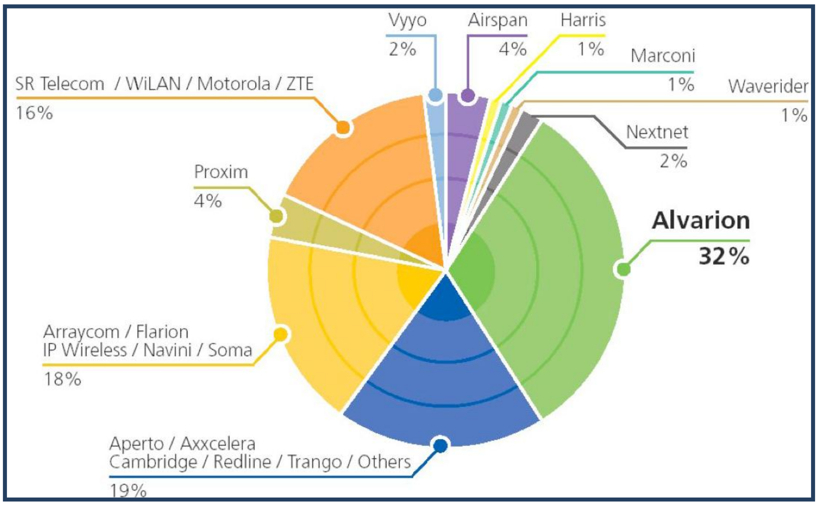


Fig. 4.34.- Mercado de Proveedores WiMAX.

Actualmente Alvarion posee el 32% del mercado en tecnología inalámbrica mientras que Airspan posee el 4% de un mercado que cada día es más exigente y difícil de liderar.

4.4.2 RESULTADOS TECNICOS OBTENIDOS

Uno de los principales problemas que tiene TVCABLE es su recurso limitado de estaciones bases en Guayaquil, llegando así a una pronta saturación de clientes por cada estación base, cuando se consulto al área técnica sobre si existía un plan para ampliar la red, muy presurosamente respondieron que aun no ya que los equipos WiMAX están presentando fallas y necesitan actualización de firmware, ya que estas suelen resetearse en un tiempo inesperado perjudicando así el servicio continuo de la empresa, otro tema importante pasa por la cobertura que posee ya que no se compara con la cobertura que su competidora principal TELMEX piensa instalar en próximos años.

TABLA Nº 4.3.- Comparación Técnica entre Tv Cable y Telmex

Comparación Técnica	TVCABLE	TELMEX	RESUMEN
Proveedor de Equipos WiMAX	Airspan	Alvarion	Alvarion posee el 32% del mercado mientras que airspan el 4%
Frecuencia	3,5GHZ	3,5GHZ	Opera en bandas licenciadas y no licenciadas. Tasa de transmisión de hasta 75 Mbps
Internet S/N	28dBm	34dBm	
Telefonía S/N	31dBm	34dBm	
PHY	OFDM 256 FFT	OFDM 256 FFT	Alta eficiencia de espectro, distribuye datos en gran cantidad de carriers y menor distorsión multi-ruta. WiMAX utiliza QAM con sus distintos números de estados con 64-QAM se transmiten 6 bits por baudio.
Modulación	64QAM	64QAM	
Duplexing Mode	FDD, TDD	FDD, TDD	FDD.- Frequency Division Duplexing, los canales de DownLink y UpLink existen en dos frecuencias diferentes TDD.- Time Division Duplexing, los canales de DownLink y UpLink son asignados en la misma frecuencia y ocurren en dos intervalos de tiempos diferentes en la misma trama.
Estaciones Bases	4	150	Telmex cubrirá gran parte de la ciudad.

Telmex tiene un panorama totalmente distinto y hasta en cierto punto un poco favorable para WiMAX siempre y cuando los problemas suscitados por la crisis económica mundial se superen, Telmex tendría una cobertura completa por todo Guayaquil, ya que posee una red de estaciones bases ya establecidas e instaladas de forma física mas no de forma lógica, esto se debe a que Telmex usara la red GSM que posee Porta, ya que estas dos empresas pertenecen a la misma persona, en esta fase del proyecto es a donde se quedo estancado la compañía de origen mexicano, Telmex tiene un objetivo claro cubrir todo Guayaquil con WiMAX y sacar del mercado a sus competidores, y podemos creerle ya que Telmex en el 2007 cubrió el 98% de Chile con esta tecnología. El 3 de Enero 2007, Telmex se adjudicó la concesión por la banda de frecuencias 3.400 a 3.600 MHz en ese país, lo que le permite operar con servicios de WiMax en todo Chile. Para esto, destinaron US$15 millones en la fase inicial de cobertura.

Hoy en día, la empresa tiene presencia en Brasil, Argentina, Chile, Perú y Colombia, países en los cuales generaron la primera mitad del 2006 2,060 millones de dólares en ventas y 225.50 millones en ganancias.

CAPITULO 5

COMPARACION DE LA RENTABILIDAD DE WIMAX ENTRE TV CABLE Y TELMEX

Lamentablemente ni el Grupo TVCABLE ni Telmex supieron facilitarnos información económica sobre sus proyecciones a futuro pero nuestra investigación nos llevo a hacer una aproximación de cuanto le cuesta a cada una de empresas tener una red de estas características.

5.1 COSTO DE LA RED WiMAX PARA TV CABLE Y TELMEX

TV CABLE

Tv Cable posee 4 estaciones bases, cada una con un valor promedio de 416 suscriptores para diferente tipos de servicio, los precios de los equipos son actuales lo cual garantiza un cálculo real de una estación base WiMAX.

TABLA Nº 5.1 Cotización de la red WiMAX con equipos Airspan

EQUIPO	CANT.	PRECIO	TOTAL
FibeAir 1500/1528	1	$ 1.500,00	$ 1.500,00
Linksys Internet Phone Adapter	1	$ 60,00	$ 60,00
Macro MAX Base Station	4	$ 80.000,00	$ 320.000,00
TELLABS 8606	1	$ 30.000,00	$ 30.000,00
TELLABS 8660	1	$ 40.000,00	$ 40.000,00
CISCO 7606	1	$ 30.000,00	$ 30.000,00
CPE ProST Airspan	1667	$ 250,00	$ 416.750,00
Media converter	10	$ 800,00	$ 8.000,00
TOTAL			**$ 846.310,00**

Para TVCABLE la cotización se estimaría en $846.310,00 fuera de la ingeniería que demandaría crear una red con esta tecnología.

TELMEX

En Telmex se tiene lo siguiente:

La cantidad de estaciones bases crece a 150, de esta manera se tiene más cobertura y por lo tanto el número de suscriptores crecerá, este cálculo se lo hizo asumiendo que Telmex tendrá el triple de clientes que Tv Cable.

TABLA Nº 5.2 Cotización de la red WiMAX con equipos Alvarion

EQUIPO	CANT.	PRECIO	TOTAL
FibeAir 1500/1528	1	$ 1.500,00	$ 1.500,00
Linksys Internet Phone Adapter	1	$ 60,00	$ 60,00
Chasis cPCI	**150**	$ 30.648,00	**$ 4.597.200,00**
TELLABS 8606	1	$ 30.000,00	$ 30.000,00
TELLABS 8660	1	$ 40.000,00	$ 40.000,00
CISCO 7606	1	$ 30.000,00	$ 30.000,00
CPE ALVARION	**4800**	$ 30,65	**$ 147.110,40**
Media converter	10	$ 800,00	$ 8.000,00
TOTAL			**$ 4.853.870,40**

Para Telmex el precio aproximado de una red WiMAX es: $4.853.870,40. La diferencia radica en que aunque a Telmex la estación base solo le costaría $30.648,00 debido a que la infraestructura de dichas estaciones bases ya están construidas a diferencia de TVCABLE que le cuesta $80.000,00 debido a que tuvieron que crear la infraestructura, es que Telmex tiene una planificación de cobertura total ya que se espera que en cada radio base de Porta este una estación base de WiMAX es por eso que tomamos una cantidad aproximada de 150 dispositivos que se deben facturar para hacer posible esta cobertura tan completa, este presupuesto hace notar el porqué a Telmex le afectó tanto la crisis económica y por consiguiente parar con el proyecto por este año, cabe recalcar que esta comparación se la hace asumiendo que los dos usan los mismos equipos para red.

5.2 ANALISIS FINANCIERO DE LA RED WiMAX PARA TV CABLE Y TELMEX

A continuación se detalla el cálculo realizado para la previsión de costos Operativos.

Entre estos se tienen los costos administrativos por operación y mantenimiento tanto de la red como de los clientes. Se incluye también el pago por uso de las frecuencias, y de publicidad.

Para el presente estudio se considera un valor de $ 700 000 como costo de la licencia provincial (Guayas) tomando como referencia lo pagado en licencias por TV Cable por las licencias nacionales.

FLUJO DE CAJA SIMPLIFICADO ANUAL PARA TV CABLE							
CONCEPTO / AÑO	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
(A) INGRESOS TOTALES	**$ 0**	**$ 0**	**$ 2.160.432**	**$ 2.592.000**	**$ 2.592.000**	**$ 2.592.000**	**$ 2.592.000**
Número de clientes meta			1.667	2.000	2.000	2.000	2.000
Unidades por año			12	12	12	12	12
Precio promedio mensual por usuario normal (80%)			$ 37	$ 37	$ 37	$ 37	$ 37
Precio promedio mensual por usuario corporativo (20%)			$ 71	$ 71	$ 71	$ 71	$ 71
Precio unitario total			$ 108	$ 108	$ 108	$ 108	$ 108
Precio anual			$ 1.296	$ 1.296	$ 1.296	$ 1.296	$ 1.296
Ingresos por ventas	$ 0	$ 0	$ 2.160.432	$ 2.592.000	$ 2.592.000	$ 2.592.000	$ 2.592.000
Otros ingresos y valor de rescate							
(B) EGRESOS TOTALES	**$ 1.554.710**	**$ 234.053**	**$ 240.234**	**$ 1.527.934**	**$ 1.644.543**	**$ 1.814.660**	**$ 2.053.488**
Costos variable total	**$ 1.546.310**	**$ 58.818**	**$ 60.246**	**$ 63.223**	**$ 68.005**	**$ 75.025**	**$ 84.965**
Equipos de acceso y core	$ 846.310						
Concesión	$ 700.000						
FODETEL 1%		$ 16.805	$ 16.973	$ 17.314	$ 17.839	$ 18.563	$ 19.510
Uso de frecuencia 3%		$ 42.013	$ 43.273	$ 45.909	$ 50.166	$ 56.462	$ 65.455
Gastos operativos/servicio	**$ 8.400**	**$ 175.235**	**$ 179.988**	**$ 1.464.711**	**$ 1.576.539**	**$ 1.739.635**	**$ 1.968.523**
Renta sitios (Core + Estaciones Bases) X 4	$ 2.400	$ 2.400	$ 2.400	$ 2.400	$ 2.400	$ 2.400	$ 2.400
Instalación Base X 4	$ 6.000						
Operación y Mantenimiento de la red 3%		$ 64.813	$ 66.757	$ 708.229	$ 773.901	$ 871.032	$ 1.009.765
Publicidad 2%		$ 43.209	$ 44.073	$ 45.853	$ 48.660	$ 52.671	$ 58.153
Gastos de compra de equipos de red 3%		$ 64.813	$ 66.757	$ 708.229	$ 751.578	$ 813.532	$ 898.205
(C) FLUJO DE CAJA ANTES DE IMPUESTOS	**-$ 1.554.710**	**-$ 234.053**	**$ 1.920.198**	**$ 1.064.066**	**$ 947.457**	**$ 777.340**	**$ 538.512**
PRINCIPALES INDICADORES		**TIR:**	**36,4%**		**VAN 12%**	**$ 1.005.886**	
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	**-$ 1.554.710**	**-$ 1.788.763**	**$ 365.488**	**$ 1.429.554**	**$ 2.377.011**	**$ 3.154.351**	**$ 3.692.863**

TABLA Nº 5.3.-Flujo de caja simplificado anual para TV Cable

FLUJO DE CAJA SIMPLIFICADO ANUAL PARA TELMEX							
CONCEPTO / AÑO	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
(A) INGRESOS TOTALES	**$ 0**	**$ 0**	**$ 6.220.800**	**$ 7.516.800**	**$ 8.812.800**	**$ 10.108.800**	**$ 11.404.800**
Número de clientes meta			4.800	5.800	6.800	7.800	8.800
Unidades por año			12	12	12	12	12
Precio promedio mensual por usuario normal (80%)			37	37	37	37	37
Precio promedio mensual por usuario corporativo (20%)			71	71	71	71	71
Precio unitario total			108	108	108	108	108
Precio anual			1.296	1.296	1.296	1.296	1.296
Ingresos por ventas	$ 0	$ 0	$ 6.220.800	$ 7.516.800	$ 8.812.800	$ 10.108.800	$ 11.404.800
Otros ingresos y valor de rescate							
(B) EGRESOS TOTALES	**$ 5.203.870**	**$ 437.066**	**$ 449.792**	**$ 4.147.111**	**$ 4.466.135**	**$ 4.931.695**	**$ 5.585.549**
Costos variable total	**$ 5.203.870**	**$ 58.818**	**$ 60.246**	**$ 63.223**	**$ 68.005**	**$ 75.025**	**$ 84.965**
Equipos de acceso y core	$ 4.853.870						
Concesión	$ 350.000						
FODETEL 1%		$ 16.805	$ 16.973	$ 17.314	$ 17.839	$ 18.563	$ 19.510
Uso de frecuencia 3%		$ 42.013	$ 43.273	$ 45.909	$ 50.166	$ 56.462	$ 65.455
Gastos operativos/servicio	$ 0	$ 378.248	$ 389.545	$ 4.083.888	$ 4.398.131	$ 4.856.670	$ 5.500.584
Alquiler de Estaciones Bases	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0
Instalación Base X 200	$ 0						
Operación y Mantenimiento de la red 3%		$ 186.624	$ 192.223	$ 2.039.291	$ 2.228.388	$ 2.508.071	$ 2.907.541
Publicidad 2%		$ 5.000	$ 5.100	$ 5.306	$ 5.631	$ 6.095	$ 6.729
Gastos de compra de equipos de red 3%		$ 186.624	$ 192.223	$ 2.039.291	$ 2.164.112	$ 2.342.504	$ 2.586.314
(C) FLUJO DE CAJA ANTES DE IMPUESTOS	**-$ 5.203.870**	**-$ 437.066**	**$ 5.771.008**	**$ 3.369.689**	**$ 4.346.665**	**$ 5.177.105**	**$ 5.819.251**
PRINCIPALES INDICADORES		**TIR:**	**37,9%**		**VAN 12%**	**$ 3.720.863**	
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	**-$ 5.203.870**	**-$ 5.640.936**	**$ 567.138**	**$ 3.936.827**	**$ 8.283.492**	**$ 13.460.597**	**$ 19.279.848**

TABLA Nº 5.4 Flujo de caja simplificado anual para TELMEX

También se asume que el valor mensual de internet y telefonía tiene dos categorías la cual llamamos:

- Precio promedio mensual por usuario normal.
- Precio promedio mensual por usuario corporativo.

Precio promedio mensual por usuario normal.

Se refiere a aquel usuario que necesita anchos de banda bajos, es decir para entretenimiento, trabajos escolares, etc., al momento de investigar el mercado obtuvimos valores promedios de costos mensuales por este servicio a distintos anchos de bandas.

TABLA Nº 5.5.- Tarifas promedios mensuales del servicio de Internet Residenciales en el Ecuador

INTERNET RESIDENCIAL		
ANCHO DE BANDA	**PRECIOS PROMEDIOS MENSUALES**	**No. PC**
100 Kbps	$ 23,06	1 a 2
300 Kbps	$ 37,06	3 a 4
450 Kbps	$ 56,78	4 a 5
650 Kbps	$ 71,66	6 a 8
800 Kbps	$ 90,00	8 a 10
1.5 Mbps	$ 115,00	más de 10
		Compresión 8:1

Se asume que este tipo de servicio abarca el 80% de los suscriptores, esto promediado con los valores mostrados en la Tabla 5.5 nos da un valor de $ 37,7 mensuales por este tipo de servicio.

Precio promedio mensual por usuario corporativo.

Se refiere a aquel usuario que necesita anchos de banda elevados, es decir para transmisión de datos, ISP'S y enlaces de datos entre empresas, sucursales etc., al momento de investigar el mercado obtuvimos valores promedios de costos mensuales por este servicio a distintos anchos de bandas.

TABLA Nº 5.6.- Tarifas promedios mensuales del servicio de Internet Corporativo en el Ecuador

INTERNET CORPORATIVO		
ANCHO DE BANDA	PRECIOS PROMEDIOS MENSUALES	No. PC
128 Kbps	$ 100	1 a 2
192 Kbps	$ 120	3 a 4
256 Kbps	$ 150	4 a 5
512 Kbps	$ 200	6 a 8
1 Mbps	$ 350	8 a 10
1.5 Mbps	$ 550	más de 10
E1	$ 1.000	más de 10
		Sin Compresión

Para este caso se asume que este tipo de servicio abarca el 20% de los suscriptores, esto promediado con los valores mostrados en la Tabla 5.6 nos da un valor de $ 71,7 mensuales por este tipo de servicio.

5.2.1 RENTABILIDAD DEL PROYECTO.

La rentabilidad del proyecto en cuanto a su viabilidad se lo realiza calculando el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Tasa Interna de Retorno.

Es la tasa de descuento que hace que el VAN (Valor Actual Neto) de un proyecto sea igual a cero. Si la tasa de descuento estimada para este tipo de negocio o industria se encuentra por encima de la TIR, el VAN resultará negativo e indicará que no es conveniente realizar el proyecto bajo esas condiciones, de lo contrario el VAN refleja que el proyecto es rentable.

TABLA Nº 5.7.- Resumen del análisis de rentabilidad del proyecto

COMPARACION ECONOMICA		TVCABLE	TELMEX
PROYECCION PARA LOS PROXIMOS 5 AÑOS	TIR	36,40%	37,9%
	VAN	$ 1.005.866	$ 3.720.863
	PRI	2010	2014

Para el caso de TV Cable el VAN nos dio $ 1.005.866 y el TIR 36,4% (La realización de este cálculo la pueden encontrar en la Tabla 5.3), mientras que para Telmex el VAN fue de $3.720.863 y el TIR fue 37,9 % (La realización de este cálculo la pueden encontrar en la Tabla 5.4) estos valores obtenidos nos indican que los proyectos son favorable, al calcular el PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión) se obtuvo que TV Cable recuperara la inversión en el 2010 en un periodo de tiempo de 5 años el cual es el mismo que le toma a Telmex en recuperar sus inversión inicial, hay que recalcar que al momento de hacer este análisis no se tomo en cuenta los defectos y problemas que actualmente la red de TV Cable posee, lo cual implicaría que el PIR se prolongue un poco más.

Tal como lo hicimos para TV Cable, pero con distintos criterios de proyección como por ejemplo que Telmex no necesitaba pagar la totalidad de la concesión ya que vino implícitamente cuando adquirió ECUTEL, o el hecho de que no pagaría ningún tipo de local para sus estaciones bases ya que usaría las de PORTA para su red WiMAX, nos produjo como resultado el hecho de que a Telmex el proyecto también le es favorable, su ventaja seria que con una red de tal cobertura acapararía a los usuarios de las demás empresas, esto se tomo en cuenta para la realización del análisis de recuperación de capital usando el supuesto de que Telmex tendría el triple de usuarios que TVCABLE.

5.2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

En esta sección haremos una comparación de todo lo mostrado en capítulos anteriores, la siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas de Tv Cable y Telmex en sus redes WiMAX

TABLA Nº 5.8.- Ventajas y desventajas entre Tv Cable y Telmex

		TV Cable		Telmex	
		Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
TECNICO	RED	Red Operando	Saturación de la Red	Experiencia en otros países	Transición de Operatividad
TECNICO	Equipos	Escalabilidad	Reseteo de las BS	El CPE será IDU	El usuario podría desconfigurar los CPE's
TECNICO	Cobertura	Conocimiento del medio Nacional	Poca Cobertura	Buena Cobertura	Posible interferencia con TV Cable
ECONOMICO		Menor tiempo en recuperación de Capital	Tuvo que bajar sus precios debido a la competencia	Precios Bajos en Telefonía	No hay capital para Ecuador
MERCADO		Importante Mercado	Posible pérdida de suscriptores	Mayor cantidad de suscriptores	Migrar sus clientes de HFC a WiMAX

ASPECTO TECNICO

- **RED**

  En la red de Tv Cable encontramos factores que preocupan a los ingenieros, la pronta saturación de sus estaciones bases mantiene en alerta al personal encargado ya que no se han hecho planes de expansión de red, su ventaja es que está funcionando y que con algo de capital se podrá solucionar el problema.

Telmex posee una gran experiencia a nivel latinoamericano en este tipo de redes sin embargo su desventaja primordial es el tiempo en montar y probar su nueva red, tiempo el cual Tv Cable podría aprovechar para su favor.

- **Equipos**

Los equipos tienen escalabilidad, lo que sería una ventaja para Tv Cable al momento de querer expandirse en Guayaquil, pero últimamente presentaron una falla, los equipos empiezan a apagarse inesperadamente, consultando con ingenieros de Tv Cable se conoció que puede deberse a la temperatura y humedad a la que están expuestos o a una desactualización del sistema operativo el cual se lo conoce como firmware, para solucionar este problema tendrían que venir las personas de soporte técnico de argentina y actualizarlo, pero esta actualización tendría que hacerse a todos los equipos ya que las dos versiones del firmware no son compatibles. En el caso de Telmex tendríamos que esperar hasta conocer sus problemas operativos pero una de las ventajas que encontramos fue que los receptores WiMAX estarían dentro del hogar lo cual sería un beneficio al momento de una avería en el equipo, pero esto tiene una consecuencia, y es que el usuario podría dañarlo o desconfigurarlo.

- **Cobertura**

Una de las ventajas que tiene Tv Cable es su populismo en el mercado guayaquileño, esto le permite competir con otras operadoras y mantenerse como una de las empresas líderes en el mercado, a pesar de que cuenta con poca cobertura en el campo WiMAX, esto lo podría aprovechar Telmex si llega a concretar su red, sin embargo aun no se ha hecho algún estudio de interferencia con respecto a la red de Tv Cable debido a la misma utilización del espectro.

ASPECTO ECONOMICO

Las dos empresas resultaron con buenas proyecciones al momento de evaluar su fututo en el mercado, sin embargo Tv Cable esta próxima recuperar su inversión, mientras que Telmex aun sigue considerando en invertir capital en Ecuador, esto es importante porque son dos tiempos de iniciación totalmente diferentes Telmex tendría que comenzar en una época de recesión económica mundial y tendría que sufrir muchas variaciones del mercado, haciendo un poco incierta su recuperación de capital. Esto le favorece a Tv Cable ya que le da más terreno en el negocio a pesar de haber bajado sus precios para internet y televisión pagada solo por la presencia de la gigante mexicana.

MERCADO

A pesar de que el mercado es grande y está en expansión, hay que considerar que cada vez surgen mas empresas que quieren llegar a ser líderes de dicho mercado, esto es favorable para el usuario final, ya que tiene más poder al momento de elegir entre una u otra operadora, Tv Cable actualmente posee un importante mercado, pero Telmex pretende reducirlo ya que debido a su cobertura podría inquietar en el usuario de Tv Cable, haciendo que tome la decisión de cambiarse de operadora, pero Telmex tendría otro problema al momento de implementar WiMAX ya que tendría que migrar todos sus sus suscriptores de su red HFC que actualmente usa.

5.3 COMPARACION FINAL

Finalmente se escoge la empresa que mejor se proyecta en todos los campos antes mencionados como la más indicada para el uso de WiMAX.

TABLA Nº 5.9.- Comparación Final

COMPARACION FINAL			
	TV Cable	**Telmex**	**COMENTARIO**
TECNICO		✓	Los problemas técnicos por parte de Airspan mantienen ocupados a los Ingenieros de Tv Cable mientras que Alvarion domina el mercado en equipos WiMAX y serian utilizados en Telmex
ECONOMICO		✓	La sola presencia de la compañía mexicana en Ecuador hizo que TV Cable bajara sus tarifas con respecto a internet, telefonía y televisión pagada
MERCADO	✓		TV Cable posee un mercado ya definido Telmex tendrá que hacer una fuerte campaña publicitaria para poder quitarle suscriptores a TV Cable
PROYECCION	✓	✓	En ambos casos la proyección económica es favorable y las dos empresas no tendrían problemas en recuperar su inversión inicial en un plazo de 5 años

Todo parece indicar que Telmex tiene la mejor proyección en este difícil mercado, y en teoría es cierto pero esta elección es muy cerrada ya que tendríamos que ver a la red funcionando y ver qué problemas surgen a medida que el tiempo pasa, pero nuestro análisis es claro y la tendencia se pone a favor de Telmex por toda la información recogida y analizada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. En la mayor parte de Latinoamérica, los sistemas WiMAX, están siendo elegidos para solucionar el problema de la última milla, el resultado de este trabajo así lo revela mostrando el porqué WiMAX se proyecta como un gran negocio para el futuro, lo cual es bueno ya que las distintas operadoras empezaran a competir por ese mercado tan potencial que se encuentra en la cuidad siendo el único beneficiario el usuario final, ya que los costos por estos servicios tienden a disminuir.

2. Los problemas se comparten, mientras que en TVCABLE se tiene una red ya implementada y funcional existen conflictos con lo que se lidia todos los días para mantener a la red en condiciones óptimas para asegurar un servicio continuo, fiable y que cumpla con todas las normas de calidad de servicio, esta empresa por ahora no tiene mucho futuro sino resuelve sus problemas técnicos ya que su competidor es muy fuerte y tiene una vasta experiencia a niveles de primer mundo como ya se rebeló a lo largo de este documento, Telmex ya tiene un esquema establecido y que le garantiza una cobertura total el ejemplo más claro que pudimos encontrar está en Chile país en el cual la competidora mexicana ha cubierto un 98% de su población, si Telmex decide continuar con WiMAX como tecnología

de ultima milla no tendría competidor alguno significativo que haga que su mercado esté en peligro.

3. Concluimos que WiMAX no cumple con todos los pronósticos técnicos con los que TVCABLE inicialmente pensó, pero el problema va mas por la parte de hardware, ya que el proveedor no cumple con las tendencias tecnológicas que esta tecnología demanda, habiendo limitantes en cuestión de ancho de banda y eficiencia si TVCABLE quiere seguir en la pelea por el liderazgo de la ultima milla debe solucionar los problemas técnicos o cambiar de proveedor lo más pronto posible antes de que su competidor desarrolle la red que en teoría cumpliría con las verdaderas expectativas que WiMAX posee.

4. Concluimos que la rentabilidad que tendría Telmex en el aspecto técnico sería la mejor, ya que acapararía con el mercado dado a su buena cobertura como principal atractivo haciendo que los clientes de sus competidores principales se vean tentados a cambiarse de operadora.

RECOMENDACIONES

1. WiMAX sin duda ha creado una revolución con respecto a la ultima milla debido a sus múltiples portadoras originadas por su modulación OFDM permite altas velocidades diferenciándose de las demás tecnologías de única portadora y bajas velocidades.

2. Antes de una elegir un proveedor se debe investigar y constatar si todo lo referente a rendimiento de esos equipos son los adecuados y convenientes para la necesidad que se tenga, a veces la solución más barata con el tiempo termina siendo la más cara.

3. No se debe tomar a WiMAX como el sucesor de WiFi, todo lo contrario se lo debe tomar como un complemento a WiFi ya que estas dos tecnologías trabajan muy bien juntas, siempre y cuando se sepan explotar de la mejor manera, sus características las hacen ideales para solucionar problemas de ultima milla.

4. WiMAX se destaca como una tecnología de gran proyección, principalmente por la versatilidad con la cual fue concebida por sus estandarizadores. Puede otorgar una alta capacidad de transferencia de datos, lo cual le permite competir de lleno con los accesos de Internet más usados como ADSL, cable o WLL.

5. El futuro de esta tecnología en el país es favorable, ya que hay la necesidad de llegar a sectores muy apartados que contienen industrias de alta importancia en la economía ecuatoriana, que se encuentran en lugares en donde hacer un enlace con cables seria un desperdicio de dinero y tiempo.

6. WiMAX tiene una continua evolución y eso lo da a conocer la IEEE, el cual prevé que con esta tecnología se espera tener velocidades de hasta 1 Gbps, manteniendo compatibilidad con las radios WiMAX existentes, pero lo más impresionante es que aseguran que este protocolo cumplirá también con todos los requisitos de 4G, lo que podría convertir a WiMAX en la próxima generación de tecnología celular.

GLOSARIO

Algoritmos triple DES y RSA	Algoritmos para encriptar datos.
Ancho de Banda	Una medida de la capacidad de un sistema de transmisión.
Backhaul	Conexión de baja, media o alta velocidad que conecta a computadoras u otros equipos de telecomunicaciones encargados de hacer circular la información.
Canopy	Es un sistema de redes inalámbricas desarrollado por Motorola diseñadas para WISPs (Wireless internet service providers disponibles en configuraciones punto-a-punto y punto-multipunto
Donwload	Enlace de descarga
Estación Base	Es una instalación fija de radio para la comunicación bidireccional
Ethernet	Es el nombre de una tecnología de redes de computadoras de área local (LANs) basada en tramas de datos. El nombre viene del concepto físico ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo OSI.
Femtocélulas	Originalmente conocida como "Estación Base de Punto de Acceso" es un pequeño sistema celular estación base, típicamente diseñado para la realización de despliegues de alta densidad de cobertura en zonas urbanas
Foro WiMAX	Organización que crea y somete especificaciones para el recientemente publicado WiMAX.
Gateway	Dispositivo que proporciona salida hacia otras redes
Handover	Sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente.
Hotspot	Es una zona de cobertura Wi-Fi de acceso público
IEEE	Asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización.
Intel	Empresa multinacional aliada de Microsoft

Internet	Red mundial de computadoras interconectadas con diferentes protocolos, el más común es TCP/IP
Jitter	Cambio o variación en cuanto a la cantidad de latencia entre paquetes de datos que se reciben
Latencia	Es a la suma de retardos temporales dentro de una red
Mesh Networks	Es una forma de enrutar datos, voz en instrucciones entre nodos.
Modulación adaptativa	Consiste en cambiar continuamente algún parámetro de la señal transmitida (potencia, periodo de símbolo, forma y tamaño de la constelación o cualquier combinación de ellos) en función de las condiciones instantáneas del canal, para explotar al máximo su capacidad variable en el tiempo.
Notebook	Pequeña computadora personal móvil
Portadora	Forma de onda que es modulada por una señal que se quiere transmitir
QoS	Calidad de servicio. Garantía de la anchura de banda y disponibilidad de la red para las aplicaciones
Smart Antennas	Son antenas que combinan múltiples elementos con un procesador de señal capaz de optimizar automáticamente la radiación o el patrón de recepción
Streaming	Es un término que se refiere a ver u oír un archivo directamente en una página web sin necesidad de descargarlo antes al ordenador.
Switch	Dispositivo analógico que permite interconectar redes operando en la capa 2 o de nivel de enlace de datos del modelo OSI
Transceptores	Dispositivo que realiza, dentro de una misma caja o chasis, funciones tanto de trasmisión como de recepción
Ultima milla	Se llama al tramo que va de la central del operador de telecomunicación al usuario final
Upload	Enlace de carga
VoIP	Voz sobre protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, Telefonía IP, etc. Es la tecnología que permite la transmisión de la voz a través de protocolo IP por medio de muestreo y codificación hasta convertirla en una trama de datos.
Wi-Fi	Sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables.
WiMAX	Nombre comercial de un grupo de tecnologías inalámbricas.

ANEXOS

ANEXO A
TOPOLOGIA DE LA RED WiMAX DE TV Cable

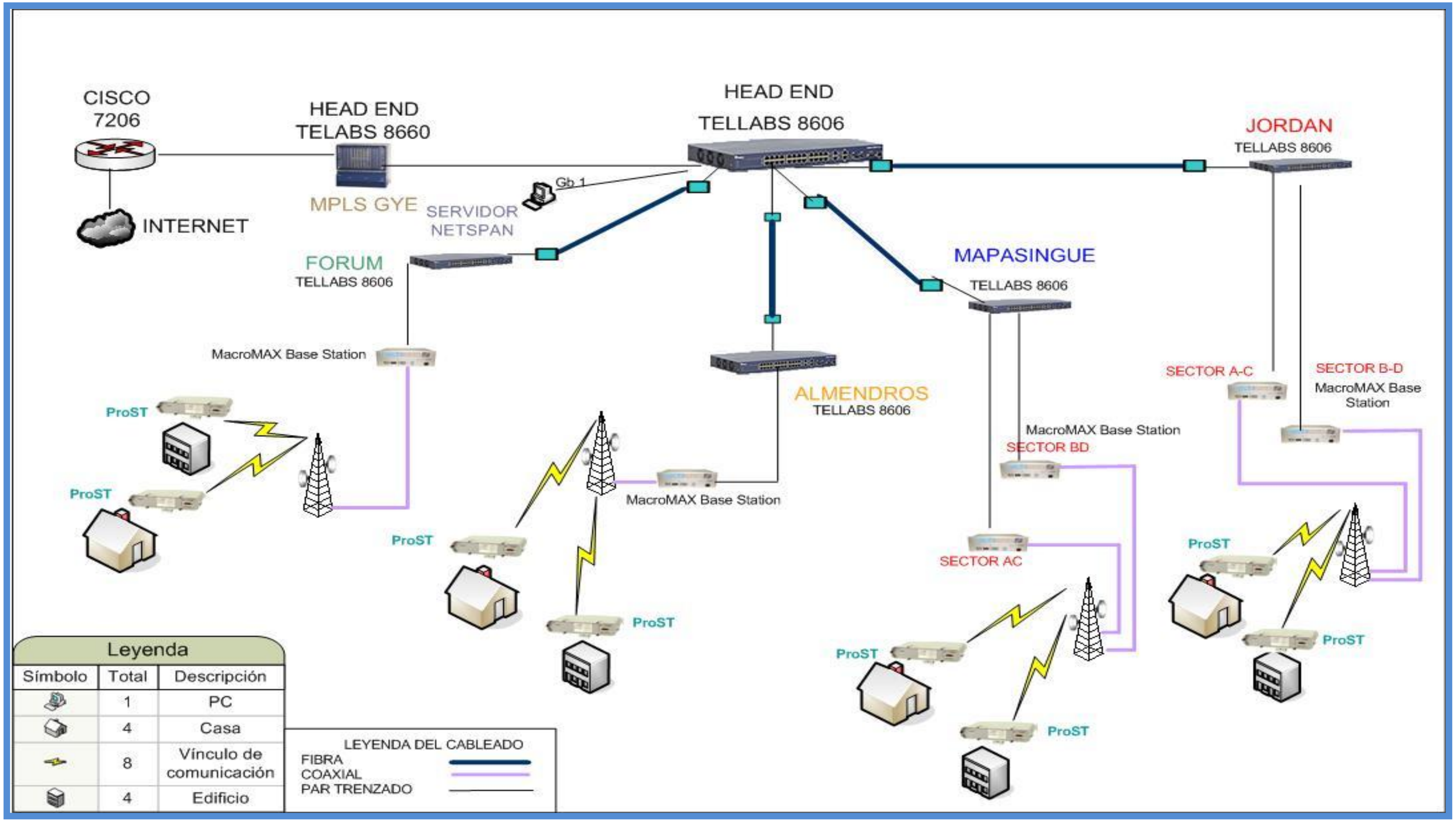


Fig. A.1.- Cerro Jordán vista superior (Guayaquil).

ANEXO B

ESTACIONES BASES DE TV CABLE

Estación de Base Jordán.

Ubicada en las coordenadas 2° 4’ 38’’ Latitud S y 79° 55’ 44’’ Longitud W. Con esta estación de base se cubre la zona Industrial vía a Daule y la parte norte de la ciudad.

Fig. B.1.- Cerro Jordán vista superior (Guayaquil).

Estación de Base Mapasingue.

Ubicada en las coordenadas geográficas 2° 10’ 16’’ Latitud S y 79° 56’ 54’’ Longitud W. Con esta base se cubre la zona Norte y parte del centro de la ciudad.

Fig. B.2.- Mapasingue vista lateral (Guayaquil).

Estación de Base ubicada en el Edificio Forum.

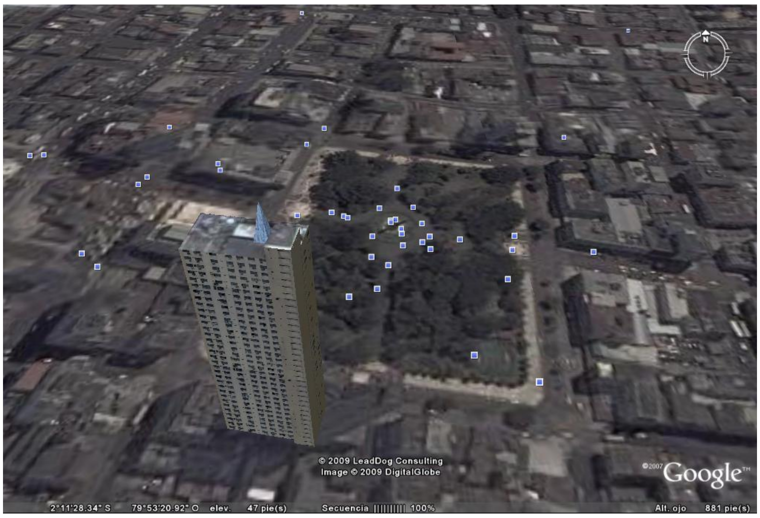


Fig. B.3.- Edificio Forum vista superior (Guayaquil).

Ubicada en las coordenadas geográficas 2°11'27.75" Latitud S y 79°53'17.88" Longitud W. Con esta base se cubre la zona céntrica de la ciudad.

Estación de Base ubicada en Los Almendros.

Fig. B.4.-. Los Almendros vista superior (Guayaquil)

Ubicada en las coordenadas geográficas 2°16'2.36"Latitud S y 79°53'18.05" Longitud W. Con esta base se cubre La Floresta y El Guasmo abarcando así todo el sur.

ANEXO C

TECNOLOGIA OFDM

Este sistema de modulación consiste en enviar la información sobre un conjunto de portadoras “separadas” en frecuencia, reduciendo el problema de propagación multitrayectoria. Lo que diferencia OFDM de otros procedimientos de multicanalización en frecuencia es la ortogonalidad entre estas portadoras, generado por un “espaciamiento” óptimo entre ellas. Este espaciamiento consiste en que la separación espectral entre portadoras consecutivas es siempre la misma e igual al inverso del periodo de símbolo, de forma que la señal OFDM se puede expresar, en notación compleja, como:

$$S(t) = \sum_{i=-N/2}^{N/2-1} d_i * \exp\left[j2\pi(f_c + \frac{i}{T})t \right] \qquad (1)$$

Donde:

fc Frecuencia central.

T Periodo.

Di Amplitud del símbolo.

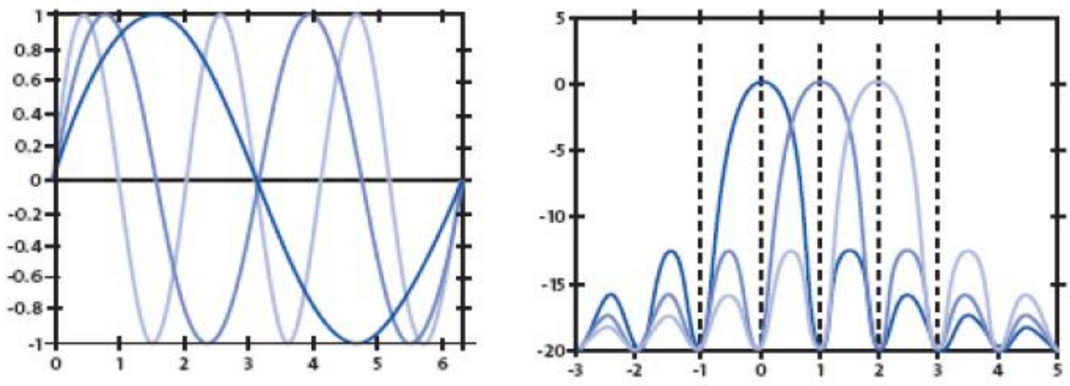
s(t) Señal OFDM en el tiempo.

Al sistema de modulación se le denomina ortogonal porque las señales pasabanda que representan las portadoras son ortogonales entre sí por lo que no se interfieren en el proceso de la demodulación. El proceso de demodulación se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\int_0^T S(t) * \exp\left[-j2\pi(f_c + \frac{i}{T})t\right] = d_k * T \quad (2)$$

Señal OFDM.

En la figura C.1 se aprecia portadoras de un sistema de modulación. El grafico en el tiempo se observa que en el periodo de una portadora caben varios periodos de las otras portadoras, alineadas todas en fase, mientras que en la representación espectral el máximo de cada portadora coincide con un nulo de las demás. En principio, podría parecer que modular y demodular una señal OFDM requiere tantas cadenas transmisoras y receptoras como portadoras tuviese el multicanalizador. Si esto fuera así, el sistema sería inviable.



a. Representación temporal b. Representación espectral

Fig. C.1.- Representación de tres portadoras ortogonales.

Afortunadamente, sólo se requiere una cadena en cada sentido de transmisión, que modula o demodula todas las portadoras a la vez. Si se examina la ecuación (1), se comprueba que una señal OFDM es la transformada inversa de Fourier de los coeficientes Di, y, estos se los obtiene de la transformada directa de s(t). Por consiguiente, la acción de modular y demodular todas las portadoras a la vez de una señal OFDM consiste básicamente en aplicar los algoritmos de la transformada rápida de Fourier, muy conocidos y fáciles de implementar en los procesadores digitales. La ortogonalidad también proporciona la ventaja adicional de proveer un mecanismo para eliminar, o reducir tanto como se quiera, el problema de la interferencia por propagación multitrayecto. Este mecanismo consiste en ampliar la duración correspondiente al periodo símbolo mediante un tiempo de guarda superior al máximo retardo diferencial entre los trayectos significativos. Durante la ampliación temporal se repite, o amplía, parte del propio símbolo (extensión cíclica).

En lo que se refiere a la modulación de las portadoras (símbolo Di de la ecuación (1)), cada portadora se modula con una información diferente12. Se suelen reservar algunas portadoras para transmitir información de sincronismo y ecualización espectral, o bien para establecer canales de servicio. Aplicaciones de este tipo de modulación se encuentra en el caso del estándar WLAN IEEE 802.11a hay 48 portadoras de datos y cuatro de servicio, los periodos de símbolo y guarda son 4 y 0,8 µs, respectivamente, y la modulación puede ser BPSK, QPSK, 16-QAM o 64-QAM.

La tecnología de multicanalización por división en frecuencia ortogonal (OFDM), proporciona al operador la forma de superar los retos de la propagación en entornos NLOS. La señal OFDM ofrece la ventaja de ser capaz de operar con un retardo de ensanchamiento mayor en este tipo de entorno.

Debido al tiempo de duración de símbolo OFDM y al uso de un prefijo cíclico, la forma de onda OFDM elimina los problemas de interferencia entre símbolos (ISI) y la dificultad de la ecualización adaptativa. En razón de que la señal OFDM está compuesta por una multitud de portadoras ortogonales de banda estrecha, el manejo del "fading" se localiza en el conjunto de portadoras, que son relativamente fáciles de ecualizar, en lugar de una sola portadora. Un ejemplo de esto se muestra a continuación, donde se compara el envío en paralelo de la información en una señal OFDM y el envío en serie en una simple señal portadora.

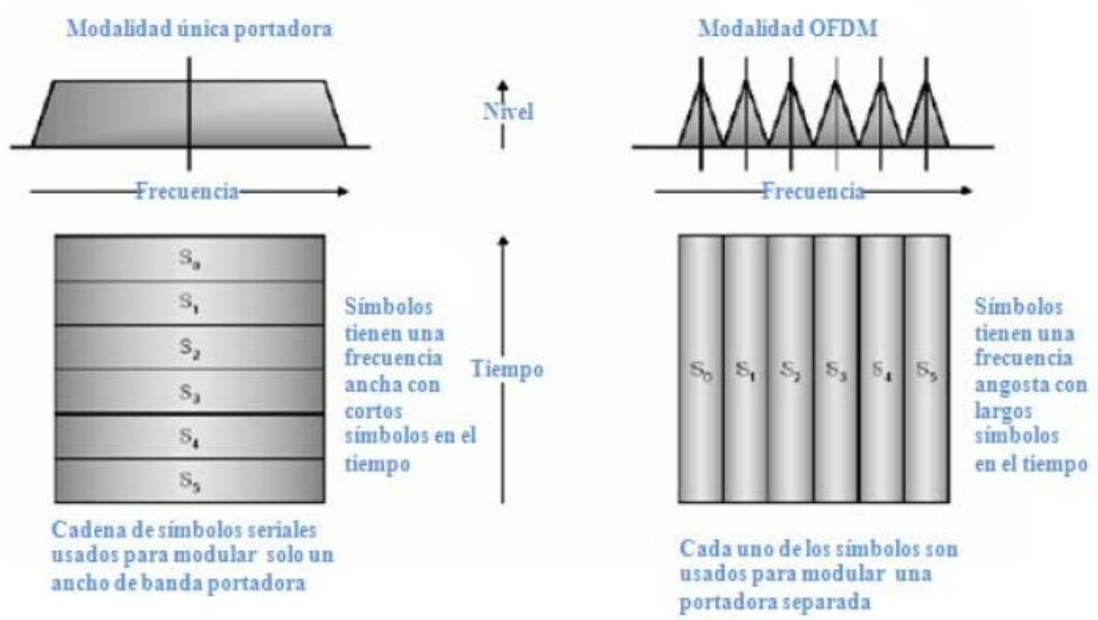


Fig. C.2.- Flujo de datos convertidos a símbolos.

La habilidad para superar el retardo de ensanchamiento, la multitrayectoria y la interferencia entre símbolos permite una mayor velocidad de salida ("throughput").

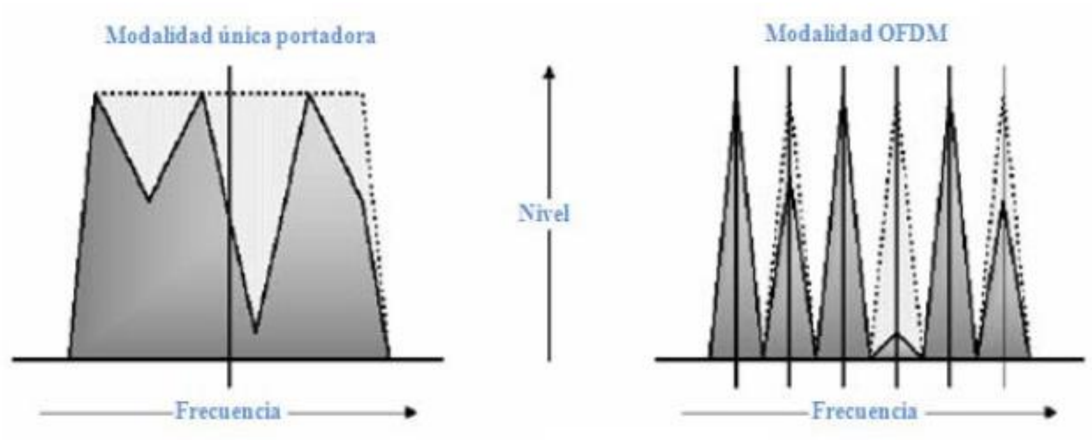


Figura1.12.- Modalidad única portadora y Modalidad OFDM.

Por las razones indicadas, los recientes estándares internacionales tales como la IEEE 802.16, el ETSI BRAN, han establecido a la modulación OFDM como la elección tecnológica preferida.

Se debe mencionar que la OFDM se utiliza también en otras aplicaciones de comunicaciones tales como ADSL por ejemplo, donde se le conoce como DMT (Discrete Multitone).

Sub-Canalización.

La sub-canalización permite que el enlace sea balanceado de tal forma que la ganancia del sistema es similar en ambos enlaces (ascendente y descendente). La sub-canalización concentra la transmisión de potencia en unas pocas portadoras OFDM, que es la forma de incrementar la ganancia del sistema y que puede ser usada para extender el alcance del sistema, superar las pérdidas de penetración, o reducir el consumo de potencia del CPE. La sub-canalización en el enlace ascendente es opcional en WiMAX.

Diversidad en la transmisión y la recepción.

Los esquemas de diversidad son usados para operar bajo condiciones de multitrayectoria (muti-path) y de reflexiones de la señal que ocurren en condiciones de NLOS. Operación con diversidad es una característica opcional en WiMAX.

Los algoritmos de diversidad ofrecidos por WiMAX, tanto en transmisión como en recepción incrementan la disponibilidad del sistema. En este caso, WiMAX utiliza la codificación en espacios de tiempo para proporcionar una fuente de transmisión independiente que reduce el desvanecimiento (fading) y la interferencia.

ANEXO D

LISTA DE SITIOS DE ESTACIONES BASES CON SUS RESPECTIVAS COORDENADAS DE REFERENCIA				
Estructura de cada sitio y Gráfico en el Google Earth				
NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	Ubicación	
			PROVINCIA	CANTÓN
AGUA SANTA	01°41'46.80"S	78°39'59.80"W	CHIMBORAZO	RIOBAMBA
BARABON	02°53'34.40"S	79°05'15.10"W	AZUAY	CUENCA
BIBLIAN (SAGRADO CORAZON)	02°43'07.70"S	78°52'53.40"W	CAÑAR	BIBLIAN
BILOVAN	01°48'09.10"S	79°06'17.20"W	BOLIVAR	SAN MIGUEL
CERRO ABITAGUA	01°24'53.90"S	78°08'31.00"W	PASTAZA	MERA
CERRO ACHAYANDI	00°57'07.70"S	78°55'32.90"W	COTOPAXI	PUJILI
CERRO ALTAR URCU	02°28'48.90"S	78°59'36.30"W	CAÑAR	CAÑAR
CERRO AMULA RAYOLOMA	01°41'22.10"S	78°43'45.70"W	CHIMBORAZO	COLTA
CERRO ANIMAS	02°28'28.20"S	80°28'03.40"W	GUAYAS	GUAYAQUIL
CERRO APAGUA	00°58'32.00"S	78°56'58.00"W	COTOPAXI	PUJILI
CERRO AZUL	02°09'57.40"S	79°57'24.80"W	GUAYAS	GUAYAQUIL
CERRO AZUL ALTO	02°09'05.10"S	79°59'01.80"W	GUAYAS	GUAYAQUIL
CERRO BALAO	02°45'58.90"S	79°39'52.90"W	GUAYAS	NARANJAL
CERRO BALAO (ESMERALDAS)	00°57'41.30"N	79°41'25.70"W	ESMERALDAS	ESMERALDAS
CERRO BELLAVISTA	02°10'57.10"S	79°54'51.30"W	GUAYAS	GUAYAQUIL
CERRO BERMEJO	00°08'09.10"N	77°19'39.90"W	SUCUMBIOS	CASCALES
CERRO BIJAGUAL	00°39'28.70"S	79°17'41.00"W	SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO
CERRO BLANCO	00°12'33.70"N	78°20'16.40"W	IMBABURA	OTAVALO
CERRO BOMBOLI	00°14'48.20"S	79°11'31.30"W	SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO
CERRO BOSCO	03°00'01.00"S	78°30'34.90"W	MORONA SANTIAGO	LIMON INDANZA
CERRO BUERAN	02°36'31.10"S	78°55'50.90"W	CAÑAR	BIBLIAN
CERRO BUERAN (TIERRAS NEGRAS)	02°35'59.40"S	78°55'44.40"W	CAÑAR	BIBLIAN
CERRO CAHUAZHUN	02°52'33.40"S	78°49'01.60"W	AZUAY	GUALACEO
CERRO CALVARIO	01°31'14.30"S	77°54'28.50"W	PASTAZA	PASTAZA
CERRO CALVARIO(LOJA)	04°02'47.00"S	79°39'05.80"W	LOJA	PALTAS
CERRO CAPADIA ALTO	01°25'24.20"S	78°57'01.10"W	BOLIVAR	GUARANDA

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	Ubicación	
			PROVINCIA	CANTÓN
CERRO CAPADIA CHICO	01°25'54.10"S	78°56'19.70"W	BOLIVAR	GUARANDA
CERRO CAPAES	02°12'32.40"S	80°51'47.50"W	SANTA ELENA	SANTA ELENA
CERRO CARSHAO	02°26'23.20"S	78°57'03.80"W	CAÑAR	CAÑAR
CERRO CARSHAO BAJO	02°26'08.10"S	78°56'52.20"W	CAÑAR	CAÑAR
CERRO CAYAMBE	00°03'58.00"N	77°59'25.80"W	PICHINCHA	CAYAMBE
CERRO CHIGUILPE ALTO	00°17'44.70"S	79°05'12.10"W	SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO
CERRO CHIGUILPE BAJO	00°16'51.30"S	79°05'26.40"W	SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO
CERRO CHILLA	03°29'09.70"S	79°36'04.70"W	EL ORO	CHILLA
CERRO CHILOLA	03°30'00.90"S	79°37'52.50"W	EL ORO	CHILLA
CERRO COCHAPAMBA	02°47'41.10"S	79°25'39.10"W	AZUAY	CUENCA
CERRO COJITAMBO	02°45'40.70"S	78°53'16.40"W	CAÑAR	AZOGUES
CERRO COLAMBO	04°14'14.60"S	79°23'45.40"W	LOJA	GONZANAMA
CERRO CONDIJUA	00°29'01.60"S	77°54'06.90"W	NAPO	QUIJOS
CERRO COROZO	01°29'23.10"S	80°31'27.00"W	MANABI	JIPIJAPA
CERRO COTACACHI	00°19'57.30"N	78°20'24.60"W	IMBABURA	COTACACHI
CERRO CRUZ LOMA	00°11'17.50"S	78°32'06.70"W	PICHINCHA	QUITO
CERRO DE HOJAS	01°02'40.10"S	80°32'38.50"W	MANABI	PORTOVIEJO
CERRO DE LA COCHA	01°50'38.90"S	79°09'52.80"W	BOLIVAR	SAN MIGUEL
CERRO DON JUAN	00°50'51.20"N	79°53'52.40"W	ESMERALDAS	ATACAMES
CERRO EL CARMEN	02°10'47.60"S	79°52'50.00"W	GUAYAS	GUAYAQUIL
CERRO EL TRIGAL	03°41'23.20"S	79°39'33.90"W	EL ORO	PIÑAS
CERRO GATAZO	00°56'38.40"N	79°39'29.70"W	ESMERALDAS	ESMERALDAS
CERRO GATAZO GRANDE	01°39'41.30"S	78°45'00.80"W	CHIMBORAZO	COLTA
CERRO GONZALEZ	02°20'57.30"S	80°32'36.70"W	GUAYAS	GUAYAQUIL
CERRO GUACHAURCO	04°02'11.70"S	79°52'19.40"W	LOJA	PALTAS
CERRO GUAGUALZHUMI	02°53'32.50"S	78°54'39.60"W	AZUAY	CUENCA
CERRO GUALLIL	03°04'30.90"S	78°48'58.70"W	AZUAY	SIGSIG
CERRO GUANCHURO	04°04'28.80"S	79°38'54.90"W	LOJA	PALTAS
CERRO GUAYAS	00°41'18.10"S	80°05'27.90"W	MANABI	CHONE

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	Ubicación	
			PROVINCIA	CANTÓN
CERRO GUIRILLIO	03°09'57.50"S	79°36'20.40"W	EL ORO	EL GUABO
CERRO HIGNO CACHA	01°41'31.90"S	78°42'58.60"W	CHIMBORAZO	RIOBAMBA
CERRO HITO CRUZ	02°55'51.50"S	78°59'51.70"W	AZUAY	CUENCA
CERRO HUACAMAYOS	00°37'26.06"S	77°50'28.60"W	NAPO	ARCHIDONA
CERRO HUANCHINCHAMBO	04°01'25.20"S	79°14'45.90"W	LOJA	CATAMAYO
CERRO ILAMBULO	01°42'18.60"S	79°05'32.60"W	BOLIVAR	SAN MIGUEL
CERRO ILUMBISI	00°13'40.60"S	78°28'25.70"W	PICHINCHA	QUITO
CERRO JAMA 1	00°12'29.40"S	80°16'08.70"W	MANABI	JAMA
CERRO JAMA 2	00°12'58.90"S	80°16'44.50"W	MANABI	JAMA
CERRO LA CHUVA	03°43'03.00"S	79°39'11.30"W	EL ORO	PIÑAS
CERRO LA CRESPA	00°20'07.10"S	79°45'34.70"W	MANABI	FLAVIO ALFARO
CERRO LA JUANITA	00°28'02.20"N	79°34'40.50"W	ESMERALDAS	QUININDE
CERRO LA MIRA	01°30'32.70"S	78°35'05.20"W	CHIMBORAZO	GUANO
CERRO LA MIRA (SENINCAHUAN)	01°41'31.90"S	78°42'58.60"W	CHIMBORAZO	RIOBAMBA
CERRO LA VIRGEN	00°19'06.90"S	78°11'27.60"W	PICHINCHA	QUITO
CERRO LUMBAQUI ALTO	00°00'30.40"N	77°19'15.80"W	ORELLANA	ORELLANA
CERRO LUMBAQUI BAJO	00°01'47.70"N	77°19'07.90"W	ORELLANA	ORELLANA
CERRO MAPASINGUE	02°08'49.80"S	79°55'40.80"W	GUAYAS	GUAYAQUIL
CERRO MOTILON	04°04'57.10"S	79°56'22.20"W	LOJA	CELICA
CERRO NITON	01°16'41.60"S	78°32'10.20"W	TUNGURAHUA	SAN PEDRO DE PELILEO
CERRO NUEVE	00°16'05.30"S	80°12'29.90"W	MANABI	JAMA
CERRO PILISURCO o SAGUATOA	01°09'17.20"S	78°39'58.00"W	TUNGURAHUA	AMBATO
CERRO PUCARA	01°39'04.50"S	79°06'10.70"W	BOLIVAR	CHIMBO
CERRO PUENGASI	00°14'43.40"S	78°29'59.70"W	PICHINCHA	QUITO
CERRO PUERTO ALTO	00°21'36.30"S	79°52'00.40"W	MANABI	FLAVIO ALFARO
CERRO PUTZALAGUA	00°57'56.00"S	78°33'42.70"W	COTOPAXI	LATACUNGA
CERRO QUILAMO	02°18'14.40"S	78°08'26.80"W	MORONA SANTIAGO	MORONA
CERRO RAYOLOMA	02°54'13.00"S	78°57'59.20"W	AZUAY	CUENCA
CERRO REPEN	03°33'01.80"S	79°41'02.70"W	EL ORO	ATAHUALPA

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	Ubicación	
			PROVINCIA	CANTÓN
CERRO REVENTADOR	00°02'33.90"S	77°31'44.10"W	SUCUMBIOS	GONZALO PIZARRO
CERRO RUMILOMA (AMOPUNGO - SEÑOR PUNGO)	02°48'19.00"S	78°49'19.30"W	AZUAY	PAUTE
CERRO SALVACION (LLIGUA)	01°22'44.90"S	78°26'11.80"W	TUNGURAHUA	BAÑOS
CERRO SAN EDUARDO	02°10'28.00"S	79°55'07.30"W	GUAYAS	GUAYAQUIL
CERRO SAN LUIS	00°35'10.70"S	79°19'18.80"W	SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO
CERRO SANTA ANA	01°55'45.30"S	79°45'50.10"W	GUAYAS	SAMBORONDON
CERRO TANZARTE (CRUZ LOMA)	02°45'17.90"S	79°23'59.80"W	GUAYAS	NARANJAL
CERRO TRES CRUCES	00°16'22.60"S	77°45'53.80"W	NAPO	EL CHACO
CERRO TROYA	00°44'24.50"N	77°41'48.70"W	CARCHI	TULCAN
CERRO TROYA BAJO	00°44'09.50"N	77°42'22.80"W	CARCHI	TULCAN
CERRO TURI	02°55'22.90"S	79°00'32.80"W	AZUAY	CUENCA
CERRO VENTANAS	04°01'54.10"S	79°14'39.00"W	LOJA	CATAMAYO
CERRO VILLAFLOR	02°49'44.60"S	78°48'12.30"W	CAÑAR	AZOGUES
CERRO VILLONACO ALTO	03°59'18.70"S	79°16'06.30"W	LOJA	CATAMAYO
CERRO ZAPALLO	00°53'05.30"N	79°31'52.20"W	ESMERALDAS	ESMERALDAS
CHASQUI	00°37'15.30"S	78°35'37.20"W	COTOPAXI	LATACUNGA
COCHABAMBA (CHUCHI)	01°41'56.20"S	79°06'20.60"W	BOLIVAR	SAN MIGUEL
COCHABAMBA (TUNDALOMA)	01°41'35.30"S	79°06'28.20"W	BOLIVAR	SAN MIGUEL
LLANTANTOMA	01°09'56.40"S	78°37'53.90"W	TUNGURAHUA	AMBATO
LOMA DE LOURDES	01°42'19.70"S	79°04'49.20"W	BOLIVAR	SAN MIGUEL
LOMA DE VIENTO	00°42'28.10"S	80°24'28.80"W	MANABI	SUCRE
LOMA SUSANGA	01°40'23.00"S	79°01'08.80"W	BOLIVAR	CHIMBO
MIRADOR BAHIA DE CARAQUEZ	00°36'28.00"S	80°25'34.70"W	MANABI	SUCRE
MOJANDA	00°04'47.30"N	78°13'43.20"W	PICHINCHA	PEDRO MONCAYO
PADRE URCU	01°42'21.80"S	79°05'45.70"W	BOLIVAR	SAN MIGUEL
PAPALLACTA	00°22'43.70"S	78°08'48.60"W	NAPO	QUIJOS
PUCARA	04°05'47.80"S	79°56'17.70"W	LOJA	CELICA
SANTA CLARA (KM. 35 VIA PUYO-TENA)	01°17'29.30"S	77°52'36.80"W	PASTAZA	SANTA CLARA
SARAGURO	03°37'55.20"S	79°14'37.50"W	LOJA	SARAGURO

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	Ubicación	
			PROVINCIA	CANTÓN
SECTOR FERROVIARIA Y LA FORESTAL	00°15'48.00"S	78°30'25.00"W	PICHICHA	QUITO
SECTOR NERO - ZHUZHUN	02°56'48.30"S	79°03'46.20"W	AZUAY	CUENCA
TIPOLOMA ALTO	03°08'13.20"S	79°05'09.70"W	AZUAY	GIRON
TIPOLOMA BAJO	03°07'41.50"S	79°05'17.90"W	AZUAY	GIRON
TIUGUINAL	01°22'00.30"S	79°00'25.10"W	BOLIVAR	GUARANDA
CERRO CABRAS	00°28'15.00''N	77°57'50.70'' W	CARCHI	BOLIVAR
CERRO CHILES ALTO	00°35'14.40''N	77°51'04.00''W	CARCHI	MONTUFAR
CERRO CONDORCOCHA	00°02'19.10"S	78°30'41.00"W	PICHINCHA	QUITO
CERRO PAREDONES	02°44'38.30''S	79°26'26.60''W	AZUAY	CUENCA
CUCHILLA DE PAREDONES	02°44'10.70''S	79°26'43.10''W	AZUAY	CUENCA
CERRO SAN FRANCISCO	00°23'24.89''S	78°37'06.79''W	PICHINCHA	MEJIA
CERRO TINAJERO	00°22'53.08''S	78°36'36.19''W	PICHINCHA	MEJIA
CERRO LA VIUDITA	00°24'50.70''S	78°36'27.00''W	PICHINCHA	MEJIA
CERRO HACDA EL ROSARIO	00°26'14.60''S	78°32'12.50''W	PICHINCHA	MEJIA
CERRO ATACAZO ALTO	00°21'22.20''S	78°37'09.10''W	PICHINCHA	QUITO
CERRO ATACAZO BAJO	00°19'05.10''S	78°36'08.10''W	PICHINCHA	QUITO
CERRO PICHINCHA	00°09'57.03''S	78°31'39.19''W	PICHINCHA	QUITO

ANEXO E

MARCO REGULATORIO

La prestación de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador son regulados por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, bajo la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada cuya última modificación fue publicada en el Registro oficial 34 del 13 de marzo del 2000. La aplicación de la Ley indicada se detalla en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada cuya principal reforma ocurrió el 23 de agosto del 2001. De acuerdo con la última reforma de la Ley, en el País se deben proveer Servicios en un régimen de libre competencia. Los principales servicios de telecomunicaciones que se ofrecen son la Telefonía Local, Larga Distancia Internacional, Servicio Portador, Telefonía Móvil Celular y Telefonía Móvil Avanzado, existiendo neutralidad tecnológica por parte del Regulador.

La base legal establecida por el CONATEL contempla los siguientes Reglamentos y Normas:

· Reglamento de Radiocomunicaciones.

· Reglamento para la prestación de Servicios Portadores.

· Reglamento para la prestación de servicios finales de telecomunicaciones a través de terminales de telecomunicaciones de uso público.

· Reglamento para el servicio de telefonía móvil celular.

· Reglamento para la prestación del servicio móvil avanzado.

· Reglamento y norma técnica para los sistemas comunales de explotación.

· Reglamento para la instalación, operación y prestación de sistemas de servicios de buscapersonas.

· Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha.

· Reglamento para la otorgación de títulos habilitantes para la operación de redes privadas.

· Reglamento de interconexión.

· Reglamento del Fodetel.

· Reglamento para la prestación de servicios de valor agregado.

· Reglamento de derechos de concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

· Reglamento del servicio de telefonía fija local.

· Reglamento para homologación de equipos terminales de telecomunicaciones.

· Reglamento para la provisión de capacidad de cable submarino.

Se ha remarcado en negrilla los principales reglamentos bajo los cuales se regiría la prestación de servicios usando la red diseñada en la presente tesis.

Adicionalmente, el CONATEL aprobó el Plan Nacional de frecuencias, que es un documento que expresa la soberanía del Estado en materia del espectro radioeléctrico utilizado en los diferentes servicios de radiocomunicaciones.
En este documento se establece el uso que tendrá cada una de las bandas desde los 9 KHz hasta los 275 GHz. Por debajo de los 9 KHz y por encima de los 275 GHz no se observa atribución de servicios.

BIBLIOGRAFIA

1. Alvarion “Mobile WiMAX, Personal Broadband Services For Enhancing Lifestyles and Productivity”.12 pp.

2. Maravedis (2006). “Spectrum Analysis – The Critical Factor in BWA/WiMAX versus 3G”. Montreal. Canadá. 31 pp.

3. Motorola (2000). “Adaptative Modulation and Coding (AMC)”. Estocolmo. Suecia. 7pp.

4. Motorola (2006). “CDMA 2000 EV-DO Rev. B”. Illinois. Estados Unidos. 7 pp.

5. WiMAX Forum (2005a). “WiMAX an Efficient Tool to Bridge the Digital Divide”. Guy Cayla, Stephane Cohen y Didier Guigon. 10 pp.

6. WiMAX Forum (2005b). ”Fixed, nomadic, portable and mobile applications for 802.16-2004 and 802.16e WiMAX networks”. Senza Fili Consulting. 17 pp.

7. WiMAX Forum (2006a).”Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation”. 53 pp.

8. WiMAX Forum (2006b).”Mobile WiMAX – Part II: A Comparative Analysis”. Doug Gray. 47 pp.

9. WiMAX Forum (2006c). “Mobile WiMAX: A Performance and Comparative Summary". Doug Grey. 10 pp.

10. INTEL Corporation, White Paper: Broadband Wireless Access – Año 2003.

11. Grupo Tv Cable, Precios de servicios que presta Tv Cable, http://www.grupotvcable.com, agosto 2009

12. Telmex, Precios de servicios que presta Telmex, http://www.telmex.com/ec/, agosto 2009

13. Cecilia Velasco del Diario Hoy, “El Grupo Tv Cable”, http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/grupo-tv-cable-344531.html, abril 2009

14. Unico, Precios de servicios corporativos, http://www.unico.com.ec/, septiembre 2009

15. Diario Expreso, “La expansión de Telmex inquieta a las telefónicas”, http://www.ecuadorinmediato.com/Noticias/news_user_view/ecuadorinmediato_noticias--54351, septiembre 2009