

**ASPECTOS REGULATORIOS Y TÉCNICOS QUE INFLUYEN EN LA
PENETRACIÓN DE WiMAX COMO NUEVA TECNOLOGÍA DE ACCESO DE
BANDA ANCHA**

**Trabajo de Tesis
Presentado al
Departamento de Ingeniería Electrónica
Por:**

JUAN PABLO GUERRÓN MELO

**ASESOR:
MAURICIO LÓPEZ**

**Para optar el título de:
Magíster en Ingeniería Electrónica – Área Telecomunicaciones**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA
BOGOTÁ
2006**

Dedico esta Tesis a:

Dios por darme salud y estar siempre a mi lado

Mis padres Socorro y Guillermo, por su esfuerzo, amor y apoyo incondicional

Mony, Andrés y María José por ser mi fortaleza para seguir adelante

Lorena por su amor y comprensión

Juan Manuel y Alfredo Guerrero, por su apoyo en todo momento

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. TECNOLOGÍA DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA WIMAX - IEEE 802.16*8	
2.1 OTRAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	13
2.2 CARACTERÍSTICAS DE WIMAX.....	14
2.2.1 <i>Modulación – Rendimiento</i>	14
2.2.2 <i>Escalabilidad</i>	16
2.2.3 <i>Cobertura</i>	16
2.2.4 <i>Calidad del Servicio (QoS)</i>	17
2.2.5 <i>Seguridad</i>	17
3. MERCADO DE BANDA ANCHA	17
3.1 DESCRIPCIÓN TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA MÁS COMUNES EN COLOMBIA.....	20
3.1.1 <i>xDSL</i>	21
3.1.2 <i>CABLE MODEM</i>	23
3.1.3 <i>WiFi</i>	25
3.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PENETRACIÓN DE BANDA ANCHA EN COLOMBIA.....	27
3.2.1 <i>La competencia</i>	28
3.2.2 <i>Motores de banda ancha</i>	29
3.2.3 <i>Limitantes en penetración de banda ancha</i>	30
4. MARCO REGULATORIO	33
4.1 MARCO GENERAL.....	33
4.2 DESAGREGACIÓN DE REDES.....	34
4.2.1 ARTICULO 4.2.3.3. DESAGREGACIÓN.....	35
4.3 RESOLUCIÓN 2064.....	36
4.4 RESOLUCIÓN 2070.....	36
4.5. MÉTODO DE ASIGNACIÓN DE FRECUENCIA.....	38
4.5.1 <i>CONCURSOS O BEAUTY CONTEST (PROCESO ADMINISTRATIVO)</i>	39
4.5.2 <i>SUBASTA</i>	39
4.6 PROPUESTA DE UN PROCESO ÓPTIMO DE ASIGNACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO PARA BANDA ANCHA.....	41
5. DEFINICION DE LA FRECUENCIA ÓPTIMA DE OPERACIÓN DE WIMAX EN COLOMBIA	43
5.1 BANDA DE 5,8 GHZ:.....	44
5.2 BANDA DE 2.5GHZ:.....	45
5.3 BANDA DE 3.5GHZ:.....	46
5.4 CARACTERÍSTICAS DE RADIO PARA 2.5GHZ Y 3.5GHZ.....	48
5.5 OTRAS BANDAS DE FRECUENCIA.....	52
5.5.1 <i>Frecuencia entre 2.3GHz Y 2.5GHz</i>	52
5.5.2 <i>Frecuencias de 3.3 a 3.4 y 3.6 a 3.8 Ghz</i>	53
5.6 FRECUENCIA OPTIMA DE OPERACIÓN PARA WIMAX.....	53

6. MODELO FINANCIERO PARA UN NUEVO OPERADOR DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA QUE UTILIZA TECNOLOGÍA WIMAX.....	55
6.1 SEGMENTACIÓN DEL MERCADO.....	56
6.2 DISEÑO DE LA RED Y EQUIPOS A UTILIZAR.....	61
6.3 ANÁLISIS FINANCIERO.....	62
6.3.1 Inversión Inicial.....	62
6.3.2. Tasa de descuento.....	63
6.3.3. Inversión.....	63
6.3.4. Egresos.....	63
6.4 ESCENARIOS.....	67
6.4.1 Determinación del valor de licencia.....	68
7. RECOMENDACIONES	73
8. CONCLUSIONES	74
ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS	78
ANEXO 1.....	80
1. RESUMEN TÉCNICO ESTÁNDAR IEEE 802.16X	80
1.1 CAPA MAC.....	80
1.1.1 Concentración de Subcapas	81
1.1.2 Subcapa Común.....	81
1.1.2.1 Formatos MAC PDU.....	83
1.1.2.3 Control de Radio enlace.....	85
1.2 CAPA FÍSICA PHY.....	85
ANEXO 2.....	90
2.1 CUADRO DE SUSCRIPTORES POTENCIALES	90
2.2 IMPUTS Y SUPUESTOS	90
2.3 ESCENARIOS DEL MODELO.....	91
2.4 INGRESOS PROYECTADOS AÑO 1 ESCENARIO OPTIMISTA.....	92
2.5 RELACIÓN NÚMERO DE USUARIO E INGRESOS.....	93
2.6 FLUJO DE CAJA AÑO 1	94

TABLA DE ILUSTRACIONES

FIGURA 1 . DIFERENTES SEGMENTOS DE ACCESO INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA.....	11
FIGURA 2 . COMPARATIVO TECNOLOGÍAS WÍRELESS VS. COBERTURA.....	13
FIGURA 3 . ESQUEMA DE MODULACIÓN ADAPTATIVA DE WIMAX.....	15
FIGURA 4 . TASA DE TRANSFERENCIA DE DATOS SEGÚN MODULACIÓN Y CANAL.....	16
FIGURA 5 . SUSCRIPTORES POR TECNOLOGÍA.....	18
FIGURA 6 . EVOLUCIÓN DE USUARIOS DE INTERNET POR TECNOLOGÍA EN COLOMBIA.....	20
FIGURA 7 . DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES DE CABLE Y XDSL POR CIUDADES.....	20
FIGURA 8 . ARQUITECTURA GENERAL ADSL.....	22
FIGURA 9 . ESQUEMA OPERATIVO DE UNA RED HÍBRIDA DE FIBRA / COAXIAL.....	24
FIGURA 10 . MÉTODO DE ASIGNACIÓN POR SUBASTA.....	40
FIGURA 11 . PROPUESTA DE CANALIZACIÓN WIMAX PARA BANDA DE 2.5GHZ.....	46
FIGURA 12 . ESTADO BANDA 3.4GHZ A 3.6GHZ PARA AFI.....	47
FIGURA 13 . DENSIDAD TÍPICA DE SUSCRIPTORES PARA ÁREA RURAL CON 3.5GHZ FDD	50
FIGURA 14 . CAPACIDAD EN CANAL ÚNICO Y 6 CANALES DOWNLINK ESTACIÓN BASE EN LA BANDA DE 3.5GHZ.....	51
FIGURA 15 . CAPACIDAD EN CANAL ÚNICO Y 6 CANALES DOWNLINK ESTACIÓN BASE EN LA BANDA DE 2.5GHZ.....	51
FIGURA 16 . ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIA 3.4 GHZ – 3.6GHZ.....	55
FIGURA 17 . VARIACIONES EN EL FLUJO DE CAJA EN EL MODELO DE NEGOCIO.....	70
FIGURA 18 . VARIACIÓN DE VPN CON VALOR DE LICENCIA 0 ANTE DIFERENTES ESCENARIOS Y VALORES DE N.....	71
FIGURA 19 . VALORES MÁXIMOS A OFRECER AL MINISTERIO POR LICENCIA DE FRECUENCIA ANTE DIFERENTES ESCENARIOS.....	72

TABLAS

TABLA 1 . COMPARACIÓN ESTÁNDARES MÁS COMUNES IEEE 802.16*	12
TABLA 2 . TASA DE TRANSFERENCIA DE DATOS SEGÚN MODULACIÓN Y CANAL.....	15
TABLA 3 . SUSCRIPTORES INTERNET JUNIO 2005	18
TABLA 4 . TECNOLOGÍAS DSL Y SUS VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN.....	21
TABLA 5 . COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES ESTÁNDARES WIFI.....	26
TABLA 6 . COMPARACIÓN TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA VS. WIMAX.....	26
TABLA 7 . VALORES DE N PARA LOS RANGOS COMPRENDIDOS ENTRE 2GHZ Y 10GHZ.....	32
TABLA 8 . VALOR DE Z DEPENDIENDO DEL ÁREA DE OPERACIÓN –NACIONAL – DEPARTAMENTAL.....	32
TABLA 9 CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS PARA LA BANDA DE 3.5GHZ.....	36
TABLA 10 . CARACTERÍSTICAS RADIO.....	49
TABLA 11 . BANDAS, ÁREA DE SERVICIO Y ANCHO DE BANDA CON FDD PARA BANDA DE 3.4GHZ – 3.6GHZ.....	54
TABLA 12 . TARIFA MENSUAL DE SERVICIO DE BANDA ANCHA (PROMEDIO OPERADORES ETB, TELECOM, CABLENET, SUPERCABLE).....	57
TABLA 13 . TABLA DE RELACIÓN DE REUSO DE USUARIOS PARA UN ACCESO E1	58
TABLA 14 . PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO DE SUSCRIPTORES DE BANDA ANCHA A NIVEL NACIONAL 2003 – 2015	59
TABLA 15 . PORCENTAJES PARA CÁLCULO DE SUSCRIPTORES POTENCIALES	60
TABLA 16 PRONOSTICO DE HABITANTES PARA BOGOTÁ.....	60
TABLA 17 PRONÓSTICO DE SUSCRIPTORES DE BANDA ANCHA PARA BOGOTÁ Y PARTICIPACIÓN NACIONAL.....	61
TABLA 18 . SUSCRIPTORES POTENCIALES WIMAX.....	61
TABLA 19 . INVERSIÓN INICIAL.....	65
TABLA 20 . EGRESOS PERIÓDICOS	66
TABLA 21 . ESCENARIOS DE ANÁLISIS.....	67

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el desarrollo de banda ancha y el estímulo del acceso a la Sociedad de la información, es un tema común para todos los países, que trae consigo beneficios en la parte productiva, educativa, comercial y económica. Dentro de los principales focos del acceso a la sociedad de la información, se encuentra la masificación de Internet, donde los usuarios demandan continuamente nuevas aplicaciones y contenidos con menor tiempo de descarga y costo, a través de sistemas y equipos que proveen mayor capacidad de transmisión y recepción.

Gracias a las nuevas tecnologías de acceso de banda ancha, los tiempos de implementación y puesta en marcha de los proyectos son mucho menores, se aseguran mejores niveles de calidad, acceso confiable a aplicaciones de transacción de comercio electrónico y servicios de banca en línea, teleconferencias, videoconferencias, estudio a distancia, entretenimiento y trámites ante diferentes entidades. Por esto la banda ancha se ha convertido en un elemento importante a nivel mundial, donde cada tecnología y mercado objetivo, tienen sus características propias.

Existen varias definiciones de banda ancha, para la UIT, “Los servicios de banda ancha son aquellos que requieren canales de transmisión capaces de soportar velocidades mayores que la velocidad primaria”, esto implica por lo menos velocidades de 1.5 Mbps o 2 Mbps. En países desarrollados que cuentan con gran penetración de Internet, se habla de banda ancha cuando las velocidades son superiores a 128 Kbps o 512 Kbps. Para Colombia, banda ancha se refiere a cualquier servicio que pueda acceder con velocidades superiores a las ofrecidas a través de una línea convencional, aunque el objetivo es lograr velocidades superiores a los 128 Kbps.¹

¹ Fuente: Promoción y masificación de la Banda Ancha en Colombia Versión II, CRT-Ministerio de Comunicaciones.

El sistema de acceso de banda ancha, objeto de estudio en esta tesis, se denomina Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX), que es una tecnología de acceso inalámbrico cuya base se fundamenta en el estándar 802.16 y su interfaz aérea, para sistemas fijos de acceso inalámbrico de banda ancha. También se conoce como interfaz aérea IEEE WirelessMAN, que brinda acceso de última milla en redes de área metropolitana (MAN), con un desempeño similar al tradicional acceso residencial DSL (Digital Subscriber Line) o cable. Una de las principales ventajas es su capacidad para llegar a sitios de difícil acceso, superando las limitaciones físicas del cable y reduciendo costos de instalación.

WiMax como nueva tecnología de banda ancha, puede actuar como sustituto o complemento de la infraestructura existente en el país, para lo cual es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos relacionados con su posible implementación:

- Clasificación dentro del Marco Regulatorio Actual de Colombia.
- Servicios que pueden ser prestados.
- Derechos de uso del espectro electromagnético para las tecnologías inalámbricas.
- Canales que pueden ser utilizados, de acuerdo con la asignación existente en el cuadro nacional de atribución de frecuencias.

2. TECNOLOGÍA DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA WiMAX - IEEE 802.16*

La base del IEEE 802.16* es la interfaz aérea estándar para sistemas de banda ancha inalámbrica, utiliza infraestructura punto-punto, punto-multipunto y trabaja en el rango de frecuencias de 2Ghz a 66Ghz. Para altas frecuencias se trabaja con Línea de vista (LOS) y para bajas frecuencias se puede trabajar en escenarios que no requieren línea de vista (NLOS).

El estándar base de WiMAX es el IEEE 802.16 cuyo rango de frecuencias es de 10 Ghz a 66 Ghz, logra una tasa de 75 Mbps hasta 120 Mbps. Esto aplica para arquitecturas con línea de vista (LOS) y espectros licenciados. Existe el estándar IEEE 802.16a como una extensión del IEEE 802.16, que tiene en cuenta bandas licenciadas y no licenciadas y opera en el rango de 2 Ghz a 10 Ghz y tiene la posibilidad de trabajar en arquitecturas de no línea de vista (NLOS). El estándar IEEE 802.16a es la tecnología apropiada de última milla, para poder sobrellevar obstáculos como construcciones, árboles y donde las estaciones base se pueden montar en techos de casas o edificios, en vez de torres o montañas. Los radios de celda típicos para este tipo de estaciones es de aproximadamente 4-6 millas en no línea de vista. Con una tasa de datos compartida hasta de 75 Mbps, un único sector de una estación base de 802.16a, donde el sector se define como un único radio transmisor/receptor, se podría brindar suficiente ancho de banda para soportar simultáneamente mas de 60 negocios con nivel de conectividad de T1 y cientos de viviendas con tasa de conectividad de DSL, utilizando un canal con ancho de 20 Mhz.²

Además del estándar IEEE 802.16a, existen otras extensiones donde se realizan mejoras y se presentan otras características tal como se muestra en la Tabla 1.

WiMAX como sistema inalámbrico de banda ancha puede tener múltiples aplicaciones:

1. Backhaul Celular: Esta es una excelente alternativa por el ancho de banda robusto, provee una mejor relación costo beneficio, tanto para empresas que manejan hot spot como para aplicaciones backhaul punto a punto.
2. Banda ancha en demanda: La tecnología inalámbrica de 802.16a, brinda la posibilidad al proveedor de servicio de ofrecer una velocidad similar a la de una solución cableada, en menos días y a un costo menor. También brinda

² White paper, Intel, IEEE 802.16* y WiMAX, Broadband Wireless Access for Everyone.

la posibilidad de ofrecer instantáneamente conectividad configurable por demanda de alta velocidad, para eventos temporales que pueden generar cientos y miles de usuarios para hot spot en IEEE 802.11. En estas aplicaciones, el operador utiliza 802.16a como backhaul al corazón de la red.

3. Banda ancha residencial: Muchas localidades urbanas y suburbanas, pueden tener limitaciones de acceso de banda ancha con las tecnologías tradicionales de cable o DSL, por las limitaciones físicas del medio y el costo. La flexibilidad y el bajo costo de IEEE 802.16a, ayuda a llevar las limitaciones de las tecnologías cableadas y sistemas propietarios inalámbricos.
4. Áreas sin servicio: La tecnología inalámbrica basada en IEEE 802.16 es una buena elección para lugares rurales o áreas alejadas con poca densidad de población. Esto se debe a que en estos lugares, no existe infraestructura cableada, o no se puede ofrecer servicios de banda ancha con calidad suficiente, debido a la lejanía de las centrales telefónicas.
5. Mejor servicio inalámbrico: Los usuarios desean estar conectados inalámbricamente incluso fuera del rango del hot spot más cercano. El IEEE 802.16e como extensión del 802.16a introducirá la capacidad de conectarse a un WISP³ igual, aún cuando estén fuera de su casa o negocio, o vayan a otra ciudad que tenga un WISP, brindando a futuro la propiedad de movilidad.

La Figura 1 muestra la arquitectura general de WiMAX para diferentes segmentos del mercado (residencial y corporativo)

³ WISP: Wireless Internet Server Provider

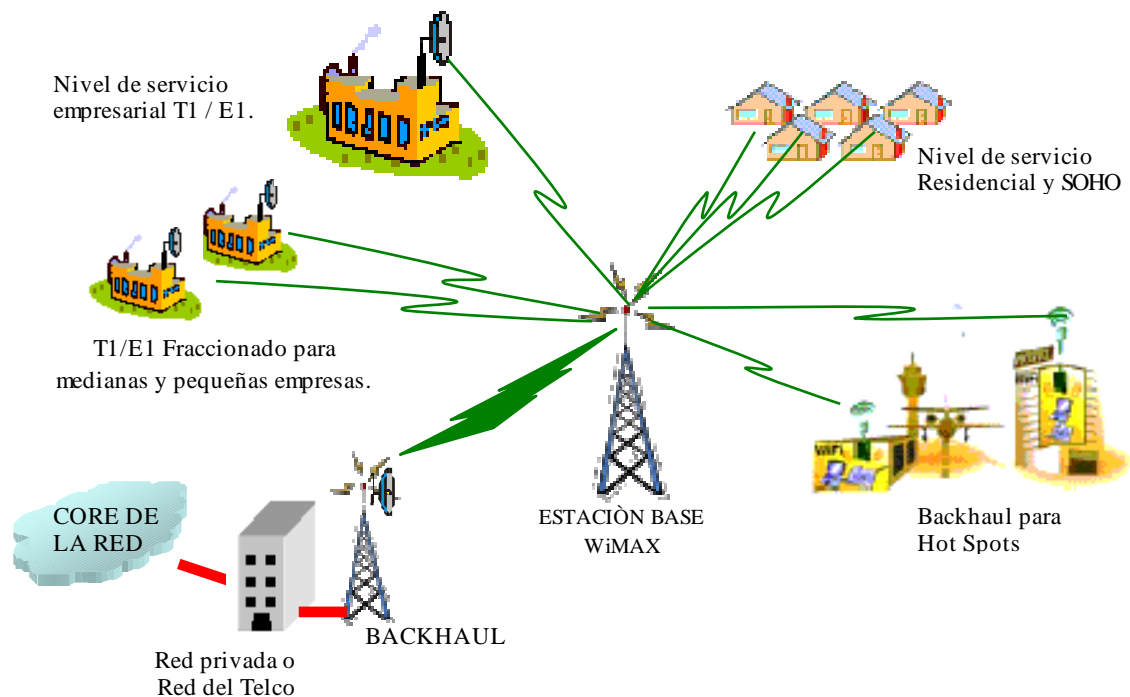


Figura 1 . Diferentes segmentos de acceso inalámbrico de banda ancha.
Fuentes: White paper, Intel, IEEE 802.16* y WiMAX, Broadband Wireless Access for Everyone. White Paper, Alcatel, WiMAX, making ubiquitous high-speed data services a reality.

Estándar	Descripción	Rango de frecuencias	Condiciones del Canal	BW en Hz	Radio Celda	Modulación	Tasa de bits
IEEE 802.16	Estándar para red de área metropolitana (Interfaz inalámbrica para red de acceso de banda ancha)	10 Ghz - 66 Ghz	Línea de vista (LOS)	20, 25 y 28 Mhz	1-3 millas	QPSK, 16QAM y 64QAM	32 - 134 Mbps con canalización de 28 Mhz
IEEE 802.16a	Extensión de IEEE 802.16. Tiene modificaciones de la capa MAC y PHY. Opera en rango de frecuencias licenciadas y no licenciadas.	2 Ghz - 11 Ghz	No línea de vista (NLOS)	Canales seleccionables, ancho de banda entre 1,25 y 20 Mhz	4 a 6 millas: Max rango 30 millas basado en el alto de la torre, ganancia de la antena y potencia de transmisión	OFDM 256 subportadoras QPSK, 16QAM y 64QAM	Hasta 75 Mbps con canalización de 20 Mhz
IEEE 802.16c	Extensión de IEEE 802.16, cuyo propósito es desarrollar perfiles del sistema para mejorar las especificaciones de interoperabilidad.	10 Ghz - 66 Ghz	Línea de vista (LOS)	20, 25 y 28 Mhz	1-3 millas	OFDM 256 subportadoras QPSK, 16QAM y 64QAM	32 - 134 Mbps con canalización de 28 Mhz
IEEE 802.16e	Estándar no aprobado aún, para redes de área local y Metropolitana. Mejoras para capas MAC y Físicas, para operaciones fijas y móviles en bandas licenciadas.	2 Ghz - 6 Ghz	No línea de vista (NLOS)	Canales seleccionables, ancho de banda entre 1,25 y 20 Mhz	1-3 millas	OFDMA 256 subportadoras QPSK, 16QAM y 64QAM	Hasta 15 Mbps con canalización de 5 Mhz

Tabla 1 . Comparación estándares más comunes IEEE 802.16*

Fuente: IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards. IEEE 802.16 Published Standards and Drafts. <http://wirelessman.org/published.html>, http://www.wimaxforum.org/certification/White_Papers/

2.1 OTRAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

A lo largo del tiempo, se han implementado varias tecnologías de acceso inalámbrico, que permiten movilidad y bajo costo. Se encuentran las redes celulares, redes de datos inalámbricas de área local y personal, Bluetooth, entre otras. Cada tecnología tiene ciertas características que permiten determinar su tasa de transferencia de información y la distancia máxima que pueden alcanzar. En la Figura 2 se muestra un comparativo de varias tecnologías inalámbricas, según su velocidad de transmisión y cobertura.

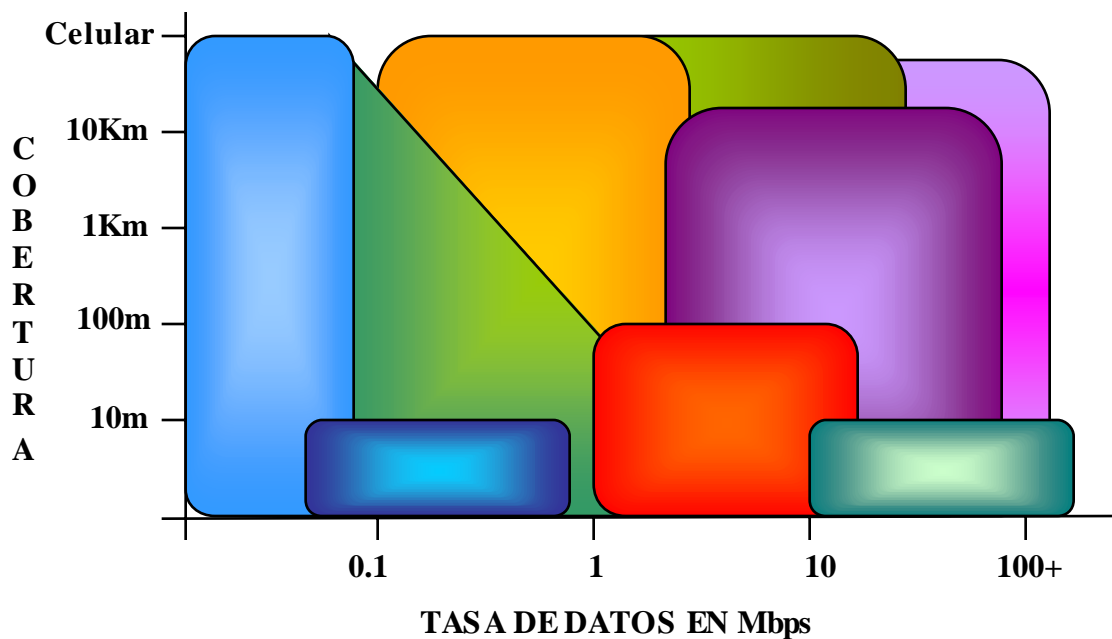


Figura 2 . Comparativo tecnologías Wireless Vs. Cobertura.

Del comparativo, se observa que WiMAX satisface características tan importantes como cobertura y tasa de transmisión de datos, mejor que otras tecnologías inalámbricas. Es preciso buscar el continuo desarrollo para lograr la convergencia tecnológica y poder ofrecer múltiples servicios con la movilidad y velocidad que tanto se busca hoy en día.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE WiMAX⁴

2.2.1 Modulación – Rendimiento

WiMAX utiliza un robusto esquema de modulación adaptativo (QPSK, 16QAM, 64QAM), se ajusta dependiendo de las condiciones de la relación señal a ruido (SNR) del radio enlace, permite un alto ancho de banda a larga distancia con una alta eficiencia espectral y tolera las reflexiones de las señales.

La modulación dinámica permite a la estación negociar el caudal (Cantidad de datos transmitidos por segundo) por rango. Cuando el radio enlace es de buena calidad, se utiliza el esquema de modulación mas alto, dando al sistema mayor capacidad. Si existe un desvanecimiento de la señal, el sistema cambia a un esquema de modulación menor para mantener la estabilidad y la calidad del enlace. De la misma forma puede incrementar su esquema de modulación dependiendo de las condiciones de desvanecimiento.

Por ejemplo: Si una estación no puede establecer un buen enlace con un usuario, usando el orden de modulación más alto (64 QAM), el orden de modulación se reduciría (16 QAM o QPSK), lo cual reduce el rendimiento pero incrementa la distancia efectiva. La figura 3 presenta los diferentes esquemas de modulación de WiMAX asociados a la relación señal a ruido (Variante con el desvanecimiento del enlace).

⁴ Intel, IEEE 802.16* and WiMAX, Broadband Wireless Access for Everyone. White Paper

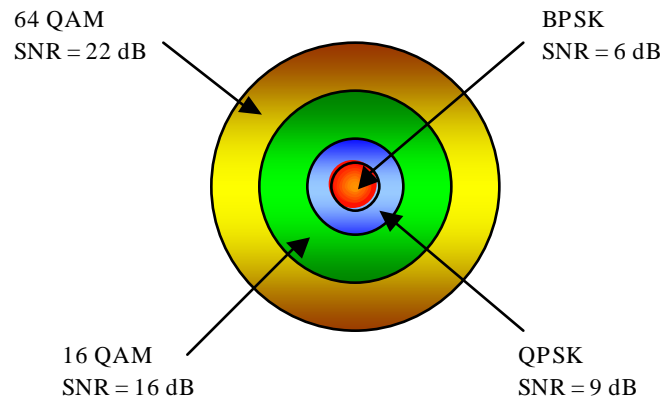


Figura 3 . Esquema de modulación adaptativa de WiMAX
 Fuente: WiMAX Forum WiMAX's technology for LOS and NLOS environments

La tabla 2 presenta la tasa de transferencia de bits (Mbps), según el tipo de modulación que puede tener WiMAX y el canal utilizado.

Modulación / Canal	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16 QAM 1/2	16 QAM 3/4	64 QAM 2/3	64 QAM 3/4
1,75 Mhz	1,45	2,18	2,91	4,36	5,82	6,55
3,5 Mhz	2,91	4,36	5,82	8,73	11,64	13,09
7 Mhz	5,82	8,73	11,64	17,45	23,27	26,18
14 Mhz	11,64	17,45	23,27	34,91	46,55	52,36
20 Mhz	16,26	24,4	32,53	48,79	65,05	73,19

Tabla 2 . Tasa de transferencia de datos según modulación y canal
 Fuente: Advanced Topics in Wireless Communications
 Spring2005, Dr. Hossam H'mimy, Ericsson Inc.

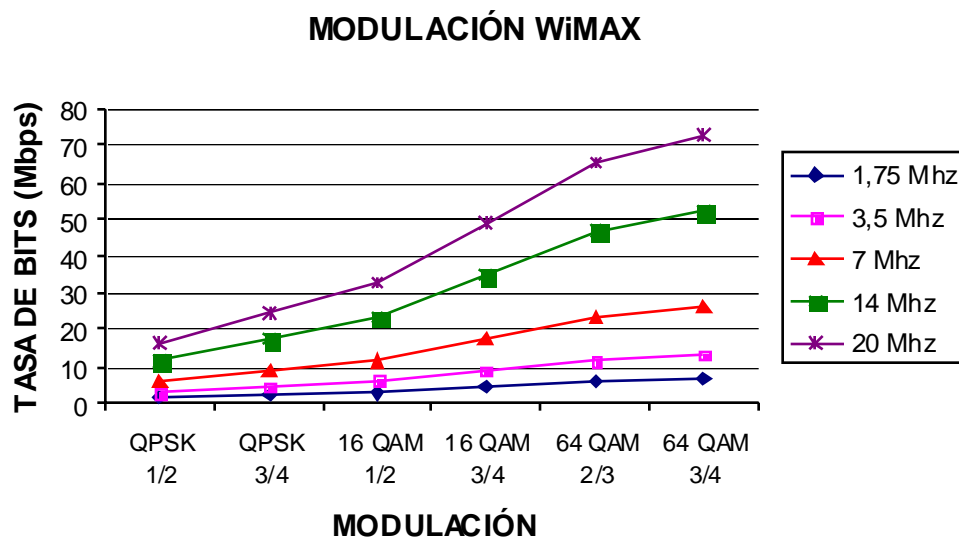


Figura 4 . Tasa de transferencia de datos según modulación y canal

En la figura 4 se observa que al incrementar la calidad en la modulación, la tasa de transferencia es mayor todo ligado directamente con la capacidad del canal.

2.2.2 Escalabilidad

IEEE 802.16 soporta canales de ancho de banda flexibles, Por ejemplo: Si se le asigna a un operador 20 MHz de espectro, este puede dividirlos en dos sectores de 10 MHz cada uno, o en 4 de 5 MHz. El operador puede aumentar el número de clientes siempre que mantenga un buen rango de distancia y un buen caudal de transmisión. Para mejorar la cobertura, el operador puede reutilizar el mismo espectro en otras estaciones base, manteniendo el aislamiento necesario entre las antenas de las estaciones base.

2.2.3 Cobertura

Sumándose al esquema de modulación dinámica, 802.16 puede soportar tecnologías para aumentar la cobertura, incluyendo topología de mallas y técnicas de antenas inteligentes. Mientras sigan mejorándose las tecnologías de radioylos

costos bajen, la capacidad de aumentar la cobertura y los caudales de transmisión usando múltiples antenas, mejorará enormemente la cobertura en lugares de muy difícil acceso.

2.2.4 Calidad del Servicio (QoS)

La capacidad de voz es muy importante. Por esta razón IEEE 802.16 incluye características de QoS en sus servicios, ya que el video y el sonido requieren redes de bajo retardo. Una de las grandes características de la MAC del 802.16 es que capacita al operador de garantizar grandes niveles de calidad para las empresas, tales como niveles de servicio T1 similares a los niveles del cable, todo con la misma estación base.

2.2.5 Seguridad

Para la parte de seguridad, IEEE 802.16 incluye características de autenticación mediante los algoritmos Triple DES(128 bits), encriptación y seguridad.

3. MERCADO DE BANDA ANCHA

Colombia en los últimos años ha tenido un notable crecimiento en accesos de banda ancha, aunque respecto a otros países de similar desarrollo este crecimiento a sido bajo. Para la promoción de la Banda ancha en nuestro país es necesario que los usuarios tengan las herramientas y la tecnología suficiente para acceder a nuevas aplicaciones y contenidos con precios bajos o moderados.

Banda ancha es uno de los sectores de mayor crecimiento a nivel mundial. Según estudios de Pyramid Research y Cintel, se espera que anualmente tenga un crecimiento de 39% y así alcanzar 300.000 suscriptores al finalizar el 2008. La penetración de Internet en Colombia respecto al número de usuarios, en julio de 2004 fue de 7.91% y a diciembre de 2004 fue 8.4%; En cuanto a banda ancha se

estima que es 1,2 % y que continúa creciendo, pero es necesario impulsar aún mas este mercado para cerrar la brecha de diferencia con otros países que actualmente tienen una penetración de 5%.

Existe una distribución de suscriptores por tecnología (Figura 5), donde se considera que en Diciembre del año 2004, el 16.4% accede a Internet a través de banda ancha y el resto lo continúa haciendo por medio conmutado, que es el tipo de acceso predominante, aunque en los últimos periodos se ha observado un decrecimiento, debido a la modalidad prepago y ha impactado en la cifra total de suscriptores [1].

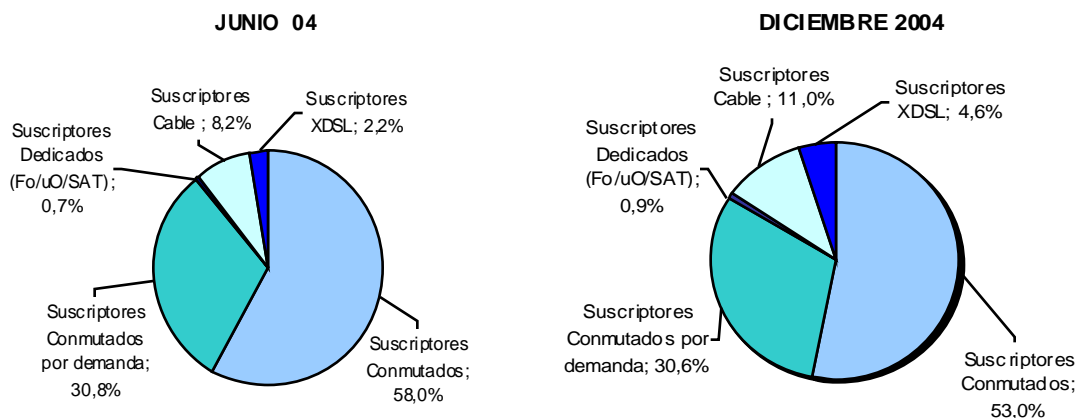


Figura 5 . Suscriptores por Tecnología.
Fuente: CRT cifras Informe Internet Jun y Dic 2004

La tabla 3 discrimina en número de suscriptores y tipo de acceso de banda ancha.

Clientes	Junio de 2004	Diciembre 2004	Junio 2005	% variación
Acceso dedicado (Cobre/Uo)	6.008	6.649	6.713	11.7%
Acceso dedicado Cable (fibra / coaxial)	66.881	84.987	113.500	69.7%
Acceso dedicado xDSL	18.403	35.469	60.600	229%
Subtotal Dedicado	91.292	127.105	180.813	98%

Tabla 3 . Suscriptores Internet Junio 2005
Fuente CRT Informe Semestral Internet Julio 2005 – Informe sectorial Diciembre 2005

En el periodo de junio de 2004 a junio de 2005, el número de usuarios dedicados de cable ha crecido en un 69.7%, adicionalmente el número de usuarios xDSL, se incrementó en un 229% en el mismo periodo. En total el crecimiento de banda ancha en Colombia en el periodo mencionado es de 98% y se observa que con tecnologías que permitan acceso dedicado existe un gran potencial de crecimiento hacia el futuro.⁵ Esto demuestra que nuevas tecnologías de acceso y aún mas inalámbricas como WiMAX, pueden tener gran acogida en Colombia, de esta forma aprovechar la etapa de crecimiento que tiene en este campo dentro de las telecomunicaciones. La Figura 6 muestra la evolución de usuarios de Internet por tecnología de acceso en Colombia.

Es importante destacar que se ha dado un importante crecimiento en el número de suscriptores de cable y aún mas de XDSL, pero son pocas ciudades del país las que cuentan con las dos tecnologías. La ciudad de Bogotá tiene la mayoría de conexiones del país; 82.4% en xDSL y 71.2% en Cable modem⁶. Esto demuestra que la mayoría de accesos de banda ancha se encuentran concentrados en las grandes ciudades (Ver Figura 7), mientras que pequeñas ciudades, municipios y zonas rurales no cuentan con este tipo de facilidades. WiMAX permitiría incrementar la penetración de banda ancha, y contrario a las tecnologías convencionales, permitiría llegar en forma fácil y rápida, a menor costo y con altos niveles de QoS y disponibilidad para ciudades pequeñas y alejadas.

⁵ CRT, Informe sectorial Telecomunicaciones, Julio 2005

⁶ CRT, Informe semestral Internet, Julio 2005

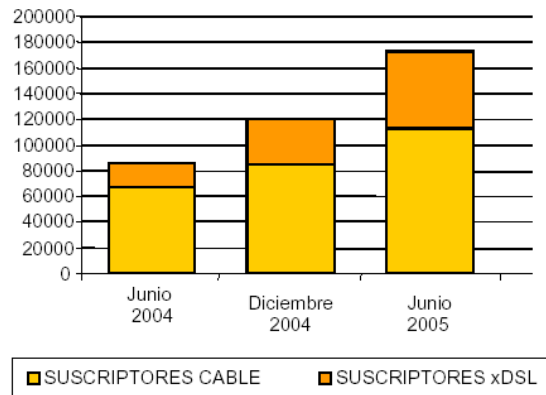


Figura 6 . Evolución de usuarios de Internet por tecnología en Colombia.
Fuente. CRT. Informe sectorial de Telecomunicaciones Diciembre de 2005

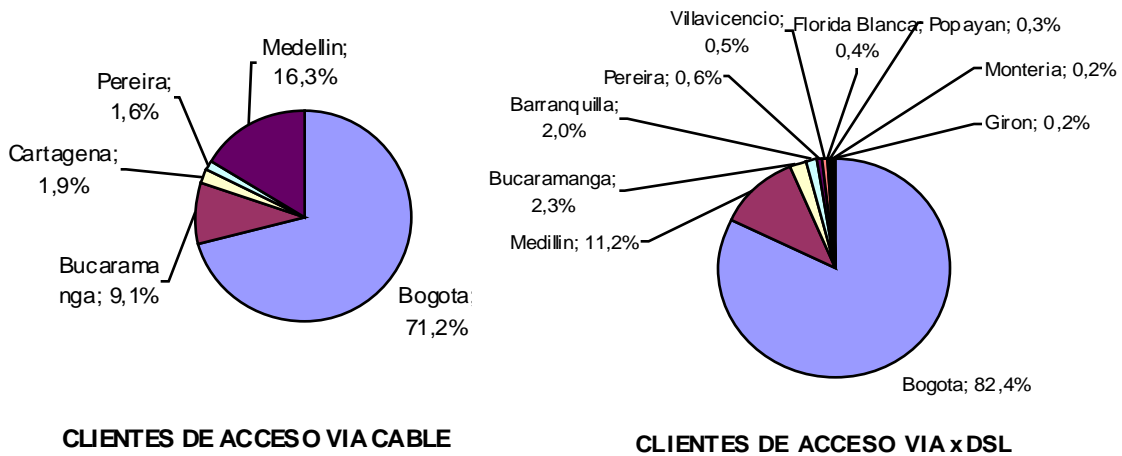


Figura 7 . Distribución de clientes de Cable y xDSL por ciudades
Fuente CRT Informe semestral Internet, Julio 2005

3.1 DESCRIPCIÓN TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA MÁS COMUNES EN COLOMBIA

Actualmente existen varias tecnologías de banda ancha, pero dos de ellas son las más representativas y tienen la mayor parte del mercado y son xDSL y Cable. Además se encuentra WiFi como una extensión de estas para acceso final inalámbrico. A continuación se relacionan sus características.

3.1.1 xDSL

Es un conjunto de tecnologías de comunicación que permiten transportar información multimedia a mayor velocidad, utiliza las líneas de par de cobre convencionales e incrementa su ancho de banda. Estas tecnologías trabajan enviando pulsos digitales en un área de alta frecuencia en el cable telefónico no usado por el canal de voz. Para esto se requerirá un modem especial en cada extremo del circuito de cobre, es decir en cliente y operador, para que acepte flujo de datos en formato digital y lo superponga a una señal analógica de alta velocidad.

Existen varios tipos de xDSL, pero uno de los más utilizados en Colombia es ADSL por sus siglas Asymmetrical Digital Subscriber Line, que consiste en una tecnología asíncrona donde la velocidad de transmisión en el sentido Downstream es mayor que la de Upstream.

En la tabla 4 se encuentran las diferentes tecnologías DSL según su velocidad de transmisión.

	DOWNSTREAM	UPSTREAM	DIST.MÁX
IDSL	56,64,128,144kbps	56,64,128,144kbps	1 Km.
HDSL	2Mbps	2Mbps	2 Km.
SDSL	160kbps-1'1Mbps	160kbps-1'1Mbps	3 Km.
ADSL	1'5Mbps-8Mbps	64-800kbps	3 Km.
R-ADSL	1'5Mbps-8Mbps	64-800kbps	2 Km.
VDSL	13Mbps-52Mbps	1'5Mbps-3Mbps	1km

Tabla 4 . Tecnologías DSL y sus velocidades de transmisión
Fuente: www.bandaancho.st

El factor común de todas las tecnologías xDSL es que funcionan sobre líneas de cobre simples, y aunque cada una tiene sus propias características, todas utilizan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión.

Esta tecnología ofrece servicios de banda ancha sobre conexiones que no superen los 3 Km. de distancia, entre la central telefónica y el lugar de conexión del abonado, además depende de la calidad de las líneas, calibre del cable y esquema de modulación utilizado.

Los servicios envío y recepción de datos, se establecen a través de un módem xDSL.

1. Los datos pasan por un dispositivo, llamado "splitter", que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico y del servicio xDSL.
2. El splitter se coloca delante de los módems del usuario y de la central (ATU-R/C o ADSL Terminal Unit-Remote/Central); está formado por dos filtros, uno paso bajo y otro paso alto cuya finalidad es la de separar las señales transmitidas por el canal en señales de alta frecuencia (datos) y señales de baja frecuencia (Telefónicas) tal como se muestra en la Figura 8.

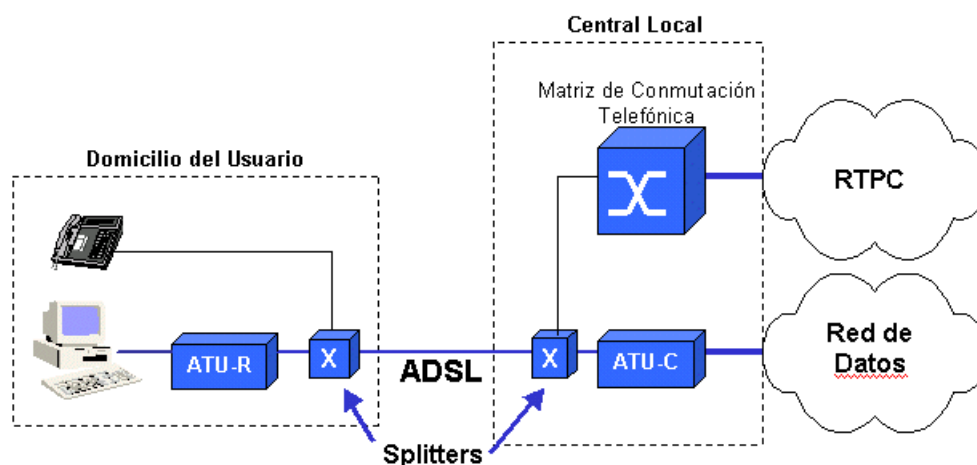


Figura 8 . Arquitectura general ADSL
Fuente: www.bandaancha.st

3.1.2 CABLE MODEM

Esta tecnología se ofrece sobre redes HFC, mediante el uso de módems especialmente diseñados para las comunicaciones digitales en redes de cable, se pueden ofrecer servicios de acceso a Internet y televisión. Para Internet estos dispositivos se conectan al computador a través de una tarjeta de red, mientras que los canales de TV se reciben normalmente en el televisor.

La velocidad de transmisión ofrecida en Colombia es desde 64 Kbps hasta 1.5 Mbps con tiempo ilimitado de navegación, aunque estas velocidades se ofrecen con rehuso, por lo tanto se pueden obtener picos de alta / baja velocidad dependiendo del número de usuarios que estén conectados en determinado momento.

Normalmente un cable-modem envía y recibe datos de dos formas diferentes. En el sentido descendente los datos son modulados y enviados en un canal de TV entre los 42 MHz y los 750 MHz (de forma genérica), después, la señal analógica se demodula y se convierte en un flujo de bits, que son encapsulados en paquetes Ethernet para ser enviados al ordenador. En el canal ascendente se produce el proceso inverso.

Las señales de retorno se sitúan entre 5 y 55 MHz, esto hace que sea susceptible a posibles interferencias de radio y electrodomésticos, por ello los cable-modems suelen disponer de un sistema FAMM (Frequency Agile Multimode) que le permite conmutar de un canal ruidoso a otro en mejores condiciones de manera automática.

En la capa física, el esquema de modulación dominante para el canal descendente es 64QAM (Quadrature amplitude modulation) y en el canal de retorno la modulación típica es QPSK (Quaternary phase shift keying)

En la capa de control de acceso al medio (MAC) y control lógico de acceso (LLC) se establece la forma en que las distintas señales, desde y hacia los abonados, compartirán el ancho de banda común. Las dos primeras tendencias son CSMA/CD (Carrier sense multiple access/Collision detection) usada en redes Ethernet, y ATM (Asynchronous transfer mode). Estos protocolos son los responsables de proporcionar interactividad con el abonado.

La Figura 9 muestra la arquitectura del lado suscriptor que utiliza Cable MODEM

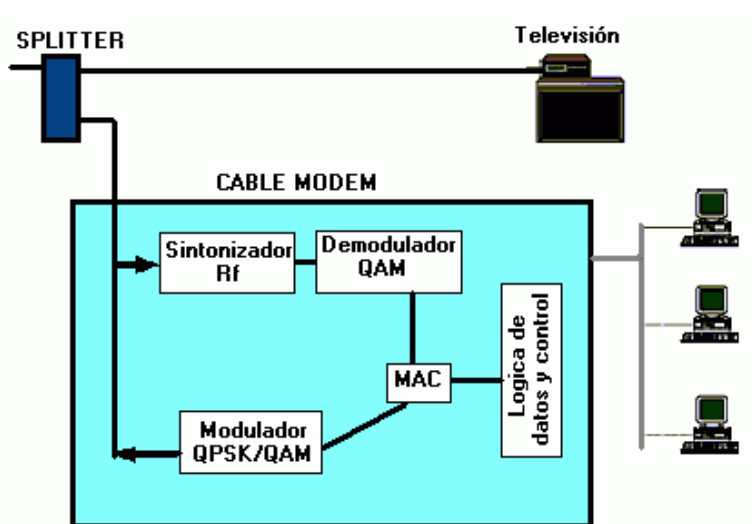


Figura 9 . Esquema operativo de una red híbrida de Fibra / Coaxial

Existe una especificación muy utilizada en cable modems denominada DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), que es un conjunto de estándares que define y controla la tasa de transferencia de datos y tráfico para el canal de bajada (Downstream) y canal de subida (Upstream).

Hay dos componentes claves en la arquitectura de DOCSIS que son el cable modem del lado del suscriptor y el Cable Modem Sistema de Terminación (CMTS), localizado en la cabecera final del proveedor, el cual se comunica con el backbone de la red. DOCSIS define los esquemas de modulación y el protocolo para intercambio bidireccional de señales entre estos dos componentes sobre cable.

3.1.3 WiFi

Tecnología de acceso inalámbrico, fundamentada en el estándar IEEE 802.11* y opera en la frecuencia de 2.4Ghz que es una frecuencia de uso libre no licenciada, por lo que se comparte y no se paga por su uso, además debe soportar la interferencia y no inferir en las otras bandas licenciadas.

Es una tecnología muy utilizada en espacios cerrados como oficinas, café Internet, universidades, sitios públicos, entre otros.

WiFi pretende crear redes de área local inalámbricas WLAN, de esta forma lograr que cualquier dispositivo como un PC, portátil o PDA que tenga inmersa una tarjeta inalámbrica se pueda conectar a la red mientras exista un hot spot o concentrador WiFi que le dé cubrimiento.

Las redes WiFi alcanzan normalmente distancias máximas de aproximadamente 100 mts, pero se puede ampliar la cobertura utilizando antenas de repetición.

Existen varios estándares WiFi como los relacionados en la tabla 5, que son evoluciones del primer estándar IEEE 802.11.

COMPARACIÓN ESTADARES Wi - Fi			
Estándar	802,11b	802,11a	802,11g
Velocidad	Hasta 11 Mbps	Hasta 54 Mbps	
Frecuencia	2,4 - 2,497 Ghz	5,15 - 5,35 Ghz 5,425 - 5,675 Ghz 5,725 - 5,875 Ghz	2,4 - 2,497 Ghz

Cobertura	Buena cobertura, unos 300 mts con buena conectividad con determinados obstáculos.	Cobertura baja, unos 100 m, con mala conectividad con obstáculos.	Buena cobertura, unos 300 m con buena conectividad con determinados obstáculos.
Compatibilidad	Compatible con 802,11g no es compatible con 802,11a.	Incompatible con 802,11b y con 802,11g	Compatible con 802,11b, no es compatible con 802,11a.
Modos de datos	1, 2, 5,5, 11 Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	1, 2, 5,5, 11 Mbps 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps

Tabla 5 . Comparación entre diferentes estándares WiFi

En la tabla 6 se presenta una comparación entre xDSL, Cable, WiFi y WiMAX como tecnologías de banda ancha inalámbricas.

CARACTERISTICAS	xDSL	Cable	WiFi	WiMAX
Medio específico	Medio dedicado	Compartido	Medio Compartido	Medio Compartido
Máxima distancia de alcance	Max 3Km de la central telefónica	-	Inferior a 100 m	30Km LOS – 6Km NLOS
Arquitectura	Central – DSLAM Suscriptor – MODEM DSL	Cable Modems suscriptor - sistema de terminación - Backbone de la red	Punto de acceso a red - Estación base BS Suscriptor – Estación suscriptora	Central – Estación base BS Suscriptor – Estación suscriptora
Tasa de bits máx.	ADSL downstream 8Mbps ADSL Upstream 800Kbps	Puede variar desde 64 Kbps hasta 1,5 Mbps, está ligado al número de usuarios conectados compartiendo el canal.	Máxima eficiencia espectral 2.7b/s/Hz. 54Mbps en canal de 20Mhz	BS – Hasta 70 Mbps con ancho del canal de 14 Mhz y 100 Mbps con canal de 20Mhz
Roaming	No	No	No	Si - Con 802,16e
QoS	Nivel de QoS ATM	No soporta QoS	No soporta QoS	Capa MAC tiene propio nivel de QoS tiene niveles de diferenciación de servicio.
Simetría	Simétrica y asimétrica	Simétrica y asimétrica	Simétrica y asimétrica	Simétrica y asimétrica

Tabla 6 . Comparación tecnologías de Banda Ancha vs. WiMAX

3.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PENETRACIÓN DE BANDA ANCHA EN COLOMBIA

La banda ancha se considera un motor económico para alcanzar fines científicos, económicos y sociales, por tanto es necesario promover su demanda y mostrar los beneficios de tener un acceso de este tipo frente a una conexión de banda angosta o frente a no tener ningún acceso.

Existen razones importantes que pueden llegar a promover la banda ancha como:

- Mostrar que se tendría una conectividad permanente y gran capacidad para descargar contenidos.
- Puede ayudar al establecimiento de la sociedad de información, reflejándose en los beneficios que traería a la economía, incremento de la innovación y capacitación, crecimiento en la inversión extranjera, entre otros.
- Permite la recuperación de inversión al desarrollar nuevas aplicaciones y servicios que atraen nuevos usuarios.

La falta de adopción de tecnologías de banda ancha se podría ver porque los usuarios no justifican el costo en términos de valor agregado. De aquí la importancia de la competencia para obtener precios bajos y ajustados a los usuarios, además mostrar los beneficios que puede traer para el usuario en su vida diaria, mostrar las ventajas de la adopción de la tecnología. En Colombia, el gobierno, sector privado y entes reguladores juegan un papel importante para dar a conocer estos beneficios. Uno de estos mecanismos puede ser fomentar la competencia en el mercado, para lo cual podría basarse en los siguientes puntos:

- Incentivar la competencia y el acceso a redes de banda ancha, para mejorar la formación profesional, la educación y el entrenamiento, además invertir en investigación y desarrollo.

- Minimizar el número de personas que desconocen la tecnología, subsidiando programas de educación y capacitación en el tema, sobre todo en áreas rurales, iniciando con el concepto de servicio universal de acceso a Internet, como primer paso a un acceso universal de banda ancha. Llevar la tecnología y educación sobre banda ancha, a colegios y universidades de tal forma que éstos sirvan como motor para incrementar la demanda de banda ancha en todos los hogares y sitios de su entorno.
- Desarrollo por parte del gobierno de planes de inversión y estrategias que coloquen el desarrollo de redes de banda ancha en un punto importante dentro del contexto socioeconómico de la nación. Se involucren planes de educación y entrenamiento en el tema, se dirijan subsidios para desarrollo de infraestructura y cambios en el marco legal, político y de comercio, es decir que el gobierno se sienta realmente partícipe de este proceso de masificación.

Cualquier que sea el camino a tomar, se debe crear un ambiente que fomente el desarrollo y difusión de banda ancha.

3.2.1 La competencia

La adopción de cualquier bien o servicio se ve influenciado directamente por la parte económica y es aquí donde la competencia juega un papel clave para disminuir precios y aumentar opciones de escogencia para los consumidores. Para el caso de banda ancha es crucial reducir precios, mejorar calidad de servicio y servicio al cliente.

Existen elementos claves mediante los cuales se puede lograr mover o incentivar el mercado de banda ancha, uno de ellos es el factor precio que generalmente se ve influenciado por elementos como:

- Una empresa competidora fuerte: Los precios bajan al existir un competidor con poder para competir efectivamente con el incumbente.
- Competencia inter-modal: Competir por los mismos clientes con diferentes tecnologías asegura que los precios se mantengan bajos.
- Competencia vía acceso abierto: con la desagregación de bucle, se puede dar caída a los precios, es decir, cuando los proveedores de DSL y Cable sean empujados a abrir las redes a sus competidores. También es importante estimular la inversión en nueva tecnología para el mejoramiento y desarrollo de las redes actuales, de tal forma que esto genere una ventaja competitiva y obligue a todos los operadores estar en continua actualización.

3.2.2 Motores de banda ancha

Existen motores de banda ancha que impulsan de una u otra forma su desarrollo:

- Evolución en la capacidad de procesamiento de la información
- Evolución en la capacidad de almacenamiento de información
- Mayor número de aplicaciones SW.
- Incremento en la penetración de computadores.
- Incremento en la penetración de Internet
- Incremento en uso de servicios como correo electrónico.
- Proveedores de contenidos que ofrecen mejores y nuevos tipos de contenidos y entretenimiento como música, videos, etc.
- Desarrollo de VPN, especialmente para empresas.
- Nuevas tecnologías de acceso de banda ancha que permiten servicios a costos eficientes.
- Incremento en la demanda
- Bajos costos de servicios de banda ancha

- Simplificación que busca hacer cada vez las cosas más fáciles para usuarios desde el punto de vista de interfaz, despliegue y gestión que proyectan mayor valor agregado.
- Incentivos fiscales para empresas que adopten servicios de banda ancha y compren equipos relacionados con la prestación del servicio.

3.2.3 Limitantes en penetración de banda ancha

Uno de los principales limitantes en la adopción de banda ancha es el factor económico ligado a la tarifa del servicio frente a los beneficios. También se encuentra como limitante el número de computadores debido a su elevado costo.

En cuanto a la edad, se percibe que la generación de jóvenes utiliza más tecnologías de información que las personas mayores. Los niños son importantes generadores de demanda de Internet de banda ancha.

En el acceso residencial se observa baja demanda cuando se habla de un acceso sustituto como el que se tiene en el lugar de trabajo.

Existen aplicaciones que incentivan la adopción de banda ancha como son: Telefonía IP, video chat, audio y juegos en línea, teletrabajo. Estas aplicaciones se encuentran poco masificadas en nuestro país [3].

La falta de nuevas tecnologías que no han sido contempladas como WiMAX, PLC frena la masificación de banda ancha.

- Para el caso de banda ancha inalámbrica, se puede presentar un gran limitante y es el elevado costo del uso del espectro radioeléctrico, el cual se debe pagar anualmente y que de una u otra forma su valor se transfiere a la tarifa del

servicio en cada usuario. Este pago se encuentra definido en el decreto 1972 de 2003 bajo la fórmula (1) asociada a enlaces punto-multipunto que tienen en cuenta variables como: tipo de banda, valor por mega en cada banda y área de servicio (Municipal, departamental o nacional) tal como se presenta a continuación:

$$VAC = \frac{AB(Mhz) * N(SMLMV) * Z(\%)}{1(Mhz)} \quad (1)$$

Donde:

VAC: Valor Anual de la Contraprestación

AB (MHz): Ancho de Banda Asignado en MHz

N (SMLMV): Valor de 1 MHz de acuerdo con la posición del ancho de banda asignado en el espectro radioeléctrico y con los sistemas y servicios de telecomunicaciones. Se define en salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Z: Valor relativo del espectro de acuerdo con el mercado del área de servicio para la cual se asignó el ancho de banda (AB).

Para el rango de frecuencias de WiMAX con no línea de vista 2Ghz – 10Ghz el valor de N puede variar como se presenta en la tabla 7.

BANDA	RANGO DE FRECUENCIAS (MHZ)	N
UHF	806 < F ≤ 2 300	3600
UHF	2 300 < F ≤ 2 700	3500
UHF	2 700 < F ≤ 3 000	3250
SHF	3 000 < F ≤ 3 300	3000
SHF	3 300 < F ≤ 3 600	2700
SHF	3 600 < F ≤ 3 900	2400
SHF	3 900 < F ≤ 4 200	2100
SHF	4 200 < F ≤ 4 500	2000
SHF	4 500 < F ≤ 4 800	1800
SHF	4 800 < F ≤ 5 100	1500
SHF	5 100 < F ≤ 5 400	1400
SHF	5 400 < F ≤ 5 700	1300

SHF	$5\,700 < F \leq 6\,000$	1200
SHF	$6\,000 < F \leq 6\,300$	1100
SHF	$6\,300 < F \leq 6\,600$	1050
SHF	$6\,600 < F \leq 7\,200$	1000
SHF	$7\,200 < F \leq 7\,500$	950
SHF	$7\,500 < F \leq 8\,100$	900
SHF	$8\,100 < F \leq 8\,700$	850
SHF	$8\,700 < F \leq 9\,000$	800
SHF	$9\,000 < F \leq 9\,600$	750
SHF	$9\,600 < F \leq 10\,200$	700
SHF	$10\,200 < F \leq 10\,800$	650

Tabla 7 .Valores de N para los rangos comprendidos entre 2Ghz y 10Ghz
Fuente: Decreto 1972

Los valores de Z para áreas de cobertura nacional y departamental, varían como se presenta en la tabla 8:

ÁREA DE SERVICIO	Z
Nacional	1

ÁREA DE SERVICIO Departamental	Z	ÁREA DE SERVICIO Departamental	Z
CUNDINAMARCA	0,357	MAGDALENA	0,042
ANTIOQUIA	0,281	CÓRDOBA	0,033
VALLE	0,217	CESAR	0,030
SANTANDER	0,117	GUAJIRA	0,030
TOLIMA	0,108	SUCRE	0,027
BOYACÁ	0,096	CAQUETA	0,020
CALDAS	0,095	CASANARE	0,017
BOLÍVAR	0,076	SAN ANDRÉS	0,015
ATLÁNTICO	0,062	CHOCÓ	0,014
RISARALDA	0,062	PUTUMAYO	0,013
NARIÑO	0,060	ARAUCA	0,010
HUILA	0,058	GUAVIARE	0,006
NORTE DE SANTANDER	0,055	AMAZONAS	0,006
CAUCA	0,053	VICHADA	0,003
META	0,048	VAUPÉS	0,002
QUINDÍO	0,047	GUAINIA	0,002

Tabla 8 . Valor de Z dependiendo del área de operación –nacional –departamental
Fuente: Decreto 1972

Al realizar cálculos en cuanto al costo de utilización de las frecuencias por los operadores, las cifras a pagar son bastante elevadas y se convierten en una barrera para masificar la banda ancha con tecnologías inalámbricas que utilicen espectros licenciados. De aquí la necesidad de crear excepciones a estos decretos que permitan reducir costos. Es muy importante el apoyo del gobierno a la aprobación de estas excepciones.

4. MARCO REGULATORIO

El aspecto regulatorio es muy importante en la definición de estrategias para la masificación de banda ancha. En el presente capítulo se tocan puntos que de alguna forma se encuentran involucrados como parte del motor que incentiva y desarrolla este objetivo.

4.1 MARCO GENERAL

Según la ley 1900 de 1990 se consideran los servicios sobre accesos de banda ancha como servicios de valor agregado para Colombia y de acuerdo a lo establecido en el Título V de la Resolución CRT 087 de 1997, específicamente en el artículo 5.1.4.5, todos los servicios de telecomunicaciones estarán sometidos al régimen de libertad de tarifas, excepto en los casos señalados en este Título o cuando la CRT resuelva lo contrario. Por lo tanto, los servicios sobre accesos de banda ancha se encuentran dentro del régimen de libertad y los operadores pueden determinar libremente sus tarifas a sus suscriptores y/o usuarios.

4.2 DESAGREGACIÓN DE REDES

En el marco regulatorio existen elementos que se deben tener en cuenta para llevar a feliz término un proceso de Desagregación de redes como:

- Interconexión: Por obligación se debe llevar a cabo “interconexión de redes, el acceso y uso de instalaciones esenciales, recursos físicos y soportes lógicos necesarios para la efectividad de interconexiones y conexiones, así como con la imposición de servidumbres de interconexión o de acceso y uso de tales bienes, respecto de aquellos servicios que la comisión determine”. Los procesos técnicos y económicos están regulados por la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones bajo el decreto 1130 de 1990.
- A través de la ley 680 de 2001, las empresas o propietarios de infraestructura de servicios públicos domiciliarios, deben permitir el uso de su infraestructura correspondiente a postes y ductos, esto con el objetivo de facilitar la prestación del servicio público de televisión.
- Con la resolución CRT 447 de 2001 se establece que los operadores de TPBC o propietarios de infraestructura de servicios públicos básicos de telecomunicaciones, deben permitir a los operadores de servicio de televisión que lo soliciten, el uso de poste y ductos y según viabilidad técnica, sin causar algún perjuicio injustificado al operador o dueño de la infraestructura.
- Con la resolución CRT 532 de 2002 se establece la metodología para calcular costos de arrendamiento e infraestructura.

Posteriormente, la CRT estableció el Régimen Unificado de Interconexión – RUDI31, Título IV de la Resolución 087 de 1997, dentro del cual se estipula lo siguiente para operadores con posición dominante:

4.2.1 Artículo 4.2.3.3. Desagregación

“Cualquier operador con posición dominante en un mercado específico, puede ser obligado a ofrecer en forma desagregada el o los elementos de red o servicios que determinen dicha situación a juicio de la CRT. Este operador debe recibir por parte del operador que lo requiera, una remuneración por el uso de su infraestructura y la prestación de los servicios relacionados, a un precio razonable. En la desagregación de las redes de TPBCLE se reconocerá la integridad de las mismas.”

PARAGRAFO. Para determinar la necesidad de la desagregación del bucle de abonado, la CRT llevará a cabo un estudio general para los servicios que requieran de este elemento de red. Si se determina que existe dicha necesidad, la CRT procederá a realizar, a solicitud del operador u operadores interesados en hacer uso del bucle de abonado de una empresa de TPBC en particular, un estudio cuyo costo correrá a cargo de los interesados que determine:

a. Si existe un mercado potencial significativo para los servicios propuestos por el interesado, y, b. Si el operador de TPBC, para el que se solicita la desagregación del bucle de abonado, no está en capacidad de prestar dichos servicios a precios razonables, con calidades mínimas y en cantidades adecuadas, o, si el mismo no tiene previstas las inversiones requeridas para prestar los servicios propuestos por los interesados.

Este elemento regulatorio representa un avance, en la medida en que obliga a los operadores de TPBC con posición dominante a desagregar el bucle de abonado, siempre y cuando se cumplan las condiciones y procedimientos descritos.

4.3 RESOLUCIÓN 2064

A través de la resolución 2064 se atribuyen y planifican bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, para la prestación de servicios de telecomunicaciones que utilicen sistemas de distribución Punto a Punto y Punto Multipunto para Accesos de Banda Ancha Inalámbrica. Se realiza la asignación de la banda comprendida entre los 3.4Ghz y 3.6Ghz para este propósito y se distribuye en bandas nacionales y departamentales como se muestra en la tabla 9.

BANDA	RANGO	BANDA	RANGO
A	3 400 MHz a 3 421 MHz	A´	3 500 MHz a 3 521 MHz
D	3 421 MHz a 3 435 MHz	D´	3 521 MHz a 3 535 MHz
E	3 435 MHz a 3 449 MHz	E´	3 535 MHz a 3 549 MHz
B	3 450 MHz a 3 471 MHz	B´	3 550 MHz a 3 571 MHz
C	3 471 MHz a 3 492 MHz	C´	3 571 MHz a 3 592 MHz
F	3 492 MHz a 3 500 MHz	F´	3 592 MHz a 3 600 MHz

Tabla 9 Cuadro de distribución de frecuencias para la banda de 3.5Ghz

Donde las bandas AA', BB' y CC' son bandas nacionales, DD' y EE' son departamentales. También se definen procedimientos y exigencias en cuanto a uso eficiente del espectro, de tal forma que se puedan acomodar el mayor número posible de usuarios en las redes y el apropiado cubrimiento radioeléctrico en las diferentes áreas geográficas.

4.4 RESOLUCIÓN 2070

Con esta resolución se adoptan medidas para establecer el correcto y racional uso del espectro radioeléctrico y se otorgan los permisos para el uso del espectro,

para la prestación de servicios de telecomunicaciones que utilicen distribución punto a punto y punto a multipunto para acceso de banda ancha en el rango de frecuencias comprendido entre 3,4Ghz y 3,6Ghz. Para prestar servicios de Telecomunicaciones, se deberá contar con la concesión, autorización o licencia respectiva.

En esta resolución es importante destacar los artículos 7 y 9 correspondientes al otorgamiento del permiso para el área nacional y departamental respectivamente:

“DEL OTORGAMIENTO DE PERMISOS PARA EL ÁREA NACIONAL

Artículo 7 REQUISITOS PARA EL OTORGAMIENTO DE LOS PERMISOS.

Para el otorgamiento de permisos por el derecho al uso del espectro radioeléctrico para la prestación de los servicios de telecomunicaciones que utilicen sistemas de Distribución Punto a Punto y Punto Multipunto para Acceso de Banda Ancha Inalámbrica, en el área de cubrimiento nacional, los operadores deberán cumplir la totalidad de los siguientes requisitos:

- a) Contar con título habilitante para la prestación de servicios de Valor Agregado y Telemáticos.
- b) Estar autorizado o contar con título habilitante para la prestación del servicio de Larga Distancia.
- c) Operar directa o indirectamente, a través de empresas vinculadas, socios, accionistas al menos un (1) millón de las líneas telefónicas fijas instaladas, en el país.
- d) Que los ingresos operacionales del 2004, reportados ante la superintendencia de servicios públicos domiciliarios sean superiores a \$500.000 millones de pesos colombianos”.

“DEL OTORGAMIENTO DE PERMISOS PARA LAS ÁREAS DEPARTAMENTALES.

ARTÍCULO 9º. REQUISITOS PARA EL OTORGAMIENTO DE LOS PERMISOS.

Los requisitos para el otorgamiento de permisos por el derecho al uso del espectro radioeléctrico para la prestación de los servicios de telecomunicaciones que utilicen sistemas de Distribución Punto a Punto y Punto Multipunto para Acceso de Banda Ancha Inalámbrica, en el área de cubrimiento departamental, serán determinados por el Ministerio de Comunicaciones.

Se tendrán en cuenta los requisitos establecidos para el otorgamiento de permisos nacionales, para efectos de fijar unos afines o similares siempre y cuando los mismos sean aplicables. Los permisos se otorgarán a aquellos interesados que acrediten el cumplimiento de los requisitos. En el evento en el cual el número de interesados supere el número de bandas atribuidas se hará un proceso de selección⁷.

4.5. MÉTODO DE ASIGNACIÓN DE FRECUENCIA

Es importante precisar la forma de realizar gestión del espectro por ser un recurso valioso y escaso, y realizar la asignación de este en forma objetiva para los casos donde sea necesario llevar a cabo un proceso de selección. Para la gestión se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

- Atribución de rangos de frecuencias para usos específicos como Móvil, TV, Banda Ancha inalámbrica, etc. Este proceso es clave para administrar en forma eficiente el espectro.
- Asignación de frecuencias específicas en los rangos antes mencionados para los operadores que prestarán los servicios a los usuarios finales.

⁷ Resolución 2070 septiembre 16 de 2005

El proceso de asignación debe ser completamente transparente, se puede realizar por diferentes procedimientos como Subastas, Concursos o Beauty Contest. El mecanismo a utilizar debe contener criterios de mercado para mejorar la eficiencia del espectro, y así reflejar beneficios al usuario final.

4.5.1 CONCURSOS O BEAUTY CONTEST (PROCESO ADMINISTRATIVO)

Los Concursos o Beauty Contest son métodos de asignación de espectro, donde los participantes en la licitación presentan una propuesta de uso del espectro, un plan de desarrollo, un plan de financiación, un plan de expansión y otros que pueda exigir el ente regulador; además normalmente se exige una suma fija y un impuesto sobre la facturación bruta del operador. Este proceso ha demostrado excelentes resultados en países europeos, reflejado específicamente en la penetración de los servicios y bajas tarifas al usuario final.

Este proceso presenta algunas deficiencias como, los altos costos incurridos por la evaluación de las propuestas, la subjetividad y la alta permeabilidad a prácticas indebidas.

4.5.2 SUBASTA

Aquí los diferentes participantes en la licitación con base en reglas específicas, realizan en varias rondas ofertas económicas, planes de desarrollo y financiación. El recurso se asigna al participante que realice la mayor oferta económica, que es uno de los puntos de mayor peso en el proceso de la asignación.

El vendedor desconoce cuanto vale el objeto y también cuanto los participantes estarían dispuestos a pagar.

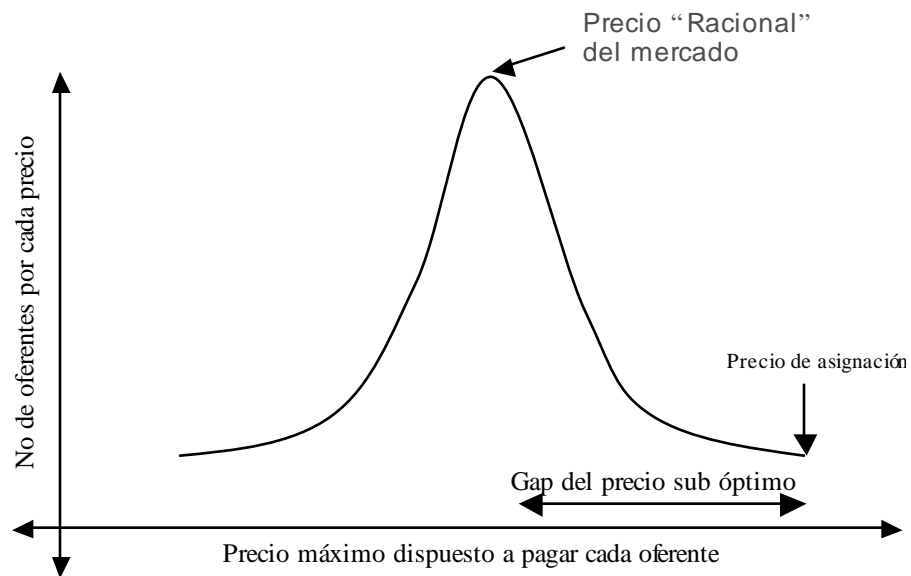


Figura 10 . Método de asignación por subasta
 Fuente: Foro WIMAX Aspectos Económicos y de competencia
 Mauricio López Calderón

Como se puede observar en la figura 10, la asignación del espectro se realiza al participante que mayor precio ofrezca, y el alto costo del espectro se reflejará en el plan de negocios impactando finalmente el tiempo de puesta en marcha de la red, precio a usuarios, entre otros. Se podría utilizar la subasta como medio para que el mejor postor de a lo subastado el uso económicamente más eficiente por su propio interés, por lo tanto se podría pensar en un menor esfuerzo para seleccionar la tecnología que incorpore menor coste, lo que tiene aspectos tanto positivos (Productividad) como negativos (menor grado de innovación).

Tanto la subasta como el concurso tienen cosas buenas como malas. La subasta ofrece ventajas en los siguientes supuestos de enajenación o adjudicación de bienes: a) su valor y utilidad resulta diferente para los distintos licitadores; y b) su adjudicatario dispondrá de ellos libremente (caso típico: subasta de bienes muebles). El concurso, por su parte, destaca en operaciones complejas en las que: a) es necesario establecer una relación continuada entre dos empresas o

entre una empresa y una Administración; y b) la selección del contratista es crucial para el buen fin de la operación (caso típico: concesiones de servicio público). Esta es, al menos, la experiencia histórica de su utilización —aunque siempre habrá excepciones— en la contratación pública.

4.6 PROPUESTA DE UN PROCESO ÓPTIMO DE ASIGNACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO PARA BANDA ANCHA

Se podría pensar en un modelo híbrido entre subasta y procesos administrativos o en uno en el que se asigne el espectro al participante que más se acerque a la media de las ofertas, descartando los más altos y los más bajos.⁸

Cualquier método de asignación de recurso está sujeto a unas reglas explícitas, donde la generación de precios está basada en una comparación de ofertas de los participantes en el mercado.

Aquí el procedimiento utilizado y la calidad con la que se haya realizado, determinan las tarifas, índice de penetración, tecnología usada, calidad del servicio, tiempo de lanzamiento de la red, etc. Así que el procedimiento a utilizarse para la asignación de la frecuencia para banda ancha inalámbrica, no debe ser un método para transferir dinero al gobierno, sino un procedimiento eficiente para transferir riquezas al usuario final en términos de tarifas, cubrimiento, servicios, índices de penetración, etc.

Para que un proceso de asignación de espectro se considere eficiente, es necesario considerar tres aspectos con las respectivas variables involucradas en cada uno:

⁸ Foro WIMAX, Aspectos Económicos y de competencia, Mauricio López Calderón

En lo económico:

- Ingresos que recibe la Nación por las concesiones.
- La Competencia.
- Consolidar la liberalización del mercado.
- Fomentar la inversión en el sector de las telecomunicaciones.

En lo social:

- La eficiencia de los servicios.
- Beneficios al usuario final en términos de Calidad, Cobertura y Tarifas.
- Diversificar la oferta de servicios al usuario.
- Profundizar la penetración del mercado.

En lo tecnológico:

- Evolución e innovación tecnológica del sector.
- Modificar la infraestructura.
- Eficiencia técnica.

Se deben definir muy bien los participantes del proceso donde se debe tener en cuenta:

1. Los participantes en el proceso de asignación del espectro deben estar en capacidad de entrar en operación en el menor tiempo posible y cumplir con el programa de expansión definido por el gobierno en el menor tiempo posible.
2. Así como en un proceso administrativo, el operador debe pagar un valor fijo por la licencia y el uso del espectro radioeléctrico. Este debe ser un valor razonable.
3. Ver la posibilidad de compartir la infraestructura técnica entre diferentes operadores y traer beneficios como:

- a. El costo de las redes podría reducirse en más de un 50% para cada operador.
 - b. Las redes se pondrían en operación en menor tiempo
 - c. El costo de operación y mantenimiento se reduciría en más de un 40%.
 - d. Incrementar el índice de cobertura sería más sencillo y menos costoso. Esto puede ser parte de la solución del servicio universal.
4. Visualizar como objetivo principal, reducir tarifas e incrementar el índice de penetración de subscriptores y usuarios de banda ancha. Esta penetración se debe medir en metas anuales propuestas por los participantes y para aquellos que incumplan, establecer una penalización.
 5. La distribución completa de las bandas recomendadas, hará que se genere mayor competencia en el mercado, lo que beneficiará al usuario final.

5. DEFINICION DE LA FRECUENCIA ÓPTIMA DE OPERACIÓN DE WiMAX EN COLOMBIA

Como se mencionó anteriormente, el rango de frecuencias en el que podría trabajar WiMAX es entre 2Ghz y 66Ghz, con los intervalos 2Ghz – 11Ghz para acceso sin línea de vista NLOS y de 11Ghz -66Ghz para enlaces con línea de vista LOS.

Actualmente los vendors están desarrollando equipos de acceso de banda ancha WiMAX en tres bandas de frecuencia; 2.5Ghz, 3.5Ghz y 5.8Ghz, de las cuales la última 5.8Ghz se encuentra en el rango de frecuencias no licenciadas.

5.1 BANDA DE 5,8 GHZ:

Dentro del primer rango 2Ghz – 11Ghz, se encuentran frecuencias de uso libre, las cuales fueron atribuidas por el ministerio de comunicaciones a través de la resolución 689 de 2004, como una forma de promover el uso de tecnologías inalámbricas de acceso de banda ancha, espectro ensanchado, modulación digital y baja potencia, tales como Wi-Fi, que podría ser extensible a WiMAX.

A través de esta Resolución, se atribuyen dentro del territorio nacional, a título secundario, para operación sobre una base de no-interferencia y no protección de interferencia, los siguientes rangos de frecuencias radioeléctricas, para su libre utilización:

- a) Banda de 902 a 928 MHz
- b) Banda de 2400 a 2483,5 MHz
- c) Banda de 5150 a 5250 MHz
- d) Banda de 5250 a 5350 MHz
- e) Banda de 5470 a 5725 MHz
- f) Banda de 5725 a 5850 MHz

Para el caso específico de la banda 5725 a 5850Mhz, se establecen condiciones técnicas que se deben cumplir para su libre utilización como:

- De utilizar por lo menos 75 frecuencias de escalamiento, donde el tiempo de ocupación por frecuencia no deberá ser mayor a 0.4 seg. en un periodo de 30 segundos.
- Ancho de banda máximo permitido a 20 dB del canal de intercalamiento corresponde a 1Mhz.
- El ancho de banda mínimo para sistemas que utilizan modulación digital a 6dB debe ser de por lo menos 500 Khz.

- La potencia de salida máxima del transmisor será de 1 Vatio
- Si se emplean antenas de transmisión de ganancia direccional mayor a 6 dBi, la potencia pico de salida de un transmisor debe ser reducida por debajo de 1 vatio, como sea apropiado, por la cantidad en dB que la ganancia direccional de la antena exceda los 6 dBi esto excluye el uso de sistemas punto a multipunto.
- Sistemas utilizados en operaciones fijas punto a punto, pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi sin la correspondiente reducción en la potencia pico de salida del transmisor nombrada en el punto anterior.

Actualmente sería posible utilizar la banda para sistemas WiMAX cumpliendo los requisitos técnicos de la resolución.

5.2 BANDA DE 2.5GHZ:

Para Colombia según el cuadro nacional de atribuciones de banda de frecuencia, la banda de frecuencias comprendida entre 2.5Ghz a 2.69Ghz Figura 11 se encuentra atribuido a los Servicios fijos radioeléctricos, al servicio fijo por satélite, al servicio móvil (Salvo Móvil aeronáutico), y al servicio móvil por satélite (espacio tierra). Lo que quiere decir que muchos operadores utilizan esta banda de frecuencias, por lo tanto es complicado realizar una atribución a corto plazo para el acceso de banda ancha inalámbrica. De realizar una atribución, sería necesario un cambio de frecuencia a las operaciones existentes y definir ciertas normas para este tipo de cambios, que determine en forma justa las inversiones realizadas anteriormente

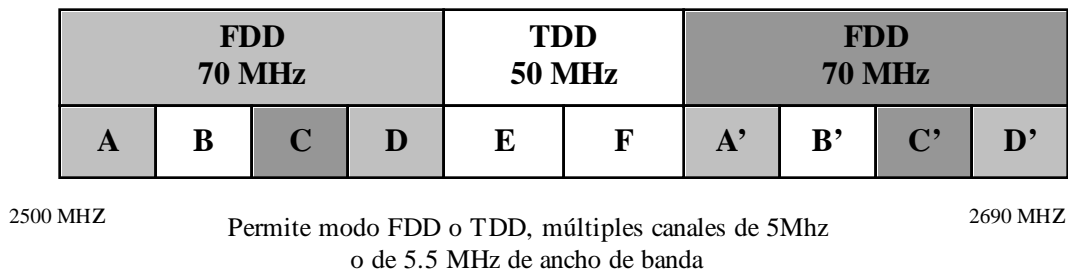


Figura 11 . Propuesta de canalización WiMAX para banda de 2.5GHz
Fuente: Ministerio de Comunicaciones

En aspectos técnicos, la banda de 2.5 GHz puede operar con aplicaciones en modo TDD⁹ o FDD¹⁰ en cualquier parte de la banda, con múltiples canales de 5 MHz o 5.5 MHz de ancho de banda¹¹.

5.3 BANDA DE 3.5GHZ:

Banda licenciada, ampliamente destacada en el mundo para redes de área metropolitana MAN, disponible para acceso fijo inalámbrico. Es la primera banda para productos certificados WiMAX, así que, por economías de escala y mercado, la prestación de servicios y el desarrollo de equipos se orienta a esta frecuencia (Aperto, Alvarion, Airspan, WiLAN, RedLine, SRTelecom).

En Colombia, el gobierno desea promover una política integral de uso eficiente de la banda ancha, para lo cual realiza el fomento de la oferta facilitando el acceso a tecnologías emergentes inalámbricas, enfocándose principalmente en los desarrollos que se vienen dando en esta frecuencia 3.5Ghz y pone a disposición la banda en el rango de 3.4Ghz a 3.6Ghz con el estándar TDD ó FDD. Según

⁹ TDD: Time Division Duplexing: Estándar que utiliza la misma frecuencia para transmisión y recepción en diferentes tiempos.

¹⁰ FDD: Frequency Division Duplexing Estándar que utiliza una frecuencia para transmisión y otra para recepción.

¹¹ Propuesta de atribución, asignación y valoración de la Banda de 3,5 GHz. Ministerio de Comunicaciones. Agosto 2005

recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT según el cuadro de atribución de bandas de frecuencias, la banda comprendida entre 3.4GHz y 3.6GHz se encontraba asignada para operar en sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (AFI / WLL) cuya definición para Colombia según la Resolución 526 de 2002 se describe a continuación:

Acceso Fijo Inalámbrico: “Es la conexión, mediante el uso del espectro radioeléctrico, en configuración punto multipunto, entre elementos de la RTPBC y los terminales fijos de usuarios del servicio de TPBC Local y/o Local extendida. A través de la red terrenal que haga uso del espectro radioeléctrico asignado, se podrán prestar adicionalmente otros servicios fijos de telecomunicaciones, para lo cual el operador que cuente con el correspondiente permiso deberá tener los respectivos títulos habilitantes y en la prestación de dichos servicios deberá cumplir con la normatividad aplicable.” La Figura 12 presenta la atribución para Acceso Fijo Inalámbrico.

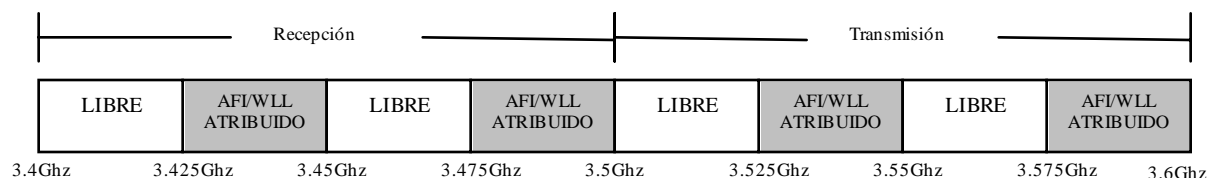


Figura 12 . Estado banda 3.4Ghz a 3.6Ghz para AFI
Fuente: Ministerio de Comunicaciones

Actualmente, la banda tiene una atribución a escala municipal, que representa solo el 4.36%, y significa un mínimo de utilización a nivel nacional, por lo que el ministerio de comunicaciones podría iniciar un proceso de limpieza de la banda y la migración ordenada de operadores, en los términos en que la ley obligay en un periodo de tiempo razonable.

5.4 CARACTERÍSTICAS DE RADIO PARA 2.5GHz Y 3.5GHz

El WiMAX Forum¹² ha realizado un análisis de las soluciones en cuanto a equipos que operan en las dos bandas de frecuencias antes mencionadas 2.5 y 3.5GHz, se podría tomar para la banda de 2.5GHz duplexación TDD, con un canal de ancho de banda de 5MHz y para la banda de 3.5GHz duplexación FDD, con canales duales de 3.5MHz. En realidad no solo hay soluciones de equipos que esperan estar disponibles en esas dos bandas de frecuencia, pero son representativas para ilustrar ejemplos. Diferentes canales con anchos de banda estarán disponibles en las dos bandas para permitir a los operadores tener más opciones de despliegue.

En la tabla 10 se presenta un resumen de las características de radio claves del enlace de bajada (Downlink) utilizadas en los rangos.

Para la banda de 2.5 GHz en TDD, se asume un tráfico dividido de Downlink/Uplink de proporciones 60/40 respectivamente, que refleja lo que se espera en un patrón de tráfico típico para servicios de datos. Según esta asimetría, para el caso de la banda de 3.5 GHz con un tráfico dividido FDD, el enlace de subida Uplink no estaría completamente utilizado.

ATRIBUTO	BANDA DE 2,5 GHz	BANDA DE 3,5 GHz
DUPLEXACIÓN	TDD	FDD
ANCHO DE BANDA DEL CANAL	5 MHz	2 x 3,5 Mhz
MODULACIÓN ADAPTATIVA	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM (COFDM-256)	
GANANCIA NOMINAL DEL SISTEMA PARA CPEs EXTERNOS	163dB en BPSK	164dB en BPSK
GANANCIA NOMINAL PARA CPEs INDOOR	157dB en BPSK	158dB en BPSK

¹² Foro conformado por múltiples empresas cuyo objetivo es promover y certificar la interoperabilidad de productos de acceso de banda ancha inalámbrica que cumplan con el estándar IEEE 802.16* y ETSI HiperMAN

PERDIDAS DE TRAYECTO EN EXCESO PARA CPEs INDOOR	15 dB	
TDD DL/UL DIVISION DE TRAFICO	60/40	N/A
CONDICIONES DE PROPAGACION	AMBIENTES URBANOS, SUBURBANOS Y RURALES. EL 100% DE LOS TERMINALES DE USUARIOS SON NLOS NON LINE OF SIGHT	

Tabla 10 . Características radio
Fuente: WiMAX Forum

Para el sistema Downlink, las antenas de unidades CPE Indoor, tienen una ganancia menor, aproximadamente 6dB menos que las antenas de unidades Outdoor. Además se presentan pérdidas de trayecto debido a la penetración en las paredes y la instalación de los CPEs en sitios no óptimos que generalmente no se encuentran en vista con la antena de la estación base. Esta pérdida adicional de trayecto se estima en 15dB.

Se pueden presentar 3 categorías de sitios; “A”, “B” y “C” donde la categoría A, es la categoría con mayores pérdidas de trayecto, es utilizada para predecir las características de propagación en ambiente urbanos, la categoría B para ambientes suburbanos, la categoría C es la categoría con menores pérdidas de trayecto para ambientes rurales, a pesar que las condiciones pueden cambiar de una categoría a otra, dependiendo de las características del área.

El uso de modulación y codificación adaptativa, permite que el enlace de cada usuario final se ajuste dinámicamente a las condiciones de propagación del trayecto para un enlace particular. Cuando el nivel de una señal recibida es bajo, como el caso de usuarios distantes de la estación base, el enlace automáticamente se cambia a un esquema de modulación más robusto pero menos eficiente.

Suponiendo que existe una distribución uniforme de suscriptores activos con CPEs outdoor, más del 60% de usuarios activos operarían con modulación QPSK o BPSK y solamente el 15% con 64QAM. Ver Figura 13

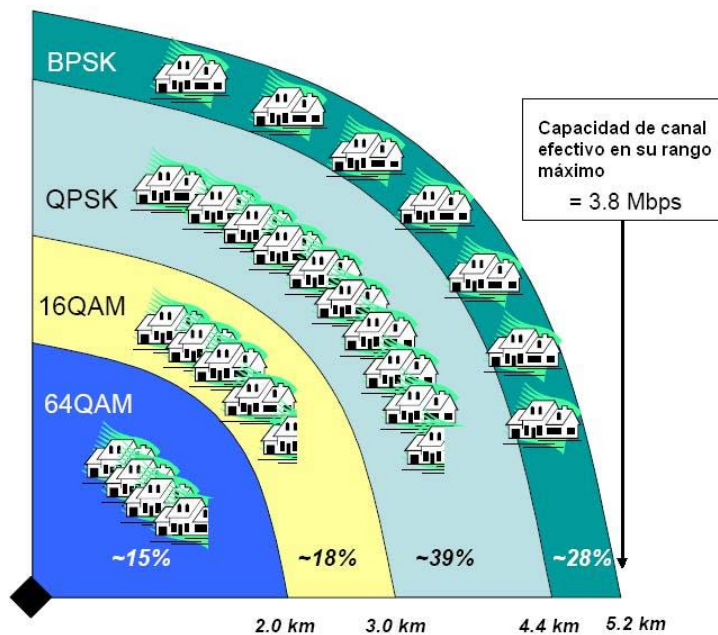


Figura 13 . Densidad típica de suscriptores para área rural con 3.5GHz FDD
Fuente: WiMAX Forum

Con esta distribución de usuarios, la capacidad del canal downlink para un rango limitado es de 3.8Mbps, comparado a 9.7Mbps para una capacidad limitada como el caso de los usuarios finales operando con 64QAM. A pesar de las suposiciones que todos los usuarios no tienen línea de vista con la estación base, se pueden presentar casos donde algunos CPEs que se encuentren razonablemente alejados si tengan línea de vista con la estación base y las condiciones sean favorables y puedan operar con 64QAM y viceversa. Aquí también es importante tener en cuenta la interferencia cocanal para celdas adyacentes con una red multicelular, donde una excesiva interferencia puede hacer cambiar de modulación.

En las figuras 14 y 15 se da una vista cuantitativa de la capacidad promedio del canal downlink y la capacidad del downlink de la estación base WiMAX para las

frecuencias de 2.5GHz y 3.5GHz. Se asume que las estaciones base están configuradas con 6 canales y una distribución uniforme de subscriptores con no línea de vista.

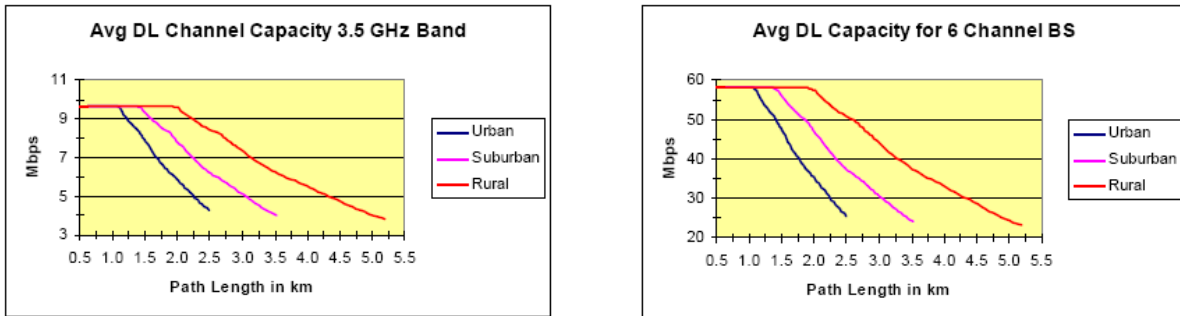


Figura 14 . Capacidad en canal único y 6 canales downlink estación base en la banda de 3.5GHz
Fuente: WiMAX Forum

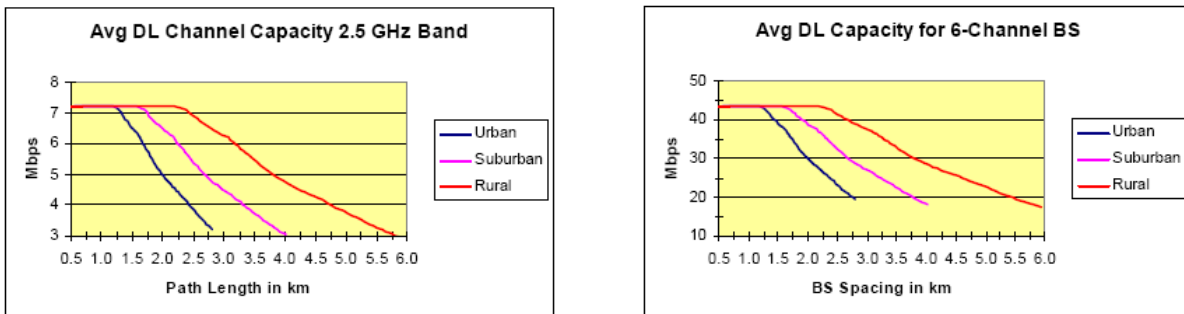


Figura 15 . Capacidad en canal único y 6 canales downlink estación base en la banda de 2.5GHz
Fuente: WiMAX Forum

Se puede observar que la capacidad de los canales es mejor en la banda de frecuencia de 3.5GHz para las diferentes categorías urbana, suburbana y rural.

5.5 OTRAS BANDAS DE FRECUENCIA

5.5.1 Frecuencia entre 2.3GHz Y 2.5GHz

Actualmente es un rango compartido a título primario para el servicio radioeléctrico fijo y para acceso Fijo inalámbrico. A título secundario se pueden operar sistemas de espectro ensanchado y de modulación digital de banda ancha y baja potencia, previo registro ante el Ministerio de Comunicaciones y bajo las condiciones técnicas establecidas en la resolución 689 de 2004 como:

- Los sistemas de salto de frecuencia tendrán frecuencias portadoras por canal de intercalamiento separadas como mínimo por el mayor valor entre 25 KHz y el ancho de banda del canal a 20 dB.
- Deberán utilizar al menos 15 canales no sobrelapados y el tiempo promedio de ocupación no puede ser mayor a 0.4 seg. dentro de un periodo de 0.4 seg. multiplicado por el número de canales de salto empleados.
- Se pueden utilizar técnicas de modulación digital y el ancho de banda mínimo a 6dB debe ser de por los menos 500KHz.
- En caso de emplear al menos 75 canales de salto o por utilizar modulación digital, la potencia será de 1 Watio, para los otros sistemas de salto de frecuencia será de 0.125 vatios.
- Los sistemas que operen en la banda de 2 400 a 2 483,5 MHz que sean utilizados exclusivamente para operaciones fijas punto a punto, pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi siempre y cuando la máxima potencia pico de salida del transmisor sea reducida en 1 dB por cada 3 dB que la ganancia direccional de la antena exceda los 6 dBi.

Como se mencionó, la banda es actualmente utilizada, lo que haría más compleja la posibilidad de reubicación de los usuarios actuales, pero bajo las reglas de

Acceso Fijo Inalámbrico y las condiciones de sistemas de espectro ensanchado y modulación digital, se podría operar y brindar acceso de banda ancha.

5.5.2 Frecuencias de 3.3 a 3.4 y 3.6 a 3.8 Ghz

El rango de 3.3 a 3.4 GHz está atribuido a radiolocalización, radioaficionados y radio acceso fijo y móvil.

El rango de 3.6 a 3.8 está atribuido a acceso fijo, fijo por satélite y móvil salvo aeronáutico. Actualmente esta banda tiene un bajo nivel de ocupación, de todas formas para un proceso de asignación se podrían presentar dificultades con la operación del servicio fijo por satélite.

5.6 FRECUENCIA OPTIMA DE OPERACIÓN PARA WiMAX

Al analizar las diferentes opciones de bandas de frecuencia para operación de WiMAX como tecnología de banda ancha en Colombia, se puede afirmar que la frecuencia óptima es la de **3.5Ghz** por las siguientes razones:

- Por sus condiciones de disposición en el cuadro de atribución de frecuencias.
- Es una banda que actualmente presenta un bajo porcentaje de utilización.
- Por las características de radio respecto a la capacidad que pueden ofrecer los canales.
- Por las economías de escala y beneficios que puede traer al mercado el desarrollo masivo de equipos que trabajen en esta frecuencia.

Por lo tanto, se ha coincidido con el gobierno nacional en la decisión de utilizar la banda comprendida entre 3.4GHz y 3.6GHz, para desarrollar el mercado de banda ancha e incrementar su penetración en Colombia y se han definido unos

lineamientos de políticas para la utilización eficiente de la banda por lo que se ha optado por realizar la siguiente distribución:

Con el estándar FDD, se combinarán bloques de 42MHz y 28MHz, lo que permitirá tener 5 operadores y respeta los preceptos de 3 portadoras continuas de 7MHz para banda ancha, se conservan unas bandas de guarda y se deja una banda de 16MHz para futuros desarrollos. Las bandas de 42MHz A, B y C, tendrán permiso de uso del espectro radioeléctrico con área de cubrimiento nacional y las bandas de 28MHz D y E, serán otorgadas con permiso de cubrimiento departamental. Ver tabla 11.

BANDAS	ÁREA DE SERVICIO	ANCHO DE BANDA
AA´	Nacional	2 x 21 MHz = 42 MHz
BB´	Nacional	2 x 21 MHz = 42 MHz
CC´	Nacional	2 x 21 MHz = 42 MHz
DD´	Departamental	2 x 14 MHz = 28 MHz
EE´	Departamental	2 x 14 MHz = 28 MHz
FF´	Reservada	2 x 8 MHz = 16 MHz

Tabla 11 . Bandas, área de servicio y ancho de banda con FDD para banda de 3.4GHZ – 3.6GHZ

Fuente: Resolución 2064 de septiembre 15 de 2005

La figura 16 muestra la distribución de las bandas en el rango comprendido entre 3.4 y 3.6 Ghz

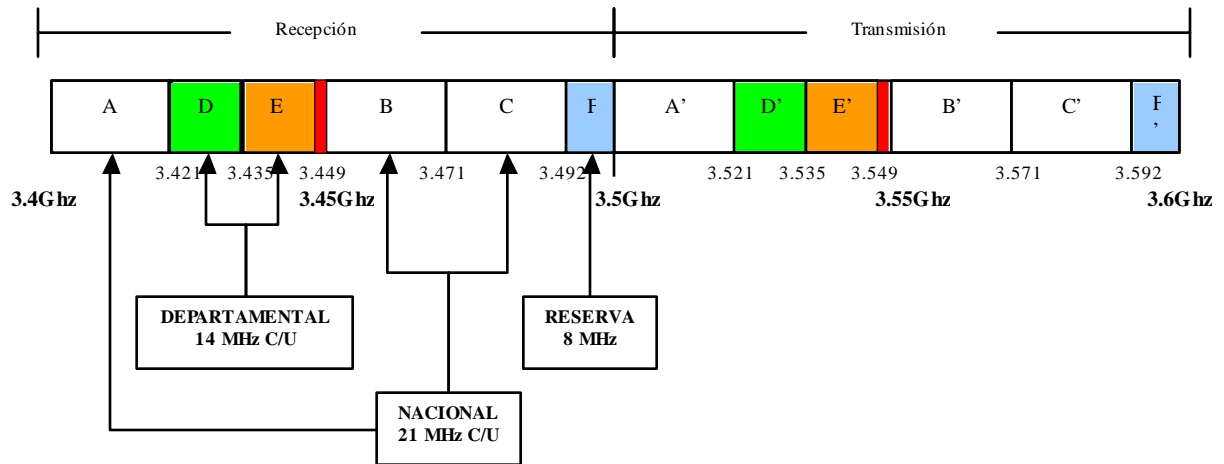


Figura 16 . Atribución de bandas de frecuencia 3.4 GHz – 3.6GHz
Fuente: Ministerio de Comunicaciones

6. MODELO FINANCIERO PARA UN NUEVO OPERADOR DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA QUE UTILIZA TECNOLOGÍA WIMAX

El siguiente plan de negocio, permite analizar diferentes aspectos involucrados en la prestación del servicio de banda ancha a través de tecnologías inalámbricas como WIMAX. Estos aspectos pueden ser:

1. Costo de la licencia para un negocio rentable
2. Pago anual al ministerio por uso del espectro dependiendo del ancho de banda
3. Escenarios de crecimiento anual de suscriptores de banda ancha en accesos de diferentes anchos de banda y las tarifas para cada uno.

Como se mencionó anteriormente, uno de los principales factores que influyen en la penetración de la banda ancha es el costo del servicio para el usuario final, así que se realizó un modelo financiero para un nuevo operador de banda ancha en la ciudad de Bogotá, donde fue necesario modelar la creación de una nueva

empresa proyectada a 10 años que requiere adquirir la infraestructura física y contar con todo lo necesario para su realización.

6.1 SEGMENTACIÓN DEL MERCADO

El servicio puede estar orientado a los segmentos residencial y corporativo (principales segmentos del mercado de Internet). Este último involucra a PYME y a las Grandes Empresas.

Para el segmento residencial es importante tener en cuenta el número de usuarios con acceso a Internet por estrato debido a que establece el potencial mercado al cual se quiere llegar. Inicialmente se determinó en este mercado atacar únicamente los estratos socioeconómicos con mayor poder adquisitivo 4, 5 y 6, lo anterior debido a resultados obtenidos por Pyramid Research y CINTEL. Sin embargo y explotando la rentabilidad y ventajas del negocio se decidió atacar una gran masa crítica de potenciales usuarios ubicados en diferentes sectores residenciales de la ciudad en el estrato 3. Existe un mercado potencial, así que se busca lograr un alto índice de Churn de los operadores conmutados y dedicados actuales y conseguir una migración de clientes hacia esta nueva opción de acceso de banda ancha.

La competencia, la tarifa promedio del mercado y ciertos aspectos regulatorios, ayudan a determinar el precio del servicio que en lo posible debe ser menor al que ofrecen los otros operadores. Es necesario identificar cuáles son los factores que influyen en el caso de negocio para incrementar el índice de penetración de banda ancha y combatir uno de sus principales limitantes que es la tarifa del usuario final.

Al realizar un análisis actual del mercado, se obtienen las tarifas promedio de los diferentes accesos presentadas en la tabla 12:

TARIFA PROMEDIO DE MERCADO		
CABLE	128kbps	\$ 70.000
	256kbps	\$ 80.000
	512kbps	\$ 120.000
ADSL	128kbps	\$ 70.000
	200kbps	\$ 78.000
	256kbps	\$ 89.000
	400kbps	\$ 107.000
	448kbps	\$ 130.000
	512kbps	\$ 138.500
	640kbps	\$ 228.000
	832kbps	\$ 286.150
1000kbps	\$ 322.000	

Tabla 12 . Tarifa mensual de servicio de banda ancha (Promedio operadores ETB, Telecom, CableNet, Supercable)

Con base en estas tarifas, se ha definido el costo mensual para ofrecer el servicio de 3 tipos de acceso de banda ancha: **128Kbps, 256Kbps y 512 Kbps**; teniendo en cuenta que dependiendo de las relaciones de reuso de canales y de las probabilidades de acceso, se puede determinar cuantos usuarios se pueden soportar en un enlace E1 de Internet y satisfacer la demanda a una determinada velocidad. Para esto se tomó la siguiente relación presentada en la tabla 13:

USUARIOS A CONECTIVIDAD 128 Kbps	
Costo E1 en pesos mes	\$ 3.800.000
E1 (Kbps)	2048
Acceso usuarios (Kbps)	128
Cantidad usuarios Reuso 1:1	16
Probabilidad 1:	8
Reuso 1:	8
Total usuarios por E1 a capacidad nominal de 128 Kbps	1024

USUARIOS A CONECTIVIDAD 256 Kbps	
E1 (Kbps)	2048
Acceso usuarios (Kbps)	256
Cantidad usuarios Reuso 1:1	8
Probabilidad 1:	10

Reuso 1:	8
Total usuarios por E1 a capacidad nominal de 256 Kbps	640
USUARIOS A CONECTIVIDAD 512 Kbps	
E1 (Kbps)	2048
Acceso usuarios (Kbps)	512
Cantidad usuarios Reuso 1:1	4
Probabilidad 1:	12
Reuso 1:	8
Total usuarios por E1 a capacidad nominal de 512 Kbps	384

Tabla 13 . Tabla de relación de reuso de usuarios para un acceso E1

Se tomaron como potenciales operadores de competencia, aquellos que tienen la mayoría de mercado con tecnologías de Cable, xDSL y posibles a futuro de tecnologías como: WiMAX, PLC y Satelitales. Ellos fueron tenidos en cuenta igualmente al momento de determinar el potencial de suscriptores año tras año para el plan de negocio.

El número de suscriptores de banda ancha ha venido en constante crecimiento y según estudios realizados por Cintel y Pyramid research, se espera que para el año 2008, se alcancen los 300.000 suscriptores a nivel nacional y que continuará creciendo hasta entrar en un periodo de estabilización.

Tomando muestras de crecimiento, para el plan de negocio se ha proyectado a nivel nacional un crecimiento de clientes como se muestra en la tabla 14, considerados en cuanto a porcentajes de crecimiento de un escenario optimista.

SUSCRIPTORES NACIONALES		% CRECIMIENTO
Año	Suscriptores	NACIONAL
2003	64.436	
2004	127.105	97,3%
2005	170.000	33,7%
2006	210.000	23,5%
2007	245.700	17,0%

2008	284.000	15,6%
2009	353.934	24,6%
2010	404.496	14,3%
2011	455.058	12,5%
2012	505.620	11,1%
2013	556.182	10,0%
2014	606.745	9,1%
2015	606.745	0,0%

Tabla 14 . Proyección de crecimiento de suscriptores de banda ancha a nivel nacional 2003 – 2015

Como se mencionó en el capítulo de mercado, las grandes ciudades tienen el mayor porcentaje de suscriptores de banda ancha, tal es así que actualmente, Bogotá tiene cerca del 70% del mercado, sin embargo este porcentaje variará año tras año y disminuirá en tanto se incremente la participación de las otras ciudades del país. Bogotá tendrá una meta de crecimiento y es cubrir con banda ancha todos los hogares donde existe penetración de Internet, los cuales se calcularon de acuerdo a los porcentajes presentados en la tabla 15 y con las proyecciones de población que tiene el DANE¹³ presentados en la Tabla 16, así es posible realizar un pronóstico de crecimiento de banda ancha en la ciudad, el cual se presenta en la tabla 17 junto a la participación en banda ancha que tendría frente al resto del país para cada año.

Para calcular el número de suscriptores WiMAX potenciales con el nuevo operador, es necesario tener en cuenta el número de operadores en competencia, donde es necesario incluir a ETB que a pesar de ser un operador que ya tiene licencia nacional para WiMAX, tiene participación en Bogotá con tecnología DSL, al igual que Telecom y Orbitel, también es necesario tener en cuenta que existiría otro operador con licencia departamental. Bajo estas consideraciones, se toma como supuesto que se espera captar un 10% de los suscriptores de banda ancha, y así obtener los resultados de la tabla 18.

¹³ DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Estrato	3	4	5	6	
% Habitantes por estrato	42,72%	7,33%	3,06%	2,11%	Fuente: CIC-TEA (1997) http://endatos.redbogota.com/
% Hogares por estrato / Respecto a # de habitantes	24,00%	29,00%	25,32%	29,99%	Fuente: DAPD Gerencia de estratificación y monitoreo. Subdirección de desarrollo humano y progreso social.
Penetración Internet por hogar	16,40%	38,90%	48,10%	57,50%	Fuente: Análisis del mercado servicios de Banda Ancha en Colombia Pyramid Research - Cintel

ACTUALMENTE BOGOTÁ TIENE EL 70% DE SUSCRIPTORES BA NACIONAL	119.000	Fuente: Informe Sectorial Diciembre 2005
--	---------	--

Tabla 15 . Porcentajes para cálculo de suscriptores potenciales

AÑO	# HABITANTES DE BOGOTA
2005	7.282.781
2006	7.436.866
2007	7.594.219
2008	7.754.906
2009	7.918.984
2010	8.082.532
2011	8.239.072
2012	8.394.483
2013	8.552.833
2014	8.714.163
2015	8.878.537

Tabla 16 Pronostico de habitantes para Bogotá
Fuente: DANE

AÑO	SUSCRIPTORES BA BOGOTA	% PARTICIPACION BOGOTA
2005	119.000	70%
2006	142.800	68%
2007	167.076	68%
2008	192.137	68%
2009	215.194	61%

2010	236.713	59%
2011	255.650	56%
2012	268.433	53%
2013	276.486	50%
2014	282.016	46%
2015	284.836	47%
2016	284.836	47%
2017	284.836	47%
2018	284.836	47%
2019	284.836	47%
2020	284.836	47%

Tabla 17 Pronóstico de Suscriptores de Banda Ancha para Bogotá y participación nacional

AÑO	SUSCRIPTORES WIMAX
2005	-
2006	14.280
2007	16.708
2008	19.214
2009	21.519
2010	23.671
2011	25.565
2012	26.843
2013	27.649
2014	28.202
2015	28.484

Tabla 18 . Suscriptores potenciales WiMAX

6.2 DISEÑO DE LA RED Y EQUIPOS A UTILIZAR

Para el modelo financiero es necesario determinar como estará diseñada la red, que equipos se utilizarán. Para esto se tuvo en cuenta el trabajo de grado “Diseño de una red de Área Metropolitana 802.16 IEEE Aplicada a la ciudad de Bogotá” [14], sin embargo se realizaron modificaciones teniendo en cuenta las necesidades propias del proyecto. Por ejemplo, por viabilidad económica y nueva disposición de tecnología se decidió utilizar otro tipo de estaciones base y estaciones suscriptoras, además la sectorización se unifico para todas las estaciones utilizando 3 antenas en cada una de ellas. Se consideran

adicionalmente los costos de arriendo por capacidad (E1) de acceso a Internet y enlaces necesarios de *backhaul* al Core de la red.

En este último aspecto no se consideró necesario identificar el tipo de equipos a utilizar y el diseño de red como tal para el Core, sin embargo, dependiendo de la tecnología de transporte y acceso a utilizar y el medio físico en nuestro caso fibra óptica, se estimó un valor total de equipos Core (US \$400.000) para el análisis financiero en su inversión inicial. Este costo se encuentra respaldado por el estudio presentado como referencia en el documento [4].

6.3 ANÁLISIS FINANCIERO

6.3.1 Inversión Inicial

Los costos de los equipos de infraestructura de red y terminal (CPE) fueron obtenidos de los fabricantes más reconocidos en este tipo de tecnología y que actualmente participan en el WiMAX FORUM¹⁴. El producto trabaja sobre la banda de los 3.5Ghz y a partir del cual se estimaron costos.

Basado en estos requerimientos se definieron los siguientes elementos que harán parte de la inversión inicial: Equipos, Costos 1er Año, Gastos Administrativos 1er Año, Instalación y Capacitación, Fletes y Seguros, Marco Legal, Terrenos, Infraestructura Civil y torres.

Los terrenos y las torres de las antenas serán comprados, la depreciación de estos elementos civiles es a 20 años con valor de salvamento de 5%. Los equipos de red tendrán una depreciación a 5 años sin valor de salvamento. Los fletes y seguros serán del 5% y 15% del valor de los equipos, en capacitación e instalación será el 5% y en operación y mantenimiento será el 10% de los

¹⁴ Empresa Alvarion a través de su Web Site (<http://www.alvarion.com>)

ingresos. Estos valores son estimados teniendo en cuenta las consideraciones propias de la tecnología y el documento de apoyo [4].

6.3.2. Tasa de descuento

La licencia del espectro será deducida como resultado del VPN con una tasa de descuento WACC de 28% EA real debido a que la composición de la financiación no se ha determinado; sin embargo, esta tasa se puede considerar como un estándar en el mercado de las telecomunicaciones inalámbricas, por lo que será utilizada para efectos de la evaluación del modelo financiero. Debido a que el flujo de caja se construye trimestralmente, la tasa equivalente es del 6,37% EM.

6.3.3. Inversión

Para la conformación de la empresa, es necesario realizar la inversión inicial asociada con la compra de equipos de red, obras civiles, estaciones de suscriptores (CPEs), inversión en marketing, la adecuación oficina, algunos gastos preoperativos y una provisión de capital para garantizar la liquidez de la empresa durante los primeros meses tal como se muestra en la tabla 19.

6.3.4. Egresos

Para el funcionamiento de la empresa es necesario realizar algunos gastos en cada periodo; asociados a la nómina del equipo de trabajo y las comisiones por venta de productos, los gastos de mantenimiento de la oficina, y mantenimiento de la plataforma como se detallan en la tabla 20.

Debido a que el número de suscriptores crece anualmente hasta alcanzar un nivel estable, en los costos operacionales hay que adicionar costos relacionados con CPE para nuevos suscriptores y las portadoras de capacidad E1

arrendadas. También es necesario tener en cuenta el porcentaje de deserción de suscriptores (Churn) calculado en 5%.

	CANTIDAD	DOLARES	COP	TOTAL DÓLARES	TOTAL COP
EQUIPOS DE RED					
Estación Base y Equipos Centrales	9	50.000	1 15.000.000	450.000 \$	1.035.000.000
Estaciones Suscriptoras	14.280	240	552.000	3.427.200 \$	7.882.560.000
Antenas	27	810	1.863.000	21.870 \$	50.301.000
Core de la Red	1	400.000	920.000.000	400.000 \$	920.000.000
Enlaces (Backhaul)	9	25.000	57.500.000	225.000 \$	517.500.000
TOTAL INVERSION EQUIPOS				4.524.070 \$	10.405.361.000
FLETES Y SEGUROS					
Fletes de importación				226.204 \$	520.268.050
Seguros de Equipos				678.611 \$	1.560.804.150
TOTAL INVERSION FLETES Y SEGUROS				904.814 \$	2.081.072.200
OBRAS CIVILES					
Terrenos (Valor de lotes para las estaciones base)	9	20.000	46.000.000	180.000 \$	414.000.000
Torres	9	13.000	29.900.000	117.000 \$	269.100.000
TOTAL INVERSION OBRAS CIVILES				297.000 \$	683.100.000
MARCO LEGAL					
Licencia del espectro			0	0 \$	-
Trámites Legales				45.241 \$	104.053.610
TOTAL INVERSION MARCO LEGAL				45.241 \$	104.053.610
MARKETING					
Brochures Informativos (500)				\$	3.000.000
Muse PADS (500)				\$	1.500.000
Subtotal Material POP				\$	4.500.000
Inversión Publicitaria (Radio y prensa)				\$	25.000.000
TOTAL INVERSION MARKETING				\$	29.500.000
CAPACITACION E INSTALACION					
				\$	520.268.050
OFICINA					
Computador Fijo (1)	4		\$ 1.500.000	\$	6.000.000
Dotación Computadores Portátiles (11)	13		\$ 3.500.000	\$	45.500.000
Dotación Teléfonos móviles (19)	17		\$ 250.000	\$	4.250.000
Impresora a Color (2)	2		\$ 300.000	\$	600.000
Adecuación (Puestos de Trabajo)	17		\$ 500.000	\$	8.500.000
Fax	1		\$ 150.000	\$	150.000
Línea Telefónica	1		\$ 100.000	\$	100.000
Papelería (Tarjetas Personales, Hojas, Sobres, etc)				\$	3.000.000
Dotación de Oficina (AZ, Lápicos, Cocedora, Perforador, etc)				\$	1.500.000
TOTAL DOTACIÓN OFICINA				\$	69.600.000
GASTOS PREOPERATIVOS					
Arriendo y Administración Oficina				\$	5.000.000
Telefonía Fija				\$	500.000
Energía/Agua				\$	1.200.000
Conexión Internet				\$	20.000
Labor Administrativa				\$	1.000.000
Telefonía móvil	17		\$ 75.000	\$	1.275.000
Servicios públicos en torres y antenas	9		\$ 2.000.000	\$	18.000.000
TOTAL GASTOS PREOPERATIVOS				\$	27.175.000
INVERSION INICIAL TOTAL					
				\$	13.920.129.860

Tabla 19 . Inversión inicial

SUPUESTOS EGRESOS POR MES			
Personal Requerido			
Gerente			1
Directores (Comercial-Mercadeo y Red - Tecnologías de información)			2
Ingenieros de red y tecnologías de información			6
Ejecutivos comerciales y administrativos			4
Asesor Servicio al cliente			3
Secretarías			1
Salario Promedio / Mes			
Gerente	\$	8.165.000	\$ 8.165.000
Directores (Comercial-Mercadeo y Red - Tecnologías de información)	\$	5.443.333	\$ 10.886.667
Ingenieros de red y tecnologías de información	\$	2.585.583	\$ 15.513.500
Ejecutivos comerciales y administrativos	\$	2.585.583	\$ 10.342.333
Asesor Servicio al cliente	\$	1.496.917	\$ 4.490.750
Secretarías	\$	1.088.667	\$ 1.088.667
Asesor Jurídico (Outsourcing)	\$	500.000	\$ 500.000
Contador (Outsourcing)	\$	500.000	\$ 500.000
Subtotal Salarios	\$	22.365.083	\$ 51.486.917
Comisiones			
Ingresos Mensuales			5%
Valor uso de frecuencia radioeléctrica (anual)			
$VAC = \frac{AB \text{ (Mhz)} \times N \text{ (SMLMV)} \times Z \text{ (\%)}}{1 \text{ (Mhz)}}$			
VAC: Valor Anual de la Contraprestación	\$	1.029.637.980	
AB (MHz): Ancho de Banda Asignado en MHz (28 MHz)			28
N (SMLMV): Valor de 1 MHz de acuerdo con la posición del ancho de banda asignado en el espectro radioeléctrico y con los sistemas y servicios de telecomunicaciones. Se define en salarios mínimos legales mensuales vigentes. (Por excepción es 270 x \$ 381.500). Lo ideal es 0			270
SMLMV	\$	381.500	
Z: Valor relativo del espectro de acuerdo con el mercado del área de servicio para la cual se asignó el ancho de banda (AB). (Para Bogotá)			0,357
TENER EN CUENTA PARA SENSIBILIZACIÓN			
Plataforma			
Enlace E1	\$	3.800.000	
Oficina			
Arriendo y Administración Oficina	\$	5.000.000	
Telefonía Fija	\$	500.000	
Energía/Agua	\$	1.200.000	
Conexión Internet	\$	200.000	
Telefonía Móvil	\$	1.275.000	
Servicios públicos en torres y antenas (9)	\$	18.000.000	
Churn (Porcentaje sobre ingresos)			
Churn clientes acceso 128Kbps			5%
Churn clientes acceso 256Kbps			2,5%
Churn clientes acceso 512Kbps			1,3%
Churn clientes acceso 512Kbps			1,3%
Facturación (Por cliente, incluye generación y distribución)			
	\$	1.000	
Cartera (Morosos)			
Cartera clientes acceso 128Kbps			25%
Cartera clientes acceso 256Kbps			12,5%
Cartera clientes acceso 512Kbps			6,3%
Cartera clientes acceso 512Kbps			6,3%
Publicidad y Mercadeo (Del ingreso)			
			3,0%
Mantenimiento y Operación de la red por outsourcing (% de los ingresos)			
			10,0%

Tabla 20 . Egresos periódicos

6.4 ESCENARIOS

Con el objetivo de analizar diferentes factores involucrados en el plan de negocio que pueden llegar a afectar la penetración de banda ancha (los que tienen que ver con el pago de licencia por adjudicación y uso del espectro al ministerio de comunicaciones, al influir en determinar el precio del servicio al usuario final), se han planteado 3 escenarios relacionados con el crecimiento de posibles suscriptores desde el año 2006 al año 2015, el costo en las tarifas de servicio al usuario final y el porcentaje de participación de clientes en cada tipo de acceso, como se indica en la tabla 21.

CRECIMIENTO			
AÑO	ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO MODERADO (Mercado)	ESCENARIO PESIMISTA
Año 1	20%	19,0%	18,0%
Año 2	17%	16,0%	15,0%
Año 3	15%	14,0%	13,0%
Año 4	12%	11,0%	10,0%
Año 5	10%	9,0%	8,0%
Año 6	8%	7,0%	6,0%
Año 7	5%	4,0%	3,0%
Año 8	3%	2,0%	1,0%
Año 9	2%	1,0%	0,0%
Año 10	1%	0,0%	0,0%

TARIFA CUOTA MENSUAL (Variación sobre precio medio)			
	20%	0%	-25%
TIPO DE ACCESO	TARIFA ALTA	TARIFA MEDIA (Mercado)	TARIFA BAJA
Acceso de 128 Kbps	\$ 78.000	\$ 65.000	\$ 48.750
Acceso de 256 Kbps	\$ 90.000	\$ 75.000	\$ 56.250
Acceso de 512 Kbps	\$ 138.000	\$ 115.000	\$ 86.250

PARTICIPACIÓN POR TIPO DE ACCESO			
TIPO DE ACCESO	ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO MODERADO (Mercado)	ESCENARIO PESIMISTA
Acceso de 128 Kbps	20%	50%	60%
Acceso de 256 Kbps	30%	25%	30%
Acceso de 512 Kbps	50%	25%	10%

Tabla 21 . Escenarios de análisis.

Aunque se han planteado escenarios para crecimiento, tarifas y participación por acceso por separado, también se han planteado escenarios conjuntos que combinen las diferentes situaciones que se pueden presentar así:

ESCENARIO TOTAL OPTIMISTA = crecimiento optimista & Tarifa Alta & Participación por accesos optimista

ESCENARIO TOTAL MEDIO = crecimiento moderado & Tarifa media & Participación por acceso moderado

ESCENARIO TOTAL PESIMISTA = crecimiento pesimista & Tarifa baja & Participación por acceso pesimista.

ESCENARIO IDEAL DE MASIFICACIÓN DE BANDA ANCHA = crecimiento optimista & Tarifa baja & Participación por acceso moderada.

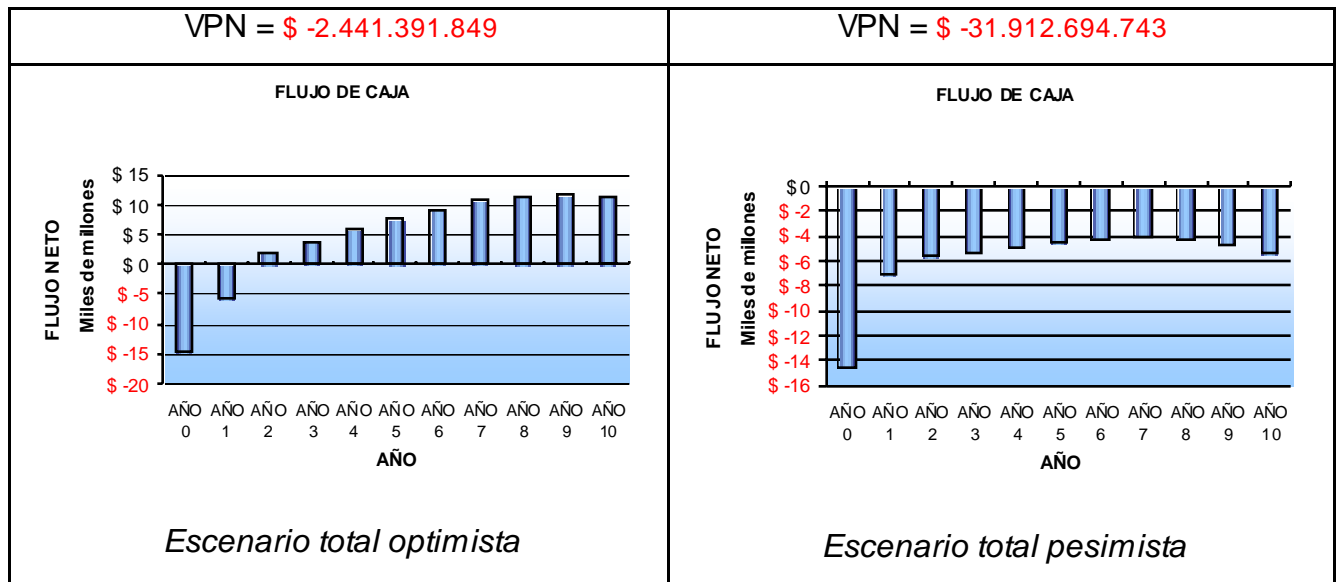
El último escenario (Ideal de masificación de banda ancha) se planteó de esa forma debido a la alternativa de una tarifa mensual mínima para el suscriptor, lo que permitiría tener un mayor crecimiento de usuarios por el bajo costo y mantener las proporciones actuales de mercado en cuanto a participación por el tipo de acceso de banda ancha a utilizar.

6.4.1 Determinación del valor de licencia

Uno de los principales objetivos del modelo, es servir como herramienta para calcular el valor máximo que se puede ofrecer al ministerio por la concesión de la banda de frecuencia de 3.5Ghz, ante una subasta para adjudicación de la licencia o un proceso de selección donde esté involucrado este criterio.

Además de este pago inicial por la concesión, según el decreto 1972 de 2003, se hace necesario realizar un pago anual en contraprestación por el uso del espectro radioeléctrico, valor que se calcula con la fórmula (1), donde $N(SMLV)$ representa el costo de 1Mhz en salarios mínimos legales vigentes, que para el caso de conexiones punto multipunto es de 2700 salarios mínimos por cada Mega hertz asignado y el valor de Z (Valor relativo del espectro de acuerdo con el mercado del área de servicio para la cual se asignó el ancho de banda (AB)), que para este caso por ser una licencia Departamental corresponde a un valor de 0,357. Estos son puntos importantes en el modelo y relevantes ante el cálculo del valor de la frecuencia.

Al tomar cada escenario, se observan cambios en el flujo de caja como se muestra en la Figura 17, donde se tomó como **\$0 el valor inicial de la frecuencia**.



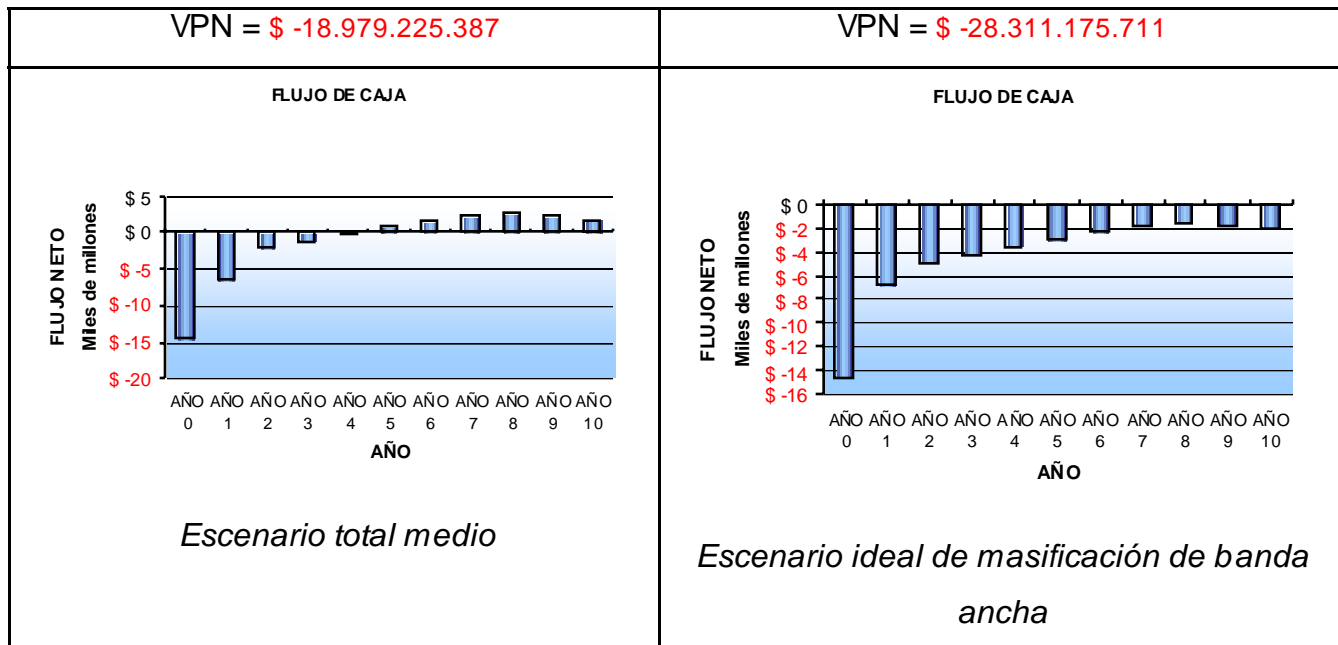


Figura 17 . Variaciones en el flujo de caja en el modelo de negocio.

Es importante plantear las diferentes posibilidades en que se desarrollaría un negocio de este tipo, donde el panorama o escenario pesimista y el ideal serían las bases de decisión. Al observar las gráficas se puede observar que el flujo de caja no es favorable ante ningún escenario. Esto demuestra que no es posible siquiera ofrecer un valor de frecuencia al ministerio, y es necesario tener alternativas que permitan seguir adelante en el negocio sin sacrificar la inversión inicial.

La principal alternativa ha sido reducción el valor del costo de 1Mhz (N(SMLV)) al 10% del N actual, es decir de 2700 a 270. Esta reducción se dio a través de la excepción emitida en el Decreto 2925 de 2005. De esta forma se obtiene un flujo de caja y un VPN algo más favorable que permite además, ofrecer por la concesión del espectro. Ver Figura 18. Sin embargo el valor de N aún impacta notablemente el modelo.

VPN PARA DIFERENTES VALORES DE N CON LICENCIA = \$0

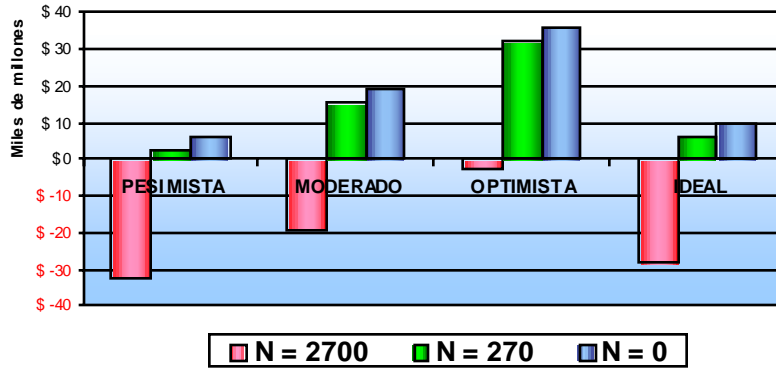


Figura 18 . Variación de VPN con valor de licencia 0 ante diferentes escenarios y valores de N

Teniendo en cuenta esta alternativa, se plantearon los valores máximos que se podrían ofrecer al ministerio por la concesión del espectro, que para el caso de Bogotá correspondería a 28Mhz del total de 200Mhz asignados para ser distribuidos Nacional y departamentalmente. Estos valores fueron calculados según variaciones de la inversión respecto al costo de la licencia, hasta obtener un Valor Presente Neto VPN = 0

En la Figura 19 se presentan los valores de las frecuencias bajo diferentes escenarios, y valores de N (SMLV).

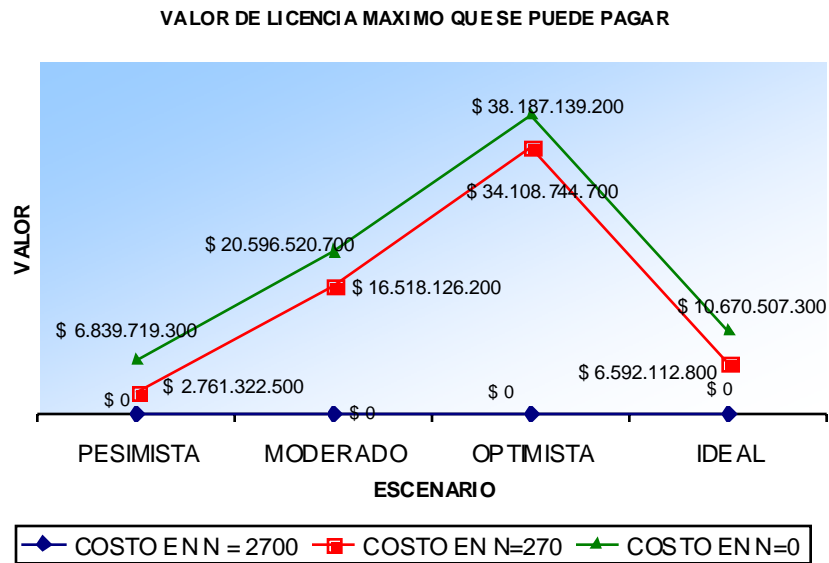


Figura 19 . Valores máximos a ofrecer al ministerio por licencia de frecuencia ante diferentes escenarios.

Ante la excepción del Decreto 2925 de 2005 para minimizar el costo anual por uso del espectro, el flujo de caja del operador de Banda Ancha se favorece y se puede pensar en generar reducción de precios en la tarifa al usuario final.

Con el valor de N en 270 unidades, el valor máximo que se podría ofrecer al ministerio por la concesión de la frecuencia sería de \$2.761.322.500 valor tomado bajo el escenario total pesimista. El pago para el primer año por uso del espectro (VAC) según la fórmula (1) sería de \$ 1.029.637.980, cifra que es bastante alta para el posible operador de una ciudad y seguiría en contra de una política de masificación de banda ancha.

El modelo de negocio permite tener un gran acercamiento a los diferentes factores regulatorios que pueden impactar económicamente en una empresa de servicios de banda ancha y por ende el mercado en el que se desarrolla. Con base en los resultados anteriores, es importante analizar nuevamente aspectos como

pagos por concesión y uso de frecuencia para alcanzar el objetivo de masificar banda ancha, donde tecnologías inalámbricas como WiMAX, pueden llegar a jugar el papel más importante.

7. RECOMENDACIONES

El pago anual por uso del espectro radioeléctrico, va en contra de la política de masificación de banda ancha y es relevante ante la fijación de tarifas al usuario final por parte del posible operador. Se recomienda anular el pago mediante una excepción al decreto 1972 de 2003 con N = 0, bajo la exigencia que el pago a realizar al ministerio contemplado con el decreto 2925 de 2005, sea transferido a la reducción de tarifas en el usuario final ó que sea remplazado por metas de cumplimiento en crecimiento de clientes, donde al no cumplirse se sancione con multa.

Evaluar los métodos actuales de asignación de frecuencias y selección de operadores, de tal forma que se otorguen las licencias bajo criterios como metas de penetración, tarifas, cobertura, subsidio de terminales, etc, seleccionando los que realmente incentiven la competencia.

Evitar que operadores que ya cuentan con redes para ofrecer banda ancha, puedan llegar a tener autocanibalización por la posibilidad de ofrecer en la misma zona dos tipos de tecnologías, Ej. : WiMAX o xDSL o Cable. Esto se puede presentar con los operadores que tienen licencias nacionales y cuentan con una red de cobre, donde les resulta más rentable y fácil ofrecer xDSL que montar una red inalámbrica, se recomienda definir metas de cumplimiento donde esté involucrada la tecnología que soporta el acceso de banda ancha para el usuario final.

8. CONCLUSIONES

WiMAX será un paso tecnológico importante en el camino hacia la convergencia y la movilidad, al desarrollo económico, educativo, tecnológico y social del país, puede convertirse en la estrategia principal para acceder aún más a la sociedad de la información.

Las características técnicas de WiMAX permitan realizar rápidos despliegues y llegar a zonas de difícil acceso, a usuarios particulares con alta velocidad de transferencia y mejores costos.

La introducción de tecnologías inalámbricas como WiMAX pueden llegar a reactivar el mercado de banda ancha en Colombia, siempre y cuando se encuentre bajo esquemas regulatorios favorables que motiven a que los operadores estén en competencia, ofreciendo bajos precios.

Los pagos anuales por uso del espectro radioeléctrico son muy altos, razón por la cual los operadores deben tener alternativas para solventar estos costos, como incremento de tarifas para el usuario final o reducción de costos en infraestructura (Reducir la calidad del servicio). Cualquier alternativa dispersa el objetivo de masificación de banda ancha.

Es necesario buscar nuevos procedimientos para asignación de frecuencias, diferentes a los que normalmente se utilizan (Subasta - Beauty contest) y plantear una selección donde estén contempladas metas de penetración, tarifas, cobertura con planes de desarrollo y crecimiento en banda ancha.

Se realizó una correcta selección de la frecuencia de operación para WiMAX 3.5Ghz, y se continuará en la búsqueda de nuevas posibilidades de frecuencia para ofrecer servicios de banda ancha inalámbrica.

Los criterios de selección para los operadores en cuanto a bandas nacionales, no favorecen el desarrollo de WiMAX, ya que estos también podrían ofrecer xDSL por la infraestructura de red actual que poseen.

La creación de un plan de negocio es muy importante, ya que permite realizar un análisis financiero y de mercado de los elementos involucrados, teniendo en cuenta aspectos técnicos y regulatorios.

Ante un proceso de selección objetivo donde se contemple un pago de dinero por la frecuencia de operación (Caso subasta - híbrido subasta Beauty Contest), es necesario tomar el escenario más adecuado proyectado, donde se pueda calcular el pago máximo que se puede ofrecer, de esta forma no afectar el flujo de caja del negocio y éste deje de ser rentable.

REFERENCIAS

- [1] Comisión de Regulación de Telecomunicaciones - CRT, Informe sectorial Telecomunicaciones, Marzo 2005, Diciembre 2005
- [2] Comisión de Regulación de Telecomunicaciones - CRT. Promoción y Masificación de los Servicios de Banda Ancha en Colombia – Versión II Bogotá, D.C. Marzo de 2005. Disponible en la página Web: <<http://www.crt.gov.co>>.
- [3] PYRAMID RESEARCH – CINTEL, Análisis de mercado de servicios de banda ancha en Colombia., Diciembre de 2003
- [4] WiMAX FORUM. “Business Case Models for Fixed Broadband Wireless Access based on WiMAX Technology and the 802.16 Standard”. 10 Octubre –2004.
- [5] WiMAX Forum. “WiMAX’s technology for LOS and NLOS environments”. Agosto de 2004
- [6] IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN™ Air Interface for Broadband Wireless Access. Junio de 2002
- [7] Intel, IEEE 802.16* and WiMAX, Broadband Wireless Access for Everyone. White Paper.
- [8] IEEE Std 802.16-2004. Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems. Octubre de 2004
- [9] Ministerio de Comunicaciones. Cuadro de atribución de bandas de frecuencia. 2001
- [10] Grupo de análisis y prospectiva del sector de las telecomunicaciones. WiFi Análisis Diagnóstico y políticas públicas. Noviembre de 2003
- [11] David Tiper. Emerging technology. Abril 2005
- [12] WiMAX Forum. Boletín semanal de telecomunicaciones, Volumen 4, Número 52. Agosto de 2004.
- [13] Alcatel, WiMAX, making ubiquitous high-speed data services a reality. White Paper.
- [14] M, Plazas “Diseño de una red de Área Metropolitana 802.16 IEEE Aplicada a la ciudad de Bogotá”. Universidad de los Andes – Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica”. Bogotá D.C. 2005.

[15] WiMAX FORUM. "Business Case Models for Fixed Broadband Wireless Access in emerging markets". June–2005.

[16] Documento Conpes 3371. "Lineamientos de política para la utilización eficiente de tecnologías de banda ancha inalámbricas en la banda de 3.5 Ghz". República de Colombia, Ministerio de Comunicaciones. Bogotá, 18 de agosto de 2005.

[17] Ministerio de comunicaciones. Resolución 2064, Septiembre 15 de 2005

[18] Ministerio de comunicaciones. Resolución 2070, Septiembre 16 de 2005

[19] Comisión de Regulación de Telecomunicaciones – CRT – Informe de Internet Diciembre 2003

[20] Comisión de Regulación de Telecomunicaciones – CRT – Informe de Internet Diciembre 2004

[21] WiMAX FORUM. "WiMAX deployment considerations for fixed wireless access in the 2.5GHz and 3.5GHz licensed bands". June–2005.

[22] Comisión de Regulación de Telecomunicaciones – CRT – Definiciones regulatorias para la promoción de la oferta de banda ancha en Colombia, Marzo de 2005

[23] Centro de investigación de las Telecomunicaciones - CINTEL, Memorias seminario "Visión de redes WiMAX", Septiembre 2005

[24] Asociación colombiana de empresas de internet – ASONET, Memorias "Foro sobre asignación del espectro radioeléctrico", Octubre 24 de 2005

[25] Asociación Colombiana de Ingenieros - ACIEM, Memorias seminario "WiMAX, perspectivas y retos de la banda ancha inalámbrica", Noviembre 25 de 2005

[26] K, M, Mokate, Evaluación financiera de proyectos de inversión, Ed. Uniandes-Alfaomega, 2004

[27] Referencias sitios Web

www.crt.gov.co

www.cintel.org.co

www.mincomunicaciones.gov.co

www.wimaxforum.org

www.intel.com

www.fcc.gov

www.ieee802.org

www.apertonet.com
www.banrep.gov.co

ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave access. Tecnología de acceso inalámbrico de banda ancha como red de área metropolitana.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

IEEE 802.X: Grupo de estándares del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). El correspondiente a WiMAX es IEEE 802.16, el de WiFi es el IEEE 802.11.

DSL: Digital Subscriber Line tipo de tecnología que permite la transmisión de información a una rápida velocidad por medio de la línea telefónica.

Cable HFC: Tecnología de banda ancha que permite transmisión de información a altas velocidades sobre una red HFC, se ofrecen paquetes de televisión e Internet.

Bluetooth: Tecnología inalámbrica personal para intercambio de información.

QoS: Calidad de servicio.

Hot Spot: Punto de concentración de red inalámbrica para acceso al core.

WISP: Proveedor de servicio de Internet inalámbrico.

DOCSIS: Conjunto de estándares para cable módems, permiten tener el control de la tasa de transferencia de datos.

VPN: Red Privada Virtual

CRT: Comisión de regulación de telecomunicaciones.

MAC: Capa de control de acceso al medio

PHY: Capa física

QoS: Calidad de servicio

ATM: Modo de transferencia asíncrona.

TDM: Multiplexación por división de tiempo

TDMA: Acceso múltiple por división de tiempo

BS: Estación base

SS: Estación suscriptora

RLC: Control de radio enlace

DHCP: Protocolo de control de host dinámico

PDU: Unidad de datos de protocolo

SDU: Unidad de datos de suscriptor.

VLAN: Red de Área Local Virtual

ETHERNET: Norma que rige red de datos según la forma en que se envían y reciben datos sobre el medio físico.

ANEXO 1

1. RESUMEN TÉCNICO ESTÁNDAR IEEE 802.16X

El estándar IEEE 802.16a se enfoca a reunir el desarrollo de las especificaciones de la capa física como base de mejora a la capa MAC. En el presente documento se mostrarán algunas de las características de la capa MAC y capa PHY del IEEE 802.16.

1.1 CAPA MAC

La capa MAC de WiMAX fue diseñada para aplicaciones de acceso inalámbrico de banda ancha punto multipunto, lo que quiere decir altas tasas de transferencia tanto de subida como de bajada a las BS¹⁵. Debido a la demanda de servicios y al tráfico y usuarios, es necesario asignar una QoS con los tipos de tráfico. Además, el protocolo IEEE 802.16 MAC, debe soportar requerimientos de backhaul, incluyendo modos de transferencia asíncrona y protocolos basados en paquetes.

La capa MAC puede usar en forma eficiente el ancho de banda cambiando perfiles bajo condiciones de enlace favorables y cambia a condiciones confiables aunque menos eficientes, alternativas requeridas para soportar una disponibilidad de 99.999%. Tiene características de escalabilidad, eficiencia y auto corrección. El sistema de acceso 802.16 no pierde eficiencia cuando tiene múltiples conexiones por terminal, múltiples niveles de QoS por terminal y un gran número de usuarios estadísticamente multiplexados.

¹⁵ BS: Estación Base

La capa MAC tiene una subcapa de privacidad que permite la autenticación de acceso a la red y establecimiento de la conexión para evitar el robo del servicio, proporciona intercambio de claves y encriptación para privacidad de datos.

Para el caso de IEEE 802.16a con frecuencias de 2 a 11 Ghz, se actualizó la capa MAC con sistema de requerimiento de respuesta automática (ARQ) y soporte para arquitecturas de red en malla y no solamente punto a multipunto.

La capa MAC tiene subcapas que hacen interfase con capas superiores:

1.1.1 Concentración de Subcapas

El estándar IEEE 802.16 define dos subcapas para mapeo de servicios hacia y desde las conexiones de la capa MAC de 802.16. La subcapa ATM está definida para servicios ATM, y la subcapa de paquetes está definida para mapear paquetes de servicios tales como IPv4, IPv6 y Ethernet y redes de área local virtuales (VLAN). La primera tarea de la subcapa es clasificar unidades de datos de servicios (SDUs) para la adecuada conexión MAC, preservar o habilitar QoS y la asignación de ancho de banda. También puede desempeñar tareas como supresión de encabezado de carga útil y reconstrucción para mejorar la eficiencia del enlace.

1.1.2 Subcapa Común

La capa MAC ha sido diseñada para soportar arquitectura punto multipunto con una estación base central que maneja múltiples sectores independientes simultáneamente. En el Downlink, los datos a las estaciones suscriptoras (SSs¹⁶)

¹⁶ SS: Estaciones suscriptoras

son multiplexadas en forma de TDM. El Uplink es compartido entre las SSs en forma de TDMA.

La capa MAC está orientada a la conexión. Todos los servicios incluidos los sin conexión son mapeados a una conexión. Esto brinda un mecanismo para demanda de ancho de banda, asociando QoS y parámetros de tráfico, transporte y enrutamiento de datos a la subcapa apropiada, y todas las acciones asociadas con los términos contractuales del servicio. Las conexiones son referenciadas con 16 bits CIDs¹⁷ identificadores de conexión y pueden requerir un ancho de banda garantizado o un ancho de banda por demanda.

Cada SS tiene una dirección MAC estándar de 48 bits, que sirve como un identificador del equipo. La SS tiene asignadas tres gestores de conexión en cada dirección. Esas tres conexiones reflejan los tres requerimientos de QoS utilizados por diferentes niveles de gestión. El primero es la conexión básica utilizada para la transferencia de cortos tiempos críticos MAC y mensajes de control de radio enlace RLC. El gestor de conexión primario se utiliza para transferir mensajes de autenticación y fijación de la conexión. El gestor de conexión secundario se utiliza para transferir mensajes de gestión como Protocolo de Configuración de Host Dinámico DHCP, Protocolo de transferencia de archivos Trivial TFTP, Protocolo simple de gestión de redes SNMP. Las conexiones de transporte son unidireccionales para facilitar parámetros de tráfico y QoS de Uplink y Downlink. La capa MAC reserva adicionalmente otras conexiones para otros propósitos. Una conexión para accesos iniciales basados en contención. Otra para transmisión broadcast en el downlink, conexiones para multicast.

¹⁷ CID: Identificadores de conexión

1.1.2.1 Formatos MAC PDU

La PDU MAC es la unidad de datos intercambiada entre la capa MAC de la BS y sus SSs. Una PDU MAC consta de un encabezado de longitud fija, una carga útil de longitud variable y un chequeo de redundancia cíclica (CRC). Se definen dos encabezados: el encabezado genérico y el encabezado de requerimiento de ancho de banda (Figura 2).



Figura 1. Formato PDU MAC

IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN™ Air Interface for Broadband Wireless Access. Junio de 2002

Tres tipos de subencabezados MAC se pueden presentar. Un subencabezado de gestión se utiliza por una SS para transmitir las necesidades de gestión. Un subencabezado de fragmentación contiene información que indica la presencia y orientación en la carga útil de algún fragmento de SDUs¹⁸. El subencabezado de empaquetamiento indica el paquete de múltiples SDUs en una única PDU¹⁹. Los dos primeros subencabezados pueden insertarse en la PDU MAC después del encabezado genérico. El subencabezado de empaquetamiento se puede insertar después de cada SDU MAC.

¹⁸ SDU: Unidad de datos de suscriptor

¹⁹ PDU: Unidad de datos de protocolo

1.1.2.2 Transmisión de PDUs MAC.

802.16 soporta protocolos tales como ATM o IP. Los SDUs MAC entrantes, de subcapas son formateados de acuerdo al formato PDU MAC, posiblemente con fragmentación y empaquetamiento, antes de ser transmitidos sobre una o varias conexiones según el protocolo MAC. Después de atravesar el enlace aéreo, PDUs MAC se reconstruyen nuevamente en SDUs MAC originales, por lo tanto cualquier modificación realizada por el protocolo capa MAC es transparente para la entidad receptora.

La fragmentación es un proceso en el cual un SDU MAC se divide en uno o más fragmentos SDU MAC. El empaquetamiento es el proceso mediante el cual múltiples SDU MAC se empaquetan en una sola carga útil PDU MAC. Los dos procesos se pueden iniciar tanto en la BS para Downlink como en la SS para una conexión Uplink.

IEEE 802.16 permite simultáneamente fragmentación y empaquetamiento para el uso eficiente del ancho de banda.

La capa MAC IEEE 802.16 soporta ambos TDD y FDD. En FDD, downlinks continuos y en ráfaga son soportados. Para Downlinks continuos permiten ciertas técnicas de mejora fuertes tales como el interleaving. El segundo (También FDD y TDD)²⁰ permiten el uso de avanzadas y fuertes mejoras técnicas en la capacidad y sistemas de antena.

La capa MAC construye la subtrama del enlace de bajada, iniciando con la trama de la sección de control y contiene los mensajes DL-MAP y UL-MAP.

²⁰ TDD: Time division multiplex
FDD: Frequency division multiplex

1.1.2.3 Control de Radio enlace.

La tecnología avanzada de la capa física de 802.16 requiere igualmente un control de radio enlace, particularmente la capacidad de la capa física para pasar desde un perfil en ráfaga hacia otro. El RLC debe controlar su capacidad muy bien.

RLC inicia con periódicos broadcast de ráfagas que han sido escogidos por el uplink y downlink. Los perfiles de ráfaga utilizados en un canal se escogen basados en un número de factores, tales como lluvia en la región y capacidad de equipos.

Tanto los perfiles de ráfaga de Uplink y de Downlink se etiquetan con el Código de Uso del intervalo UIUC y DIUC respectivamente.

1.2 CAPA FÍSICA PHY

Dentro de las especificaciones de la capa física se encuentra que dentro de la arquitectura punto – multipunto para el rango de 10 a 66 Ghz, las estaciones base, básicamente transmiten una señal TDM. Para el acceso Uplink, se utiliza el acceso múltiple por división de tiempo TDMA. En cuanto a la duplexión, permite duplexación por división de tiempo TDD, donde el canal es compartido y no transmiten simultáneamente y duplexión por división de frecuencia FDD, en el cual uplink y downlink operan en canales separados, algunas veces al mismo tiempo. Tanto TDD y FDD soporta perfiles en ráfaga adaptativos, en el cual las opciones de modulación y codificación se pueden asignar dinámicamente en una base ráfaga por ráfaga.

Para el caso del rango de 2 a 11 Ghz, la capa física está manejada por la necesidad de la operación con no línea de vista NLOS.

Existen 3 especificaciones de la interfaz aérea para 802.16a:

- WirelessMAN-SC2: Utiliza un formato de modulación de portadora única.
- WirelessMAN-OFDM: Utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal. El acceso es por TDMA. Esta interfaz aérea es obligatoria para bandas exentas de licencia.
- WirelessMAN – OFDMA: Utiliza acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal. En este sistema el acceso múltiple, se provee direccionando un conjunto de múltiples portadoras a receptores individuales.

Por los requerimientos de propagación, se utilizan sistemas de antenas avanzadas.

Se utiliza el sistema de corrección de errores hacia adelante FEC Reed Solomon GF(256), con un tamaño de bloque variable y capacidad de corrección de errores.

El sistema utiliza tramas de 0.5, 1 o 2 ms. Esta trama se divide en slots físicos para el propósito de asignación de ancho de banda e identificación de transiciones de la capa física. En TDD a diferencia de FDD, la subtrama del enlace de subida uplink, sigue la subtrama del enlace de bajada en la misma frecuencia portadora. En cambio en FDD, las subtramas Uplink y Downlink coinciden en tiempo, pero se llevan en frecuencias separadas. A continuación se presenta la subtrama del enlace de bajada.

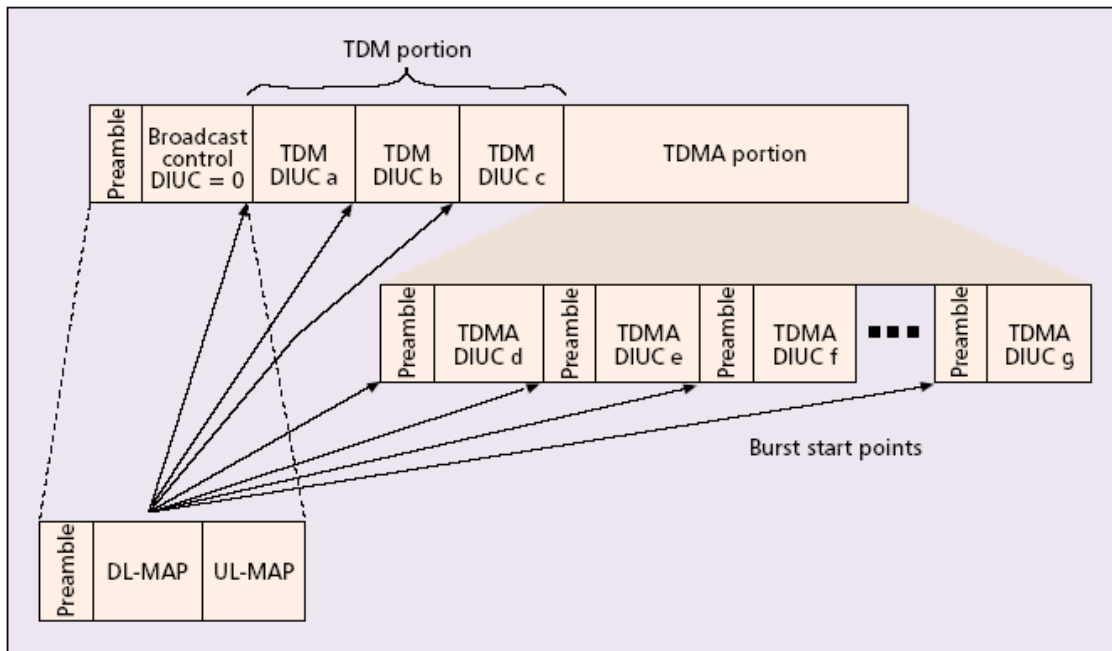


Figura 2 Estructura de subtrama del enlace de bajada

Fuente: IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN™ Air Interface for Broadband Wireless Access. Junio de 2002

La subtrama del enlace de bajada, empieza con una sección de control de trama que contiene el DL-MAP (Mapa del enlace de bajada) para la trama del enlace de bajada común, en tanto como el UL-MAP para un tiempo especificado en el futuro. La subtrama del enlace de bajada típicamente contiene una porción TDM inmediatamente sigue la sección de control de trama.

Los datos del enlace de bajada se transmiten a cada estación subscriptora utilizando un perfil en ráfaga negociado.

En sistemas FDD, la porción TDM se puede seguir por un segmento TDMA que incluye un preámbulo extra al inicio de cada nuevo perfil en ráfaga. Esta característica permite mejor soporte de estaciones subscriptoras half duplex, algunas pueden necesitar transmitir en la trama, antes de recibir. Debido a la

naturaleza half duplex, las estaciones suscriptoras pierden sincronización con el enlace de bajada. El preámbulo TDMA permite retomar la sincronización.

Debido a la dinámica de ancho de banda en demanda para la variedad de servicios que puede tener activos, la mezcla y duración de los perfiles en ráfaga y la presencia o ausencia de una porción TDMA, varía dinámicamente de trama a trama.

Una subtrama típica del enlace de subida para la capa física 10 – 66 Ghz se muestra en la figura 2. Diferente al enlace de bajada, el UL-MAP asigna ancho de banda a estaciones suscriptoras (SSs) específicas. Las SSs transmiten en su posición asignada utilizando el perfil en ráfaga especificado por el Código de uso de intervalo del enlace de subida (UIUC) en la entrada UL-MAP asigna su ancho de banda.

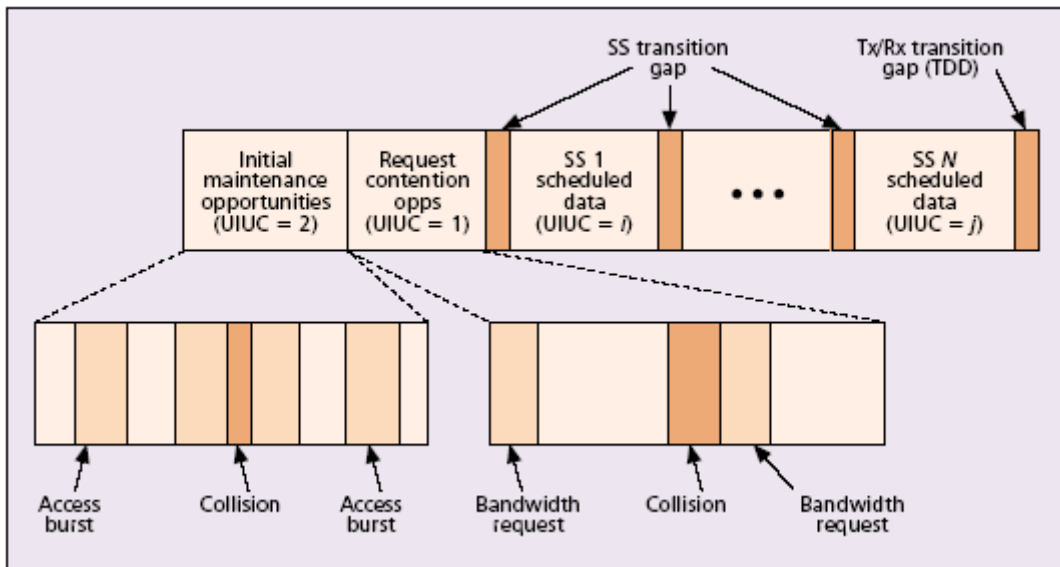


Figura 3 Estructura de subtrama del enlace de subida

Fuente: IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN™ Air Interface for Broadband Wireless Access. Junio de 2002

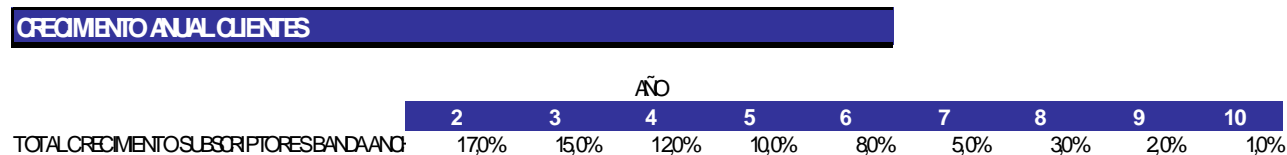
Entre la capa MAC y la PHY, se encuentra una subcapa de convergencia de transmisión (TC). Esta capa desempeña la transformación de la longitud variable MAC del protocolo de unidad de datos (PDUs) en los bloques de longitud fija FEC de cada ráfaga. Esta capa TC permite resincronización con el próximo PDU MAC en el evento que el bloque FEC previo tenga errores irreparables. Sin esta capa, una SS o una estación base que recibe, potencialmente perdería el resto de ráfagas cuando exista un error de bit irreparable.

ANEXO 2

El presente anexo contiene información del plan de negocio realizado para un operador entrante de banda ancha inalámbrica que utiliza tecnología WiMAX.

2.1 CUADRO DE SUSCRIPTORES POTENCIALES

SUSCRIPTORES NACIONALES		% CRECIMIENTO	% CRECIMIENTO	SUSCRIPTORES BA	% PARTICIPACION
Año	Suscriptores	NACIONAL	ANUAL BOGOTÁ	BOGOTÁ	BOGOTÁ
2003	64.436	-	-	-	-
2004	127.105	97,3%	-	-	-
2005	170.000	33,7%	-	119.000	70%
2006	210.000	23,5%	20,0%	142.800	68%
2007	245.700	17,0%	17,0%	167.076	68%
2008	284.000	15,6%	15,0%	192.137	68%
2009	353.934	24,6%	12,0%	215.194	61%
2010	404.496	14,3%	10,0%	236.713	59%
2011	455.058	12,5%	8,0%	255.650	56%
2012	505.620	11,1%	5,0%	268.433	53%
2013	556.182	10,0%	3,0%	276.486	50%
2014	606.745	9,1%	2,0%	282.016	46%
2015	606.745	0,0%	1,0%	284.836	47%
2016	606.745	0,0%	0,0%	284.836	47%
2017	606.745	0,0%	0,0%	284.836	47%
2018	606.745	0,0%	0,0%	284.836	47%
2019	606.745	0,0%	0,0%	284.836	47%
2020	606.745	0,0%	0,0%	284.836	47%

2.2 IMPUTS Y SUPUESTOS

ROTACIÓN DE CUENTAS	
C X C (Días)	45
C X P (Días)	30

TASA DE DESCUENTO (WACC)	
WACC Año	28%
WACC Trimestre	6,37%

IMPUESTOS	
Impuesto ICA (NA)	1,15%
Fee Gobierno (NA)	5%

TASAS DE CAMBIO	
TRM	2300,00

FACTOR PRESTACIONAL	
Prima Legal	8,3%
Vacaciones	4,2%
Cesantías	8,3%
Pensiones	7,3%
Salud	8,0%
Factor Prestacional	36,08%

2.3 ESCENARIOS DEL MODELO

CRECIMIENTO			
AÑO	ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO MODERADO (Mercado)	ESCENARIO PESIMISTA
Año 1	20%	19,0%	18,0%
Año 2	17%	16,0%	15,0%
Año 3	15%	14,0%	13,0%
Año 4	12%	11,0%	10,0%
Año 5	10%	9,0%	8,0%
Año 6	8%	7,0%	6,0%
Año 7	5%	4,0%	3,0%
Año 8	3%	2,0%	1,0%
Año 9	2%	1,0%	0,0%
Año 10	1%	0,0%	0,0%

TARIFA CUOTA MENSUAL (Variación sobre precio medio)			
	20%	0% TARIFA MEDIA (Mercado)	-25%
TIPO DE ACCESO	TARIFA ALTA	TARIFA MEDIA	TARIFA BAJA
Acceso de 128 Kbps	\$ 78.000	\$ 65.000	\$ 48.750
Acceso de 256 Kbps	\$ 90.000	\$ 75.000	\$ 56.250
Acceso de 512 Kbps	\$ 138.000	\$ 115.000	\$ 86.250

PARTICIPACIÓN POR TIPO DE ACCESO			
TIPO DE ACCESO	ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO MODERADO (Mercado)	
		ESCENARIO MODERADO (Mercado)	ESCENARIO PESIMISTA
Acceso de 128 Kbps	20%	50%	60%
Acceso de 256 Kbps	30%	25%	30%
Acceso de 512 Kbps	50%	25%	10%

2.4 INGRESOS PROYECTADOS AÑO 1 ESCENARIO OPTIMISTA

ESTRATEGIA DE PRICING

PRODUCTO	% CLIENTES	TARIFA COP (TRIMESTRE)	TARIFA CUOTA MENSUAL
Acceso de 128 KBps	20%	\$ 234.000	\$ 78.000
Acceso de 256 KBps	30%	\$ 270.000	\$ 90.000
Acceso de 512 KBps	50%	\$ 414.000	\$ 138.000

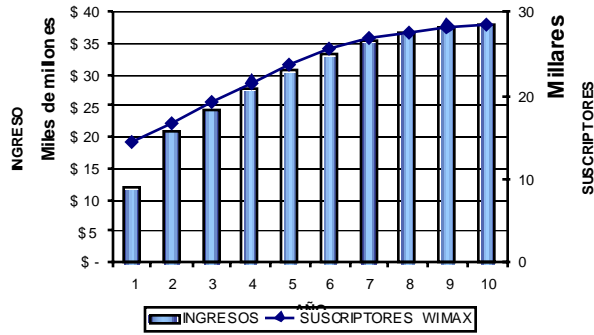
PROYECCION MERCADO POR PRODUCTO

		1T	2T	3T	1 4T
Acceso de 128 KBps	CLIENTE	714	1428	2142	2856
	INGRESO CLIENTES (+)	\$ 167.076.000	\$ 334.152.000	\$ 501.228.000	\$ 668.304.000
Acceso de 256 KBps	CLIENTE	1071	2142	3213	4284
	INGRESO CLIENTES (+)	\$ 289.170.000	\$ 578.340.000	\$ 867.510.000	\$ 1.156.680.000
Acceso de 512 KBps	CLIENTE	1785	3570	5355	7140
	INGRESO CLIENTES (+)	\$ 738.990.000	\$ 1.477.980.000	\$ 2.216.970.000	\$ 2.955.960.000
Total clientes		3570	7140	10710	14280
Total ingreso clientes		\$ 1.195.236.000	\$ 2.390.472.000	\$ 3.585.708.000	\$ 4.780.944.000

2.5 RELACIÓN NÚMERO DE USUARIO E INGRESOS

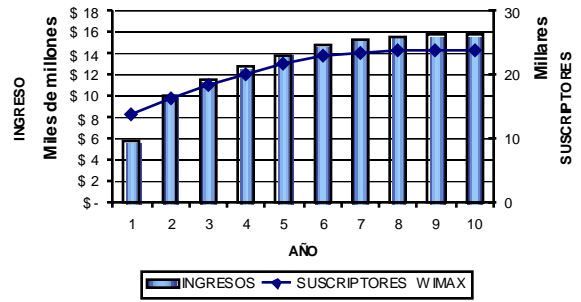
ESCENARIO OPTIMISTA

RELACION USUARIOS - INGRESO



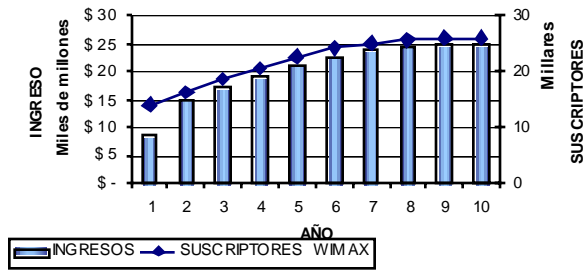
ESCENARIO PESIMISTA

RELACION USUARIOS - INGRESO



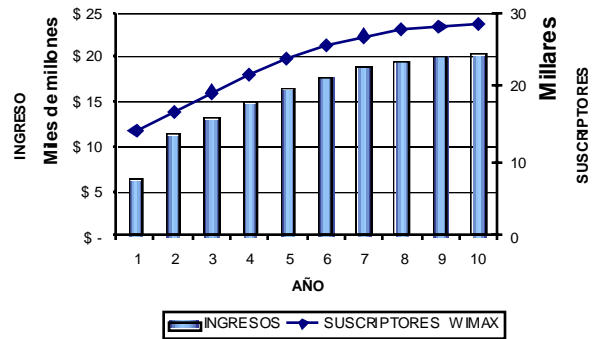
ESCENARIO MODERADO

RELACION USUARIOS - INGRESO



ESCENARIO IDEAL

RELACION USUARIOS - INGRESO



2.6 FLUJO DE CAJA AÑO 1

ESTADO DE RESULTADOS Y FLUJO DE FONDOS			
TRIMESTRE	1	2	3
INGRESOS			
Acceso de 128 KBps	\$ 261.056.250	\$ 522.112.500	\$ 783.168.750
Acceso de 256 KBps	\$ 150.609.375	\$ 301.218.750	\$ 451.828.125
Acceso de 512 KBps	\$ 230.934.375	\$ 461.868.750	\$ 692.803.125
TOTAL INGRESOS	\$ 642.600.000	\$ 1.285.200.000	\$ 1.927.800.000
EGRESOS			
Nómina	\$ 154.460.750	\$ 154.460.750	\$ 154.460.750
Comisión ventas	\$ 32.130.000	\$ 32.130.000	\$ 32.130.000
Administrativos oficina	\$ 26.175.000	\$ 26.175.000	\$ 26.175.000
Accesos en enlaces Internet E1s por número de clientes	\$ 20.755.273	\$ 41.510.547	\$ 62.265.820
Costo uso de espectro radioeléctrico	\$ 257.409.495	\$ 257.409.495	\$ 257.409.495
Facturación	\$ 3.570.000	\$ 7.140.000	\$ 10.710.000
Publicidad y mercadeo	\$ 19.278.000	\$ 38.556.000	\$ 57.834.000
CPEs Adicionales por crecimiento de clientes (Pago anual)	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento y operación de la red por outsourcing	\$ 64.260.000	\$ 128.520.000	\$ 192.780.000
INGRESOS QUE SE DEJAN DE PERCIBIR			
Churn	\$ 11.295.703	\$ 22.591.406	\$ 33.887.109
TOTAL EGRESOS	\$ 589.334.222	\$ 708.493.198	\$ 827.652.175
EBITDA	\$ 53.265.778	\$ 576.706.802	\$ 1.100.147.825
MARGEN EBITDA	8,29%	44,87%	57,07%
Depreciación	\$ 523.463.613	\$ 523.463.613	\$ 523.463.613
EBIT	\$ -470.197.834	\$ 53.243.189	\$ 576.684.213
Impuesto por pagar	\$ -	\$ -	\$ -
Net Income	\$ -470.197.834	\$ 53.243.189	\$ 576.684.213
(+) Gasto Depreciación	\$ 523.463.613	\$ 523.463.613	\$ 523.463.613
(-) CAPEX	\$ -	\$ -	\$ -
Working Capital			
C X C	\$ 963.900.000	\$ 1.927.800.000	\$ 2.891.700.000
C X P	\$ 589.334.222	\$ 708.493.198	\$ 827.652.175
Capital de Trabajo	\$ 374.565.778	\$ 1.219.306.802	\$ 2.064.047.825
Delta WC	\$ 374.565.778	\$ 844.741.023	\$ 844.741.023
INVERSION INICIAL	\$ 14.660.129.860		
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$ -14.660.129.860	\$ -321.300.000	\$ -268.034.222

CALCULO DEL VPN

VPN Flujo de Fondos	\$ 6.197.580.305
Total Inversión (Inicial + Liquidez)	\$ 14.660.129.860
VPN	\$ 6.197.580.305