

REDES INALÁMBRICAS FIJAS DE BANDA ANCHA PARA MULTISERVICIOS

Diógenes Mendoza Díaz
dmendoza@correo.inictel.gob.pe

*Bachiller de la Facultad de Ingeniería Electrónica,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú*

RESUMEN: La evolución tecnológica y la liberalización del mercado de las telecomunicaciones están permitiendo utilizar el espectro de radiofrecuencia para proporcionar servicios multimedia y acceso a Internet mediante redes inalámbricas fijas de banda ancha. Diversos operadores han entrado al mercado peruano con soluciones avanzadas y servicios de banda ancha. Este trabajo describe la evolución, las alternativas tecnológicas existentes, así como los segmentos de mercado a los cuales están orientados los servicios de las redes inalámbricas fijas.

ABSTRACT: The technological evolution and the liberalization of the market of the telecommunications are allowing to use the radiofrequency spectrum to provide services multimedia and access to Internet by means of fixed wireless network of broadband. Diverse operators have entered to the Peruvian market with advanced solutions and services of broadband. This work describes the evolution, the existent technological alternatives, as well as the market segments to which the services of the fixed wireless nets are guided.

Palabras Claves: WLL, MMDS, LMDS, MVDS, Acceso vía radio, Redes de banda ancha, Wireless IP.

I. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años la industria de las telecomunicaciones ha luchado contra el problema de evolucionar y a la vez utilizar la tecnología actual para ayudar a los operadores a seguir manteniéndose en un entorno competitivo que satisfaga las necesidades de comunicación de los abonados. A fin de minimizar las inversiones

requeridas durante la fase de evolución, es necesario definir una estrategia que permita aprovechar las ventajas de la arquitectura de las redes de banda ancha.

Por consiguiente, cualquier paso que se tome para la implementación de una red inalámbrica de banda ancha, debe facilitar la coexistencia e integración con los sistemas tradicionales de conmutación durante un determinado número de años. El reto fundamental es extender las redes IP existente con capacidades multiservicio escalables y al mismo tiempo suministrar las ventajas de las redes IP que hacen posible el crecimiento de Internet, la telefonía IP y otros servicios multimedia. Por otro lado, el uso del espectro de radio se ha regulado desde hace mucho tiempo y en un mercado con expansión, el procedimiento establecido por los gobiernos nacionales para la asignación del espectro está dando lugar a un proceso de regulación competitivo que involucra a órganos reguladores, operadores y fabricantes. La tendencia es armonizar el uso del espectro radioeléctrico con una gestión eficiente para la operación de las redes inalámbricas de banda ancha.

II. EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE BANDA ANCHA VÍA RADIO.

El uso de las tecnologías de radio para proporcionar servicios de telecomunicaciones tanto en el ámbito de usuario como en el ámbito empresarial se ha venido dando desde hace décadas con la aparición de los accesos analógicos de microondas. Las técnicas de acceso de radio fijas aparecen por la necesidad de extender los servicios básicos de telecomunicaciones en áreas geográficas de difícil cobertura cuya dispersión demográfica o cuya orografía hacen inviables el uso de otros medios que requiere obra civil y una importante inversión

en infraestructura. La utilización de la radio como técnica de acceso en redes fijas se viene utilizando hace bastante tiempo para satisfacer múltiples necesidades en mercados que han ido evolucionando en diversos entornos de regulación.

Inicialmente el despliegue de Sistemas de acceso por radio estuvo bastante marginado debido a las limitaciones que se tenía para realizar transmisiones en altas frecuencias que junto al despliegue de grandes redes de fibra óptica, único medio para transportar información a grandes velocidades, limitaron a las redes inalámbricas fijas a satisfacer servicios tradicionales por parte de los regímenes monopólicos de los operadores establecidos.

Sin embargo, los rápidos avances de la tecnología de semiconductores, concretamente el Arseniuro de Galio (AsGa) ha permitido la obtención de procesadores avanzados de señal, así como circuitos integrados monolíticos de microondas que junto con el avance tecnológico en el desarrollo de algoritmos de codificación, compresión y técnicas de modulación han sido factores cruciales para que las tecnologías de radiocomunicaciones tengan un gran avance y aceptación en el mercado de las telecomunicaciones, permitiendo de esta manera una notable evolución de las redes de banda ancha. Entre otros factores determinantes destaca la aparición de las tecnologías de radio digital, en su mayoría motivado por el surgimiento de las comunicaciones móviles alrededor del mundo y el gran esfuerzo de los fabricantes y organismos internacionales en la estandarización que han permitido bajar drásticamente los precios de tecnologías muy complejas.

Finalmente, la liberalización de los mercados de telecomunicaciones y el interés existente de organismos reguladores han hecho surgir la competencia y el interés de los operadores en la prestación de servicios de banda ancha, competencia en la que las redes inalámbricas de banda ancha juegan un papel importante para la prestación de múltiples servicios en todo el mundo, motivando el interés de muchos operadores que ven en esta tecnología un negocio próspero y rentable por la evolución significativa en las capacidades ofrecidas por estas redes.

Las redes inalámbricas de banda ancha en sus inicios estaban orientadas fundamentalmente a proporcionar telefonía en zonas rurales (POTS), zonas en la que es muy costoso hacer el despliegue de una red cableada.

A medida que se iban desarrollando nuevos servicios las redes inalámbricas fijas fueron migrando e incorpo-

rando servicios de datos e ISDN (Integrated Services Digital Network), estos servicios se consideran adecuados para entornos urbanos y suburbanos con una densidad de población relativamente media, en la actualidad en el Perú, existen muchas empresas que tienen licencias para operar, brindando servicios inalámbricos de banda ancha fijos distribuidas a nivel nacional, entre ellas están: Compsat, Impsat, Millicom, Telefónica, Americatel, Diveo, Digital Way, Velocom, Teleandina, etc. La figura 1, muestra la evolución de las redes Wireless de banda ancha. [Quilez, 2000]

III. SERVICIOS PUNTO A MULTIPUNTO

Las comunicaciones punto a multipunto ofrecen distintos servicios con diversos requisitos, funcionando en diversas bandas de frecuencia [UIT, 1994] y generalmente las señales viajan en dos sentidos (two-way) simultáneamente, desde o hacia la estación base hacia o desde los usuarios ubicados por toda la célula. La figura 2, muestra la cobertura celular de un sistema punto a Multipunto. [Hernández, 2000]

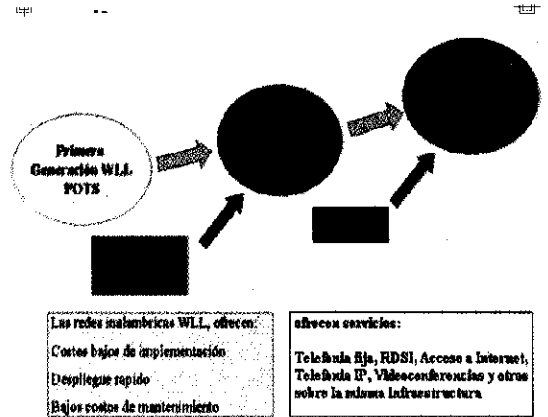


Figura 1- Evolución de las redes Wireless

Actualmente dada la evolución de las redes inalámbricas éstas pueden proporcionar servicios de Internet, comunicaciones en modo paquete, videoconferencia y servicios de voz tradicionales (telefonía fija). Todos estos servicios están orientados a entornos urbanos de tipo comercial, residencial y corporativos. Hoy en día las redes inalámbricas de banda ancha están en proceso emergente con un potencial de crecimiento importante a corto y mediano plazo, siendo redes escalables, ya que para prestar un nuevo servicio se necesita poca inversión por parte del operador.

La capacidad de multiservicio viene impuesta por la presencia cada vez mayor de Internet en todas las acti-

vidades del ser humano y la necesidad de optimizar adecuadamente los recursos de una red de acceso, que es una parte muy esencial desde el punto de vista económico para las inversiones de los operadores de red, es por eso que actualmente las redes inalámbricas de banda ancha tienen la capacidad de prestar múltiples servicios con una misma tecnología y con la misma infraestructura, servicios desde los más básicos (telefonía fija) hasta los realizados a través de paquetes de datos.

IV. BANDAS DE FRECUENCIA UTILIZADAS

Las redes de banda ancha han evolucionado debido al avance de la tecnología de microondas que permiten utilizar frecuencias cada vez más altas, que hacen viable la utilización de bandas reservadas para aplicaciones especiales ya sea en el área civil o militar.

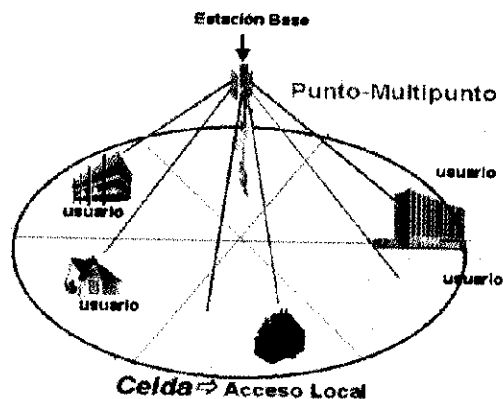


Figura 2-Sistema Punto a Multipunto

En sus inicios las bandas de frecuencia utilizadas operaban en frecuencias bajas, por debajo de 1 GHz, luego pasaron a utilizar frecuencias cada vez más altas permitiendo así anchos de banda mayores. En la actualidad las bandas de frecuencia para la operación de los sistemas de banda ancha se rigen por los organismos internacionales de estandarización y órganos reguladores de cada país, siendo similar en la mayoría de países.

Las bandas de frecuencia más interesantes para las aplicaciones de banda ancha de tipo Wireless Local Loop (WLL), son las siguientes:

- ♣ Banda de 2.4 GHz: Esta banda de frecuencia es muy utilizada para enlaces punto a punto para conectar locales de una misma empresa o a puntos distantes con velocidades de hasta 22 Mbps. También es uti-

lizada para enlaces punto a multipunto fijo. En la mayoría de casos se necesita tener un permiso para usar esta banda de frecuencia y en otros casos el uso de frecuencia es libre para bajos niveles de potencia a cortas distancias. [http://www.pcnnet.com.pe/wireless, 2003]

- ♣ Banda de 3.5 GHz: Banda muy utilizada para prestar servicios de banda ancha WLL. En algunos países las frecuencias utilizadas van de 3400 a 3600 MHz y otros países usan frecuencias de 3400 a 3700 MHz. Todas estas frecuencias son asignadas bajo licencias de operación, siendo utilizadas para prestar una diversidad de servicios incluidos los servicios multimedia. [OSIPTEL, 1999]
- ♣ Banda de 5.7 GHz: Al igual que la banda de 2.4 GHz es utilizada para comunicaciones de datos para enlazar redes LAN (conectando varios locales de una misma empresa), es utilizada para prestar servicios públicos según la legislación peruana. [PNAF, 2002]
- ♣ Banda de 26 y 28 GHz: Estas bandas de frecuencia corresponden a la tecnología denominada LMDS (Local Multipoint Distribution Service), permiten proporcionar grandes capacidades de acceso similares a los de Fibra óptica.
- ♣ Banda de 40 GHz: Esta frecuencia comprende a la tecnología MVDS (Multipoint Video Distribution System), tecnología que todavía no está madura y los sistemas aún están en prueba, como por ejemplo, en Inglaterra y otros países desarrollados. Dada su gran capacidad se espera que tenga un peso importante y de gran aceptación.

V. SISTEMAS DE ACCESO RADIO DE BANDA ANCHA

5.1 Sistema Wireless Local Loop (WLL)

Es un medio que provee enlaces locales sin cables, permitiendo a los operadores una capacidad de transmisión mayor a 1 Megabit por usuario, ofreciendo altos beneficios a los operadores que entran a competir en los mercados de telecomunicaciones, dichos operadores pueden desplegar servicios a los usuarios sin tener que pasar por las redes de los operadores tradicionales. WLL, es una arquitectura de acceso inalámbrico fijo muy rentable, innovadora y flexible que puede ofrecer servicios a los abonados residenciales, pequeñas y medianas empresas, oficinas, hogar, etc. Ver figura 3. [Hernández, 2000]

WLL surge debido a que la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones en el mercado mundial, tanto para voz como tráfico de Internet, han superado las expectativas de los fabricantes tecnológicos, logrando posicionarse como un elemento esencial en el diseño e implementación de las redes de acceso. Esta tecnología está siendo implantada en aquellas regiones de los países en desarrollo donde el acceso a las redes fijas resulta costoso brindando servicios a millones de suscriptores de una manera eficiente, evitando costos de despliegue de redes de cableado.

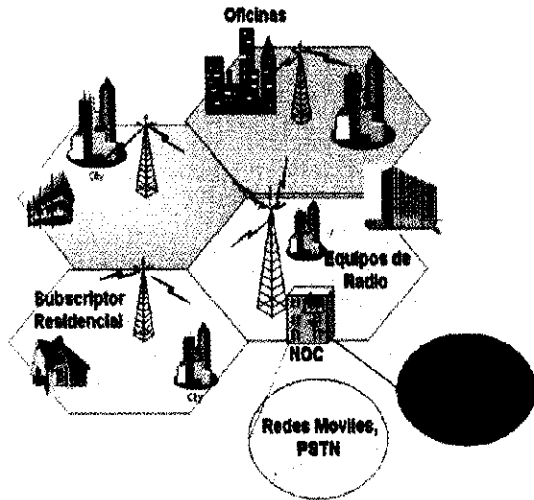


Figura 3 - Cobertura de una red inalámbrica de banda ancha.

La configuración de un sistema que utiliza WLL, esta basada en modelos celulares [UIT, 1994], cada célula tiene una área de cobertura donde se atiende a terminales fijos y/o inalámbricos de baja movilidad, de esta manera un sistema WLL se asemeja a un sistema celular móvil. La radio base se despliega para proveer la cobertura geográfica necesaria, cada radiobase se conecta a la red, a través de microondas o fibra óptica y utiliza una célula o varios sectores, manteniendo a los suscriptores dentro del área de cobertura y proporcionando conexión retorno a la red principal [UIT, 1994]. La figura 4, muestra la cobertura celular de la una red WLL, el área de cobertura es determinada por: la potencia del transmisor en la estación base, la frecuencia de operación, las características locales asociadas a la propagación, los modelos de radiación de las antenas en la estación base y en el suscriptor. [Hernández, 2000]

Los avances en la tecnología WLL, permite prestar servicios de alta calidad, tales como: telefonía fija inalámbrica, acceso a Internet, datos paquetizados, telefo-

nía IP, transmisiones basadas en protocolos H323. Las interfaces de las estaciones base son compatibles con enrutadores IP, switches, etc.

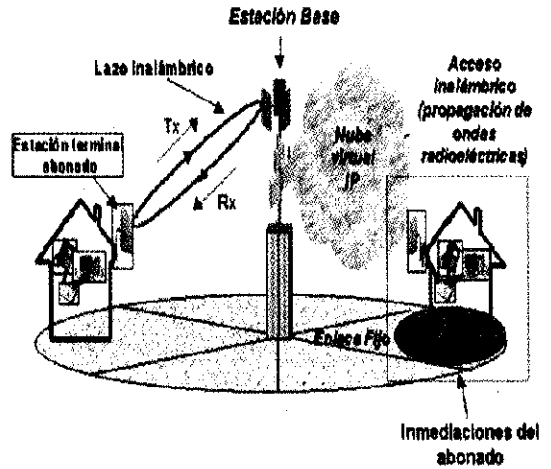


Figura 4 - Cobertura celular de una red WLL

5.1.1 Frecuencias de Operación

Las frecuencias más comunes utilizadas por el sistema WLL, en Latinoamérica son: 3400 a 3600 MHz y 3400 a 3700 MHz, donde la elección de la banda de frecuencia depende de cada país y de los equipos estándar existentes, en el caso de Perú la banda de frecuencia utilizada para los sistemas WLL está en el rango de 3400 a 3600 MHz.

El plan de frecuencia que ha regido la subasta de servicios WLL en Perú, establece dividir en cuatro bloques de frecuencia, cada bloque con dos segmentos de frecuencia de 25 MHz, establecida para cuatro operadores, dichos bloques han sido asignados a tres operadores bajo licencia, quedando un bloque libre.



Figura 5 - Canalización de la banda 3.5 GHz, para WLL

Se tiene un total de 8 bloques (desde la A hasta la H) de 25 MHz cada uno. [PNAF, 2002]

- Banda B y F:** Asignada a Telefónica del Perú S.A.A.
- Banda C y G:** Asignada a Americatel Perú S.A.
- Banda A y E:** Asignada a Millicom Perú S.A.

5.2 Sistema MMDS

MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Systems), es una tecnología que surgió en los años 80 para la distribución de programas de televisión en la banda de 2.5 GHz, que equivalían a los conocidos sistemas de distribución de televisión por cable coaxial. Dado que no llegaron a las cifras de mercado esperado, los operadores plantearon nuevas aplicaciones de esta tecnología, tal es así que los operadores empezaron a utilizar las frecuencias de MMDS para brindar servicios interactivos de voz, datos y acceso a Internet.

En MMDS, los datos se transmiten mediante microondas utilizando sistemas de multiplexación TDM (Time Division Multiplex) y el usuario utiliza un MODEM inalámbrico para recibir las señales, en este caso el concepto de MMDS original queda reducido a una porción de espectro que puede ser utilizado por cualquier sistema de acceso múltiple, siempre que se respete una canalización básica determinada por cada órgano de gestión del espectro de cada país.

5.2.1 Frecuencias de Operación

Las frecuencias más comunes están en el rango de 2300 a 2500 MHz, esta banda ha sido dividida en canales de ida y retorno, donde cada canal es de 4 MHz de ancho, han sido licitados a nivel nacional. [PNAF, 2002].

5.3 Sistema LMDS

LMDS (Local Multipoint Distribution Services), es una tecnología de comunicación, que al igual que WLL se basa en una concepción celular y de acuerdo con esta filosofía, los sistemas LMDS utilizan estaciones base distribuidas en zonas llamadas áreas de servicio, de forma que en torno a cada una de ellas se agrupa un cierto número de usuarios. LMDS tiene un enorme potencial en el escenario de las comunicaciones inalámbricas fijas de banda ancha, su importancia se debe fundamentalmente a tres razones: en primer lugar, un sistema LMDS se puede instalar y desplegar rápidamente en comparación a las tecnologías basadas en cables, estos sistemas pueden ser ampliados muy fácilmente gracias a su arquitectura modular; en segundo lugar, LMDS permite el acceso a Internet a velocidades altas para sectores residenciales y empresariales y en tercer lugar, LMDS presenta un importante potencial como tecnología de acceso (especialmente con redes de fibra óptica) y dado sus enormes posibilidades es una prometedora tecnología de gran valor estratégico en el marco de las telecomunicaciones de banda ancha; de tal

modo que se le confiere el carácter de fibra óptica virtual. [<http://www.iec.org/tutorials/lmds>, 2002]

En un sistema LMDS el transporte de las señales se realiza en dos sentidos desde o hacia un punto o hacia o desde múltiples puntos en distancias relativamente cortas, debido a que cada célula tiene un radio de cobertura de aproximadamente de 4 Km. La longitud de radio celular está limitado por la atenuación que se dan en transmisiones de alta frecuencia, como es el caso de LMDS.

Las señales de alta frecuencia siempre se han considerado inadecuadas para las comunicaciones terrestres debido a las reflexiones que ocurren cuando encuentran un obstáculo, sin embargo gracias a los avances de la tecnología electrónica y los sistemas digitales, se ha permitido aprovechar la ventaja que tienen las frecuencias altas en capacidades de ancho de banda. Al utilizar altas frecuencias en LMDS se requiere de la existencia de una línea de vista o camino sin obstáculos entre la estación base y la antena del abonado. Algunos operadores utilizan sistemas de potencia variable que junto a equipos detectores de lluvia, aumenta la potencia de transmisión en forma automática cuando existe desvanecimiento por la lluvia.

5.3.1 Frecuencias de Operación

Dado el ámbito de aplicación de las redes LMDS, para brindar servicios de banda ancha este sistema opera en frecuencias elevadas y las bandas de operación dependen de los órganos administradores de frecuencias de cada país. Las bandas de frecuencia más comunes son: 24 GHz, 26 GHz, 28 GHz, 31 GHz y 40 GHz.

En Perú un comité especial ha estructurado bloques en la banda de 28 GHz, en donde se espera otorgar dos grupos de bloques de espectro [CEPRI -TELECOM, 2001]:

- ♣ 215 +215 MHz en lima y 75 +75 MHz en provincias
- ♣ 210 +210 MHz en lima y 70 + 70 MHz en provincias

Otras empresas han obtenido licencia para operar en la banda de 10 GHz Y 38 GHz, para enlaces punto a multipunto en la ciudad de lima. [MTC/UECT, 2001].

En Estados Unidos, uno de los mercados donde se dio apertura en sistema LMDS, utiliza la banda de 24, 26, 28, 31 y 38 GHz, siendo el ancho de bloque más común el de 1300 MHz.

VI. VIABILIDAD TECNOLÓGICA

La infraestructura usada en una red inalámbrica fija de banda ancha, consiste esencialmente en el segmento de la estación base y el segmento del usuario, tal es así que entre los elementos técnicos fundamentales a considerar para evaluar un proyecto de una red inalámbrica están los usuarios, que aparecen como una función del tamaño de la célula, de la cantidad de células y de la potencia en la estación base para cubrir una determinada área. Paralelamente el tamaño de la radio de cobertura de una célula esta en función de las condiciones meteorológicas, de las zonas de sombra, tecnología de los equipos y de las frecuencias de operación.

Muchos sistemas inalámbricos de banda ancha son propietarios y abarcan una variedad de tecnologías y de configuraciones, se consideran propietarios porque no están disponibles en redes inalámbricas públicas y son modificadas según los requisitos particulares de una aplicación específica, generalmente no proporcionan movilidad y en algunos casos hace necesario que la tecnología propietaria sea la más eficaz para aplicaciones que no se pueden desarrollar por rentabilidad. [Boettler, 2001]

El segmento del usuario está formado por antenas y transmisores de baja potencia situados en lugares estratégicos de las residencias, oficinas comerciales, locales empresariales, etc. Las antenas captan la señal emitida por las estaciones base y a través de interfaces de red la convierten en voz, datos o vídeo.

El segmento de la estación base está formado por la propia estación sectorizada o omnidireccional según la planificación de cada operador, ubicada en lugares estratégicos y alturas adecuadas, la sectorización se realiza por cuestión de tráfico, ya que permite reutilizar las frecuencias, aumentando notablemente la capacidad del sistema y permitiendo realizar un uso eficiente del espectro radioeléctrico.

VII. BENEFICIOS

Las redes inalámbricas poseen una serie de potencialidades que los hacen muy atractivas para los operadores de servicios de telecomunicaciones, cabe destacar los siguientes:

Rápido despliegue, pueden desplegarse y ponerse en operación mucho más rápido que una red cableada.

Bajo costo de Inversión, los costos son reducidos para desplegar la infraestructura de cobertura en comparación a las redes cableadas, en la mayoría de casos se compensa con los costos de las licencias de operación.

Bajo mantenimiento de la red, la gerencia y los gastos de explotación en las áreas de despliegue son inferiores a las redes cableadas. El equipo inalámbrico es menos propenso a incidentes y menos vulnerable a robos, desastres naturales y humanos.

Crecimiento adaptado a la demanda, una vez realizado el despliegue inicial, la red tiene la capacidad de crecer proporcionalmente a la demanda, debido a que los terminales de usuario se instalan según la aparición de nuevos subscriptores en el área de cobertura.

VIII. SEGMENTOS DE MERCADO

Para determinar los segmentos de mercado donde las redes inalámbricas de banda ancha resultan ser adecuadas, es necesario analizar y determinar las necesidades y expectativas de los posibles abonados.

La disponibilidad y respuesta del mercado a los servicios y capacidades que las tecnologías inalámbricas ofrecen son factores claves para el éxito o fracaso de cualquier tecnología. Se puede distinguir los siguientes segmentos de mercado significativos:

- ♣ **Residencial.-** Realizan un uso predeterminante de los servicios de voz y TV, junto a un creciente acceso a Internet, con velocidades acordes con el tipo de usuario residencial de bajos y altos ingresos, estos últimos están dispuestos a pagar mayores velocidades de acceso.
- ♣ **Oficina domestica.-** Segmento también conocido como SOHO (Small Office, Home Office), que corresponde al perfil de pequeña empresa familiar o teletrabajador, para este segmento es indispensable tener una conexión permanente a Internet y otros servicios que las redes WLL les pueden brindar.
- ♣ **Pequeña y mediana empresa.-** Conocidas como PYMES que representan un 97.86% [INEI-MITINCI, 1995] del total de empresas en el Perú. Este es el segmento de mercado objetivo al que nuevos operadores que utilizan tecnologías inalámbricas dirigirán sus ofertas de múltiples servicios.
- ♣ **Grandes empresas.-** Este segmento de mercado se encuentra en diferentes zonas, cada empresa tienen varios locales con necesidades de comunicación

muy importantes de tipo internas y redes privadas de grandes anchos de banda.

La tabla 1, muestra los servicios requeridos por los segmentos de mercado, donde X representa el volumen de consumo de un servicio [Quilez, 2000]. Considerando dos factores limitantes como son el costo y las capacidades de servicio, se puede concluir lo siguiente:

- ♣ Las ofertas de servicios de las redes de banda ancha superan las necesidades del segmento residencial bajo por lo que no es aconsejable su aplicación.
- ♣ El segmento de grandes empresas, supera las capacidades de las redes de banda ancha, por lo que es aconsejable utilizar otras soluciones mas adecuadas, con grandes capacidades de ancho de banda, siendo los enlaces de fibra óptica los mas adecuados
- ♣ Para los segmentos intermedios (SOHO, PYMES), las redes de banda ancha son muy adecuadas y tiene grandes posibilidades de aplicación, debido a la distribución de las PYMES en las diferentes zonas de la ciudad. Ver figura 6 [Boettle, 2001].

Tabla 1. Segmentos de Mercado

	Voz	TV	Internet	Videoconferencia
Residencial	X	X	X	
SOHO	X	X	XX	
PYME	XX		XXX	X
Gran Empresa	XXX		XXXX	XX

IX. CONCLUSIONES

Las redes inalámbricas de banda ancha, aparecen como alternativas tecnológicas reales para prestar múltiples servicios de alta capacidad. Las soluciones de banda ancha, gracias a su gran potencial para proporcionar altas velocidades de acceso, son idóneas para zonas urbanas de media y alta densidad de población, siendo las PYMES el segmento de mercado al que mejor se adapta las redes inalámbricas, por lo que muchos operadores ven a las PYMES como su segmento de mercado objetivo. Los grandes beneficios para el despliegue, operación y mantenimiento de una red inalámbrica, permiten ofrecer soluciones avanzadas y de alta capacidad. Por otro lado, la aparición de nuevos operadores con licencia ofrecen un nuevo paradigma en la

liberalización del mercado de telecomunicaciones, ocasionando una reducción de los costos y un incremento en la capacidad de los servicios.

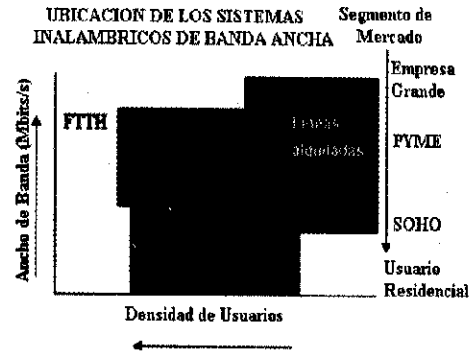


Figura 6 - Segmentos de Mercado de las redes WLL

Para la planificación de una red de banda ancha se deben considerar diversos aspectos, si se desea tener un buen diseño, determinando en primer lugar las normas existentes en nuestro medio, las tecnologías existentes, la situación del mercado que abarca la predicción de los posibles usuarios, la situación de los competidores y por último la cobertura geográfica.

X. REFERENCIAS

Boettle, Dietrich. Acceso por Radio Fijo de Banda Ancha. Revista de Telecomunicaciones de Alcatel. 2001.

Hernández F., Conferencia WILL-IP, Universidad de la Frontera, 2000

Huidobro, José M. 2001

Kiernan, Dan. Impacto de la Normativa en el Mercado de los nuevos Servicios Multimedia. Revista de Telecomunicaciones de Alcatel. 2001.

OSIPTEL. Canalización de la Banda de Frecuencia 3400 – 3600 MHz. Marzo 1999.

OSIPTEL. Tendencias de los Servicios de Telecomunicaciones Inalámbricas en el Perú. Seminario Internacional. Abril 2001.

PNAF - Plan Nacional de Atribución de Frecuencias p. 65–67. 2000.

Quilez, Vicente. Banda Ancha vía radio. 2000.

UIT, Recomendaciones - R: F.755-1, F. 757, F. 758. 1994.

Páginas consultadas:
<http://www.iec.org/tutorials/lmds>, acceso: abril 2003.
<http://www.pcnet.com.pe/wireless>, acceso: mayo 2003.