

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



**PLANIFICACION Y DISEÑO DE UNA RED INALAMBRICA WIMAX
PARA LA CIUDAD DE CUSCO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

ENRIQUE MIGUEL LEON CHAÑI

PROMOCION

1996 – II

LIMA – PERU

2008

FORMATO B

PLANIFICACION Y DISEÑO DE UNA RED INALAMBRICA WIMAX

PARA LA CIUDAD DE CUZCO

SUMARIO

Los nuevos requerimientos de los Operadores por sistemas de acceso, así como el incremento de la demanda de los usuarios por ancho de banda han sido las fuerzas que han impulsado el desarrollo de los sistemas de Banda ancha inalámbrica. En este contexto los sistemas de acceso inalámbrico se perfilan como técnicas de acceso competitivas y complementarias a los sistemas de cobre y fibra óptica. Se implementan con enlaces de microondas punto – multipunto y una arquitectura similar a la celular.

En el presente Informe se analizan los aspectos necesarios para el desarrollo y despliegue de una Red inalámbrica en la ciudad de Cusco, se describen los campos que deben conocer los planificadores para la implementación de esta solución: El legal, técnico y económico; este último punto analizado desde el enfoque de costos de infraestructura y equipamiento. Se definen los posibles tipos de clientes a atender y su tipo de necesidad. Se comparan tecnologías de última milla y se resumen las ventajas que presenta la tecnología WIMAX (World Interopability Microwave Access / Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) sobre las demás para su aplicación en la zona de Cusco.

En resumen, el desarrollo de este Informe tiene por objetivo brindar los criterios que debe considerar los Operadores para el diseño y planificación de una Red Inalámbrica empleando tecnología WIMAX (IEEE 802.16-2004(d)) para la ciudad de Cusco.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| PROLOGO | 01 |
| CAPITULO I | |
| ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL | |
| 1.1 Diagnóstico | 03 |
| 1.2 Area de Negocios | 05 |
| 1.3 Marco Legal | 07 |
| 1.3.1 Descripción General | 07 |
| 1.3.2 Espectro Radioeléctrico | 09 |
| CAPITULO II | |
| TECNOLOGÍAS DE ACCESO (ÚLTIMA MILLA) | |
| 2.1 Introducción | 11 |
| 2.2 Descripción Tecnología WIMAX | 12 |
| 2.2.1 Concepto | 12 |
| 2.2.2 Características | 13 |
| 2.2.3 Espectro Radioeléctrico | 16 |
| 2.2.4 Arquitectura | 19 |
| 2.3 Otras Tecnologías de Ultima Milla | 25 |
| 2.3.1 Tecnologías Alámbricas | 25 |
| 2.3.2 Tecnologías Inalámbricas | 29 |
| 2.4 Resumen | 31 |
| CAPITULO III | |
| PLANIFICACION Y DESARROLLO DE LA RED | |
| 3.1 Introducción | 33 |
| 3.2 Servicios a Brindar | 35 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 3.3 | Area de Cobertura | 38 |
| 3.4 | Estimación de la Demanda | 42 |
| 3.5 | Opciones de Arquitectura | 44 |
| 3.6 | Red de Acceso | 46 |
| 3.6.1 | Ubicación de las Estaciones Bases y de Conmutación | 48 |
| 3.6.2 | Plan de Frecuencias y Canalización | 48 |
| 3.6.3 | Planeamiento del Sistema de Celdas | 49 |
| 3.6.4 | Calculo de Propagación | 52 |
| 3.6.5 | Dimensionamiento del Equipamiento e Infraestructura | 55 |
| 3.6.6 | Especificaciones Técnicas del Equipamiento | 58 |
| | | |
| CAPITULO IV | | |
| COSTOS Y PRESUPUESTOS | | |
| 4.1 | Costos de Equipamiento | 60 |
| 4.2 | Costos de Infraestructura | 60 |
| | | |
| CONCLUSIONES | | 62 |
| | | |
| ANEXO A | | |
| EVOLUCION DE LAS LINEAS EN SERVICIO DE TELEFONIA | | 63 |
| | | |
| ANEXO B | | |
| CALCULO DE ENLACE RADIOELECTRICO | | 67 |
| | | |
| ANEXO C | | |
| ESPECIFICACIONES TECNICAS - EQUIPOS DE ESTACION BASE Y ABONADO | | 69 |
| | | |
| ANEXO D | | |
| ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TORRE AUTOSOPORTADA | | 74 |
| | | |
| BIBLIOGRAFÍA | | 76 |

PROLOGO

Las telecomunicaciones constituyen la espina dorsal de una nación. En la sociedad actual todos los aspectos de la vida diaria dependen de las Telecomunicaciones. La prosperidad, salud, educación y bienestar de un país dependen enormemente de la calidad y extensión con que son implantadas sus instalaciones de Telecomunicación. Las Telecomunicaciones no solamente ponen la información a disposición de las personas, sino que también cubren las necesidades básicas de las actividades industriales y comerciales

A pesar de que día a día los avances a nivel de las redes de comunicaciones tienden a crear una única red más consistente, de alta capacidad de tráfico, con mayor inteligencia y con un excelente nivel de confiabilidad, la cual ofrezca los servicios de transmisión de voz, datos, video y más; el transporte de la información en la **última milla** representa una de las áreas donde continuamente se invierte gran cantidad de tiempo de diseño e investigación, a fin de crear equipos y técnicas más eficientes que permitan a los usuarios finales integrarse a esta poderosa infraestructura de telecomunicaciones y aprovechar al máximo las ventajas y ancho de banda que ofrece la red para satisfacer sus necesidades de información.

La comunidad de negocios asigna actualmente un determinado valor a determinados atributos: velocidad, acceso instantáneo a fuentes de información, la necesidad de adaptarse a fluctuantes exigencias de los usuarios, ancho de banda, etc.

La Internet está alentando las exigencias por banda ancha inalámbrica. La Internet se mantiene en operación 24 horas al día, siete días a la semana. Esta creciendo más aceleradamente que cualquier otro medio de comunicación en la historia, ocho veces más rápido que la radio, y tres veces más rápido que la televisión. A consecuencia de esto es la creciente demanda de servicios por banda ancha para la transmisión de datos,

comunicación de voz y multimedia. Todo lo que la Internet tiene para ofrecer, no puede compararse con el desarrollo de otras tecnologías en el pasado.

La forma tradicional de proveer banda ancha adicional mediante líneas suplementarias, efectuando desplazamientos a redes de fibra óptica de amplia capacidad, etc., conlleva demasiado tiempo, es sumamente costoso y carente de flexibilidad.

El método alternativo es la **banda ancha inalámbrica**, donde una red de centros de transmisión y equipos receptores/transmisores de los clientes, ofrecen un medio oportuno y económico de conexión a servicios de banda ancha, dejando de lado los elevados costos y excesivas demoras asociadas a la instalación de líneas de cobre o de fibra óptica.

En este Informe se hace un diagnóstico de la situación actual, se describen las principales tecnologías de acceso alámbricas e inalámbricas, se definen las premisas y criterios para la planificación de una Red WIMAX según el siguiente contenido:

CAPITULO I: ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL: Se describirá el estado actual de las comunicaciones y el potencial que manifiesta la zona de estudio, planteamiento de la necesidad, se indicarán las áreas de negocio es decir indicar el tipo de abonado que será atendido empleando la tecnología de acceso WIMAX, y se describirá el marco legal.

CAPITULO II: TECNOLOGIAS DE ULTIMA MILLA: Se hace una descripción de las principales tecnología de acceso de última milla alámbricas y su comparación con tecnologías de acceso inalámbricas; precisando ventajas y desventajas.

CAPITULO III: PLANIFICACION Y DESARROLLO DE LA RED: En este capítulo se proporcionan las directrices para la Planificación y diseño del despliegue de una Red WIMAX de banda ancha, entre los que se destacan: Descripción de los servicios a brindar, área de cobertura, determinar los requerimientos de los usuarios y la capacidad de los enlaces, opciones de arquitectura. También se desarrolla el análisis de ingeniería que involucra el plan de frecuencias, canalización, ubicación de celdas, sectorización, cálculos de radiopropagación, etc.

CAPITULO IV: COSTOS Y PRESUPUESTOS: Se detallan los costos y presupuestos de la red a implementar.

CAPITULO I

ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL

1.1 Diagnostico

Entre los diversos componentes de la infraestructura económica de una nación, las **telecomunicaciones** tienen una trascendencia especial en un contexto en el cual la economía mundial se sustenta cada vez con más fuerza en la capacidad de establecer un flujo de información que garantice el funcionamiento de mercados eficientes e integrados. Diversos estudios demuestran que existe una asociación directa entre el grado de desarrollo económico y la evolución y utilización de las telecomunicaciones de un país.

La información se ha convertido en un factor de producción tan importante como el capital o el trabajo, y su relevancia tiende a profundizarse cada vez más. Las telecomunicaciones facilitan el acceso al mercado, mejoran los servicios a los clientes, reducen los costos e incrementan la productividad. Por ello, son hoy en día parte integral de los servicios financieros, de los mercados de productos, de los medios de comunicación, del comercio, del transporte, del turismo y de prácticamente toda actividad económica.

La apertura de las telecomunicaciones motorizó el flujo de inversiones hacia innovaciones tecnológicas que dan sustento a los nuevos servicios convergentes de voz y datos. Los medios radioeléctricos, que resolvieron un sinnúmero de escenarios en oportunidad de la digitalización de las redes, participan hoy en la oferta expansiva de tales servicios en los ámbitos urbanos a través de soluciones punto multipunto.

El Departamento de Cusco se encuentra ubicado en la zona sur-oriental del país, abarcando zonas de sierra y selva. A nivel de sus provincias la más poblada es Cusco que concentra el 29.75% de la población total de este departamento. Cuenta con una población de 348 493, y vive un proceso de explosión demográfica propiciado por el auge del turismo.

En la Tabla N° 1.1 se aprecian las actividades económicas más importantes de la Región Cusco, al 2006.

TABLA N° 1.1 PRODUCTO BRUTO INTERNO 2003-2006
(Millones de nuevos soles a precios corrientes)

| Cusco | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Agricultura | 563,00 | 669,00 | 719,00 | 927,09 |
| Construcción | 246,00 | 272,00 | 394,00 | 427,67 |
| Manufactura | 255,00 | 263,00 | 287,00 | 335,00 |
| Minería | 212,00 | 827,00 | 1 322,00 | 2 023,00 |
| Servicios | 3 481,00 | 3 800,00 | 4 061,00 | 4 560,52 |
| PBI Total | 4 757,00 | 5 831,00 | 6 783,00 | 8 273,28 |

Fuente: Perú en números 2007 - Instituto Cuanto

En este se puede apreciar que las actividades de servicios, minería y agricultura son las más importantes. El sector Turismo ha crecido significativamente en la última década, convirtiéndose en la región en la primera fuente generadora de divisas.

El turismo es un actividad que asocia negocios relacionados: hoteles, restaurantes y otros servicios, lo cual contribuye a generar un impacto positivo sobre el resto de las actividades económicas. Esta además conocido que el Cusco posee una gran cantidad de recursos en este sector, que son la base de su desarrollo lo que le ha valido el reconocimiento internacional, convirtiéndose en un gran atractivo para los visitantes de las mas diversas culturas y procedencias.

El sector minero que es el segundo factor económico más importante de la Región, aunque la producción de metales es bajo respecto al total nacional, es la producción de gas la principal fuente ya que representa el 70% de la producción nacional.

Es debido a estos potenciales y a la capacidad de crecimiento que manifiesta la Región, y al no estar ajena al desarrollo tecnológico, sumando a esto el aumento exponencial de los usuarios a la Internet, Cusco esta requiriendo contar con redes de acceso de banda ancha, que permitan satisfacer la demanda actual y futura, además de poder cubrir los nuevos servicios que están emergiendo.

En la actualidad algunos de estos servicios son atendidos por algunas empresas de Telecomunicación empleando diversas tecnologías (Como por ejemplo ADSL, RDSI, Cable Modem, etc.), pero sin poder cubrir la totalidad de los mismos y empleando

como ultima milla medios físicos de diversas características, además de no lograr una cobertura total en la zona de influencia.

En el Anexo A se muestran datos estadísticos de la evolución de las líneas en servicio de telefonía fija, móvil, publica; y lo que se puede destacar de estas es el crecimiento sostenido que presentan los mismos. Lo que nos da un indicativo de la **necesidad por servicios de comunicaciones** en la zona.

1.2 Area de Negocios

En el mundo de hoy, es evidente el incremento de la demanda de servicios multimedia a través de accesos de banda ancha. Esta innovación ha producido una revolución en el mercado de las telecomunicaciones y se ha convertido en un elemento motivador de los suministradores de equipos y servicios para implantar nuevas tecnologías y crear nuevas oportunidades de negocios.

Hablar de banda ancha significa referimos a la nueva generación de soluciones tecnológicas para la transmisión de grandes cantidades de datos, voz y video simultáneamente, a una velocidad muy superior a la de la conexión conmutada (o conexión telefónica). La banda ancha llega a suplir las necesidades de transmisión de contenido de gran tamaño por parte de los operadores de las redes, de manera tal que eventos como las videoconferencias, audio y video, juegos interactivos de gran calidad, transmisiones en vivo y servicios de voz en tiempo real, acceso a Internet a grandes velocidades, transmisión de datos, entre otros son, hoy en día, una realidad y la tecnología WIMAX permite al sistema transmitir estos servicios.

Un factor clave para el éxito de cualquier tecnología emergente lo constituye la predisposición del mercado para responder a los servicios y capacidades que dicha tecnología ofrece. Es necesario, por tanto analizar las necesidades y expectativas de aquellos segmentos de mercado donde las redes de acceso radio de banda ancha resultan más adecuadas.

Podemos distinguir los siguientes segmentos de mercado significativos en la zona de estudio:

- **Residencial Básico**, caracterizado por un uso predominante de los servicios de voz. Con un uso limitado (por motivos económicos), aunque creciente, de acceso a Internet, con velocidades no demasiado elevadas.
- **Residencial Alto**, realiza un mayor uso de Internet y está dispuesto a pagar por una mayor velocidad de acceso.

- **Oficina Doméstica**, también conocido por las siglas en inglés SOHO (Small Office, Home Office) que responde al perfil típico de Tele-trabajador o pequeña empresa familiar. Para este segmento una línea múltiple y conexión permanente a Internet son aspectos cruciales.
- **Pyme o Pequeña y Mediana Empresa**, este es un segmento de mercado que está descuidado pero que ha sabido asentarse y al que los nuevos operadores, especialmente los que entran al mercado con tecnologías radio, deben dirigir sus ofertas de Multiservicio. En este segmento podemos también considerar a: Hoteles, Restaurantes, Colegios, Institutos y Universidades.
- **Grandes Empresas**, con decenas o cientos de empleados y cuyas necesidades de servicios de comunicación son muy importantes. Normalmente se trata de empresas ubicadas en diferentes zonas y con una necesidad perentoria de comunicaciones internas y redes privadas.

Analizando la idoneidad de las redes de acceso para atender las demandas anteriores, y teniendo en cuenta dos factores limitantes como son el costo y las capacidades de servicios, obtenemos las siguientes conclusiones:

- Para el segmento residencial básico la oferta de servicios de las redes de acceso radio de banda ancha supera las necesidades de los usuarios, por lo que es posible que el costo haga desaconsejable su aplicación.
- Para el resto de segmentos intermedios las redes de acceso radio de banda ancha tienen buenas posibilidades de aplicación.

Del grupo residencial básico a pesar de ser un segmento que no consume mucho tráfico, es un segmento al que no debemos de obviarlo porque la tecnología WIMAX permite atender sus servicios de una forma rápida y sencilla, ya que el despliegue de una Red Inalámbrica así lo permite. Decir usuarios residenciales implica que se está atendiendo a un grupo de viviendas, ya que para un abonado en particular le bastaría tener conectado a la Red una PC y un teléfono, lo cual no implica mucho ancho de banda. Para WIMAX esto sería hacer un mal uso del ancho de banda el tener enlazado un abonado con estas características, pero para ello existen unos equipos llamados multiusuarios que permiten que un grupo de abonados puedan aprovechar el enlace de gran capacidad que llega hasta su edificio, condominio, etc. y hacer una

distribución hacia cada uno de ellos teniendo estos un equipo terminal con los puertos e interfaces necesarios para los servicios que requieran.

1.3 Marco Legal

1.3.1 Descripción General

El artículo 2º del Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 013-93-TCC, declara de interés nacional la modernización y desarrollo de las telecomunicaciones, dentro del marco de la libre competencia. Establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, fija la política de telecomunicaciones a seguir y controla sus resultados. Se precisa además que el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado que forma parte del patrimonio de la nación, y corresponde a esta entidad su administración, asignación y control.

La Resolución Ministerial N° 087-2002-MTC-15-03 establece la Norma de metas de uso de espectro radioeléctrico de servicios públicos de Telecomunicaciones, con la que se busca la eficiencia en la asignación del espectro y el logro del objetivo de su uso al menor costo y mayor beneficio. En consecuencia, se persigue el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones que satisfagan la demanda de los usuarios, las empresas y beneficien a la sociedad en su conjunto.

La ley general de Telecomunicaciones, clasifica los servicios en tres categorías:

- **Servicios Públicos:** Aquellos que están a disposición del público en general, como son los servicios telefónicos locales, de larga distancia y de telefonía celular.
- **Servicios Privados:** Aquellos a disposición de particulares autorizados.
- **Servicios de Radiodifusión;** Privados de interés público: aquellos que son de transmisión unidireccional, como la radio y la televisión

Este proyecto esta referido a brindar servicios multimedia de banda ancha (voz y datos), es decir un servicio público. Según nuestra legislación, para prestar servicios públicos de telecomunicaciones, se requiere contar con una concesión; además la empresa operadora deberá estar interconectada con otras compañías que brinden los mismos servicios o alguno de ellos.

Concesión es el acto jurídico mediante el cual el Estado cede a una persona natural o jurídica la facultad de prestar un servicio portador, final o de difusión con carácter público. La concesión se perfecciona mediante contrato escrito de concesión aprobado por resolución del Titular del Sector. La Dirección General de Concesiones en Comunicaciones, es el órgano encargado de otorgar dichas concesiones.

La concesión se otorga mediante una Resolución Ministerial. Esta política de concesiones busca promover el acceso al mercado de Servicios Públicos de Telecomunicaciones, garantizando condiciones de simplicidad, transparencia, flexibilidad, objetividad, celeridad, reserva, y equidad.

Asimismo, no existen restricciones en cuanto a la nacionalidad del capital para una concesionaria de servicios públicos de telecomunicaciones, pudiéndose ser esta, hasta en un 100% de propiedad extranjera, debiendo contar en este caso, necesariamente con domicilio legal en el país.

Mecanismos de Otorgamiento de Concesión:

- A solicitud de parte
- Por concurso público

La empresa operadora a la que se le otorgue la concesión este servicio, necesita brindar a sus abonados las facilidades necesarias para que tengan la posibilidad de comunicarse con abonados que no estén dentro de la misma red; de la misma manera por ejemplo que los abonados de otras empresas de telefonía puedan comunicarse con los abonados de una nueva empresa operadora, a esto se define como **Interconexión** y a la que están obligadas las empresas de comunicaciones a cumplir.

La red del servicio concedido, por su carácter de servicio público, cuando corresponda, tiene el derecho a, y la obligación de, interconectarse con otras redes de servicios públicos, en concordancia con los Planes Técnicos Fundamentales del Plan Nacional de Telecomunicaciones, los principios de neutralidad, no discriminación e igualdad de acceso, los términos y condiciones acordados de buena fe entre ellos; de conformidad con el Reglamento General, el Reglamento de Interconexión emitido por el OSIPTEL y demás normas complementarias.

Dentro de los beneficios de la Ley N° 28737 establece la Concesión Única para la prestación de todos los servicios públicos de Telecomunicaciones. Por lo que la concesión solicitada enmarcada dentro de esta ley para el desarrollo de este informe sería la de Portador Local y el registro para prestar servicios

de valor añadido. Para la prestación de servicios de valor añadido no se requiere autorización previa, siendo suficiente la inscripción de las empresas prestadoras en el registro pertinente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Entre las empresas establecidas y que brindan servicio de Telefonía fija, Telefonía móvil, Internet y Cable en la ciudad de Cusco podemos destacar: Telefónica del Perú, Movistar, Claro, Americatel Perú. TE. SA. M Perú, TELMEX Perú, WI-NET Perú, América Móvil del Perú, etc.

1.3.2 Espectro Radioeléctrico

La asignación de la banda para acceso fijo inalámbrico, permitirá una rápida expansión del servicio de banda ancha, ya que utiliza el medio radioeléctrico en todo o parte del bucle local o lazo de abonado, con menores costos, comparado con el esquema tradicional de planta externa alámbrica.

La Nota P73 del Plan nacional de Atribución de Frecuencias, aprobado con Resolución Ministerial N° 187-2005-MTC/03 establece que la banda comprendida entre 3400 - 3600 MHz esta atribuida a titulo primario para la prestación de servicios de telecomunicaciones utilizando sistemas de acceso fijo inalámbrico. El otorgamiento de concesión y la asignación del espectro para la explotación de dichos servicios será mediante concurso público de ofertas para la provincia de Lima y la provincia Constitucional del Callao

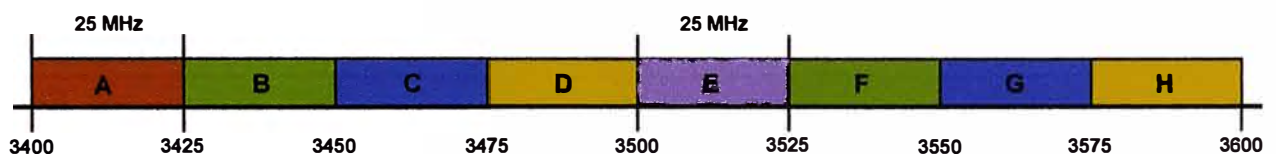


FIG. N° 1.1 Distribución de la banda comprendida de 3400 a 3600 MHz

Fuente: Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF)

Habiendo recibido el Ministerio de Transportes y Comunicaciones solicitudes de asignación de espectro radioeléctrico en la banda de 3400 -3600 MHz y después de una evaluación determinó mediante Resolución Directoral N° 0754-2007-MTC/17 la Restricción de la Disponibilidad de Frecuencias en esta banda en las provincias de Arequipa, Chiclayo y Trujillo (Bandas D4-H4 y D5-

H5), en la provincia de Piura (Bandas C-G, D4-H4 y D5-H5) y en la provincia de Ica (Bandas D1-H1, D2-H2, D3-H3, D4-H4 y D5-H5).

El artículo 123° del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones establece, que el otorgamiento de la concesión, así como las asignaciones de espectro que correspondan, se efectuarán obligatoriamente por concurso público de ofertas cuando en una determinada localidad o área de servicio, exista restricción en la disponibilidad de frecuencias o bandas de frecuencia disponible, para la prestación de un determinado servicio público de telecomunicaciones.

Por lo que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha fijado como tope para asignación y/u operación de espectro un valor máximo de 50MHz⁽¹⁾ por concesionario, tal que le permitan a los operadores realizar sus actividades sin limitar el desarrollo de los servicios y a la vez salvaguardar la competencia potencial en el mercado, evitando el acaparamiento del espectro.

Como no existe restricción alguna para la Ciudad de Cusco, la concesión del espectro para esta zona de provincia se realizará mediante Solicitud de Parte, y para el desarrollo del presente informe se ha seleccionado las Bloques C y G.

CAPITULO II

TECNOLOGÍAS DE ACCESO

(ULTIMA MILLA)

2.1 Introducción

A pesar de que día a día los avances a nivel de las redes de comunicaciones tienden a crear una única red más consistente, de alta capacidad de tráfico, con mayor inteligencia y con un excelente nivel de confiabilidad, la cual ofrezca los servicios de transmisión de voz, datos, video y más; el transporte de la información en la última milla (técnica de acceso al abonado o cliente) representa una de las áreas donde continuamente se invierte gran cantidad de tiempo de diseño e investigación, a fin de crear equipos y técnicas más eficientes que permitan a los usuarios finales integrarse a esta poderosa infraestructura de telecomunicaciones y aprovechar al máximo las ventajas y ancho de banda que ofrece la red para satisfacer sus necesidades de información.

En los países en desarrollo los sistemas de acceso inalámbrico se utilizan como un medio rápido y económico de desplegar las redes de telecomunicación. En cambio en los países desarrollados, el acceso inalámbrico es contemplado por los proveedores de servicios como un medio de reducir los elevados costos de instalación de los bucles locales de abonado. Esta es la última y única rama de las redes cableadas que tiene un costo por abonado individual en lugar de un costo compartido entre muchos abonados. Mediante la utilización del bucle inalámbrico, no solamente puede reducirse el costo para el proveedor de servicios mediante la compartición del costo de las instalaciones hasta el usuario y la eliminación de la necesidad de hacer tendidos de cable hasta los locales de los abonados, sino que presta los servicios a los nuevos abonados de una manera más rápida y sencilla.

Las soluciones de última las podemos clasificar en:

- **Redes alámbricas o cableadas**, entre las que podemos destacar tecnologías como ADSL, RDSI.
- **Redes inalámbricas**, entre las que podemos destacar a las tecnologías MMDS, LMDS y WIMAX.

Con la creciente demanda por nuevos servicios y mayores ancho de banda, es que surgieron tecnologías capaces de satisfacer estos requerimientos pero que difieren por ejemplo: en tiempo de instalación, costos, capacidad de servicios y que además su nicho de negocio no necesariamente es el mismo aunque la comparten en algunos casos. A continuación se describirán algunas de estas técnicas de acceso poniendo principal énfasis en la solución inalámbrica de banda ancha WIMAX que es el propósito de este Informe.

2.2 Descripción Tecnología WIMAX

2.2.1 Concepto

WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es un estándar de acceso inalámbrico de última generación orientado a última milla (IEEE 802.16), que utiliza ondas radioeléctricas desde los 2 a 66 GHz. Dado el gran ancho de banda disponible, puede ser el soporte de una gran variedad de servicios simultáneos: telefonía, datos, servicios interactivos multimedia (tele educación, telemedicina, acceso a Internet, video, etc.).

WIMAX es el nombre comercial de un grupo de tecnologías inalámbricas que emergieron de la familia de estándares WirelessMAN (Wireless Metropolitan Area Network - Red de Área Metropolitana Inalámbrica) IEEE 802.16. Si bien el término WIMAX sólo tiene algunos años, el estándar 802.16 ha existido desde fines de la década de 1990.

En abril del 2001, se creó el Foro WIMAX por los fabricantes Esemble, Nokia, Harri y Cross Span para promover el estándar y para ayudar a asegurar la compatibilidad y la interoperabilidad a través de múltiples fabricantes, algo parecido a lo que la Alianza Wi-Fi hace por la familia de estándares IEEE 802.11x.

Una faceta clave del proceso de los estándares IEEE, es que está limitado a las capas Físicas y MAC (Medium Access Control - Control de Acceso Medio), pero no hace nada para garantizar la interoperabilidad, las restricciones de RF o los niveles mínimos de rendimiento. En ese aspecto, el Foro WIMAX es el que

asume el compromiso de asegurar y certificar que los productos puestos en el mercado cumplen con la promesa de la interoperabilidad conforme a unas especificaciones comunes.

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

2.2.2 Características

La evolución de la Familia 802.16 se puede resumir de la siguiente manera:

- **802.16:** La primera versión del estándar fue completada en el 2001. Esta versión de WIMAX considera un rango de espectro mayor a 10 GHz (especialmente de 10 a 66 GHz). Para este estándar la línea de vista era necesaria, y el multidireccionamiento utilizaba técnicas de multiplexación ortogonal por división de frecuencia (OFDM). Se soportan canales con un ancho de banda mayor a 10 MHz. Este primer estándar fue diseñado para conexiones punto a punto.
- **802.16a:** La actualización de 802.16a, completada en enero del 2003, consideró el rango del espectro de frecuencia de 2 a 11 GHz. Utiliza rangos de frecuencia tanto licenciados como no licenciados, además incorpora la capacidad de no línea de vista (NLOS) y características de calidad de servicio (QoS). Esta versión da mayores capacidades a la capa de control de acceso al medio o MAC (medium access control).
- **802.16c:** Este estándar se ocupó sobretodo del rango de 10 a 66 GHz. Desarrolló otros aspectos como la evolución del funcionamiento y la prueba y ensayo de los posibles perfiles del sistema. La metodología de perfiles del sistema evoluciona para definir que características podrían ser obligatorias y que características opcionales. El intento era definir a los fabricantes los elementos obligatorios que se deben considerar para asegurar la interoperabilidad. Los elementos opcionales tales como los diversos niveles de protocolos de seguridad incorporados permiten que los fabricantes distingan sus productos por precio, funcionalidad y el sector de mercado.
- **802.16-2004(d):** Las principales características mencionadas en los puntos anteriores, se han incorporado en el 802.16-2004. Por lo que éste es el reemplazo del estándar IEEE 802.16a. Este estándar final soporta

numerosos elementos obligatorios y opcionales. Teóricamente podría transmitir hasta para un rango de datos de 70Mbps en condiciones ideales, aunque el rendimiento real podría ser superior a 40Mbps.

- **802.16e:** Todavía es un estándar en desarrollo, IEEE 802.16e conserva las técnicas actualizadas en el WIMAX fijo, a las cuales se agrega un soporte robusto para una banda ancha móvil.

El proyecto general de WIMAX actualmente incluye al **802.16-2004** y al **802.16e**. El 802.16-2004 utiliza Multiplexado por División de Frecuencia de Vector Ortogonal, para servir a múltiples usuarios en una forma de división temporal en una especie de técnica circular, pero llevada a cabo extremadamente rápido de modo que los usuarios tienen la sensación de que siempre están transmitiendo o recibiendo.

El 802.16e utiliza Acceso Múltiple por División de Frecuencia de Vector Ortogonal y puede servir a múltiples usuarios en forma simultánea asignando grupos de “tonos” a cada usuario.

IEEE 802.16-2004 es una tecnología reciente de acceso inalámbrico fijo, lo que significa que está diseñada para servir como una tecnología de reemplazo del DSL inalámbrico, para competir con los proveedores de cable de banda ancha o DSL, o para proveer un acceso básico de voz y banda ancha; los ejemplos incluyen a países en desarrollo y áreas rurales en países desarrollados donde el cable de cobre no tiene un sentido económico. El 802.16-2004 también es una solución viable para el Backhaul inalámbrico para puntos de acceso Wi-Fi ó potencialmente para redes celulares, en particular si se usa el espectro que requiere licencia. En ciertas configuraciones, WIMAX Fijo puede usarse para proveer mayores velocidades de datos y, por lo tanto, puede usarse como una opción de reemplazo de E1's para abonados corporativos de alto valor.

En el caso específico del estándar IEEE 802.16.d, los enlaces se realizan en la última milla, es decir el sistema es un de naturaleza PMP (Punto Multi Punto), y utilizan una arquitectura NLOS (no línea de vista) para la propagación de la información en una señal RF.

IEEE 802.16e aún es un estándar no publicado que está diseñado para ofrecer una característica clave de la que carece el 802.16-2004: portabilidad y, con el tiempo, movilidad a toda escala. Este estándar requiere una nueva solución de hardware/software ya que no es compatible con el anterior 802.16-2004, lo cual

no es necesariamente algo bueno para los operadores que están planeando desplegar el .16-2004 y luego ascender al .16e.

Otra importante diferencia entre los estándares .16-2004 y .16e es que el estándar .16-2004 está basado, en parte, en una serie de soluciones inalámbricas fijas comprobadas, aunque patentadas; por lo tanto, existen grandes probabilidades de que la tecnología alcance sus metas de rendimiento establecidas. El estándar .16e, por otro lado, trata de incorporar una amplia variedad de tecnologías propuestas, algunas más comprobadas que las otras.

Entre las características más resaltantes de este sistema se pueden mencionar las siguientes:

- Anchos de canal entre 1,5 y 20 MHz
- Utiliza modulaciones OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing) y OFDMA (Orthogonal Frequency División Múltiple Access) con 256 y 2048 portadoras respectivamente, que permiten altas velocidades de transferencia incluso en condiciones poco favorables. Utiliza espaciamiento ortogonal con lo que se puede garantizar que no exista interferencia entre estas.
- Incorpora soporte para tecnologías "smart antenna" que mejoran la eficiencia espectral y la cobertura.
- Originalmente definida para las frecuencias de hasta 11 GHz para conexiones con y sin línea de visión y entre 10 GHz y 66 GHz para conexiones con línea de visión
- Incluye mecanismos de modulación adaptativa, mediante los cuales la estación base y el equipo de usuario se conectan utilizando la mejor de las modulaciones posibles, en función de las características del enlace radio.
- Soporta redes punto multipunto y redes de malla.
- Presenta una calidad de servicio (QoS) para los operadores NLOS tal que la señal no se distorsiona severamente por la existencia de edificios ni otras posibles causas de interferencia.
- Soporta las multiplexaciones TDM y FDM, tal que permite la interoperabilidad entre los sistemas celulares (FDM) y los inalámbricos (TDM).
- Como medidas de seguridad, incluyen mecanismos de criptografía y seguridad propios del sistema.
- Posee un ajuste dinámico del tamaño del paquete de transmisión.

- Tiene aplicaciones de voz, datos y video.
- El sistema WIMAX presenta técnicas de modulación adaptativa dependiendo de las condiciones de la relación señal a ruido (SNR).
- Técnicas como FEC, codificación convolutiva, y otros algoritmos son usados para poder detectar y corregir errores, tal que ayudan a mejorar la relación señal a ruido o SNR. Se incorpora el ARQ (Automatic repeat request), para solucionar los errores que no puede solucionar la FEC.
- Algoritmos de control de potencia son implementados en las estaciones base de tal manera que regular los niveles de potencia en los CPE (Customer Premise Equipment), de tal forma que la potencia recibida en la estación base sea ya predeterminada. Con esto se logra un ahorro en la potencia consumida en los CPE's.

2.2.3 Espectro Radioeléctrico

Si bien es cierto que existe el WIMAX forum, como la entidad que se encarga de garantizar la interoperabilidad entre los equipos WIMAX, esto no implica que sea aceptada a nivel mundial. Un ejemplo de esto es que las bandas de frecuencia de radio varían según la región donde se encuentre. Es donde entran las autoridades de cada gobierno a jugar el rol de determinar el uso del espectro.

El espectro disponible se divide en dos categorías distintivas: Sin Licencia y Con Licencia:

a. Sin licencia

En la mayoría de los mercados, el espectro que no requiere licencia y que podría emplearse para WIMAX es 2.4GHz y 5.8GHz. Debido a que el espectro no requiere licencia, la barrera para ingresar es baja, por lo que hace más fácil que un posible operador comience a ofrecer servicios empleando el espectro. En algunos casos, esto puede ser ventajoso por razones obvias. Desafortunadamente, también existen varias desventajas.

Hay cuatro desventajas principales relacionadas con el uso del espectro que no requiere licencia:

- ✓ **Interferencias:** debido a que el espectro que no requiere licencia puede ser utilizado por varios sistemas diferentes de RF, hay altas probabilidades de que ocurran interferencias. Los sistemas de RF que no requieren licencia pueden incluir desde las redes rivales de WIMAX o los puntos de acceso de Wi-Fi. Los teléfonos inalámbricos y Bluetooth (sólo 2.4GHz) también usan este espectro. Tanto WIMAX como Wi-Fi soportan

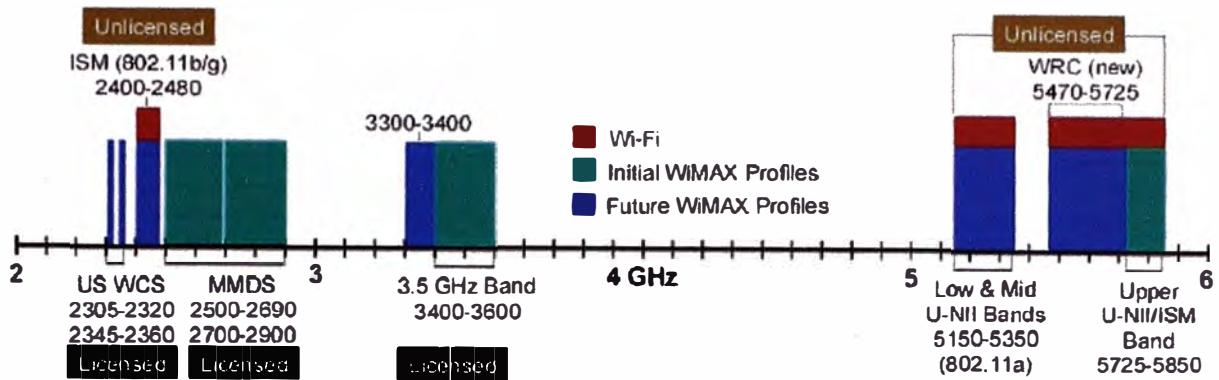
la DFS (Dynamic Frequency Selection - Selección Dinámica de Frecuencia) que permite que se utilice un nuevo canal si fuera necesario (por ejemplo, cuando se detectan interferencias). No obstante, DFS también puede introducir una mayor latencia que, a su vez, afecta las aplicaciones en tiempo real como VoIP.

- ✓ **Mayor competencia:** Los operadores que utilizan el espectro que no requiere licencia tienen que asumir que otro operador fácilmente podría ingresar en el mercado empleando el mismo espectro. En gran medida, el número relativamente alto de puntos de acceso públicos Wi-Fi se debe a este hecho. No obstante, los gastos de capital relacionados con la instalación de un punto de acceso Wi-Fi de carácter comercial son relativamente triviales (cientos de dólares, cuanto mucho) en comparación con el costo relacionado con desplegar una red WIMAX, que podría ser equivalente al costo de desplegar una red celular.
- ✓ **Potencia limitada:** Otra desventaja del espectro que no requiere licencia es que los entes reguladores del gobierno por lo general limitan la cantidad de potencia que puede transmitirse. Esta limitación es especialmente importante en 5.8GHz, donde la mayor potencia podría compensar la pérdida de propagación relacionada con el espectro en frecuencias más altas.
- ✓ **Disponibilidad:** Debido a la solicitud de uso de estas bandas por su naturaleza en muchos países existen restricciones de disponibilidad.

b. Con licencia

El espectro que requiere licencia podría tener un precio potencialmente alto, pero bien lo vale, en especial cuando la oferta del servicio requiere una alta calidad de servicio. La mayor ventaja de tener el espectro que requiere licencia es que el licenciataria tiene uso **exclusivo** del espectro. Está protegido de la interferencia externa, mientras que sus competidores sólo pueden ingresar en el mercado si también poseen o tienen un leasing del espectro.

El espectro que requiere licencia se encuentra en 2.3GHz, 2.5GHz y 3.5GHz; de éstas, las últimas dos bandas de frecuencia son las que en la actualidad reciben mayor atención. En la Figura 2.1 se muestran estas frecuencias y los anchos de banda disponibles.



Fuente: RF Spectrum Utilization en WIMAX - Fujitsu

Fig. N° 2.1 Frecuencias y Anchos de Banda WIMAX.

En la Tabla N° 2.1 se muestra el espectro radioeléctrico en el Perú y su condición de licenciado y no licenciado

Tabla N° 2.1 Espectro Radioeléctrico WIMAX

| | 2.3GHz WIMAX | 2.4GHz Wi-Fi | 2.5GHz WIMAX | 3.5GHz WIMAX | 5.4GHz Wi-Fi | 5.8GHz WIMAX |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Perú | Licenciado | Uso Libre | Licenciado | Licenciado | Uso Libre | Uso Libre |

Fuente: www.osiptel.gob.pe (Boletín 04 WIMAX)

Los niveles de potencia y control de potencia tanto en el transmisor como en el receptor, son extremadamente importantes para cualquier sistema eficiente. Los niveles deben ser tales que permitan tener una comunicación sólida y las interferencias sean despreciables. Además los niveles de potencia deben ser dinámicos dependiendo de la cercanía del usuario a la estación base.

Por lo que tener unos niveles adecuados de potencia es básico para poder proporcionar un rendimiento adecuado. Esto no se logra con las bandas No licenciadas ya que el MTC limita el valor de la potencia.

2.2.4 Arquitectura

En el diseño de sistemas WIMAX son posibles varios modelos de red. La arquitectura de red WIMAX consiste principalmente de cuatro partes: centro de operaciones de la red (NOC), infraestructura de transporte, estación base (BS) y el equipo del usuario (CPE).

En general, el CPE consiste de una unidad exterior (antena, etc.) y un módem interior y requiere de personal técnico para su instalación. En ciertos casos, puede usarse una unidad interior autoinstalable, en particular cuando el abonado está relativamente cerca de la estación base transmisora. Además, los CPE autoinstalables deberían hacer que el 802.16-2004 fuera económicamente más viable ya que una gran parte del costo de adquisición del cliente (instalación; CPE) se reduce en forma drástica.

El Centro de Operaciones de la Red (Network Operation Center - NOC) contiene el equipo del Sistema de Administración de la Red (Network Management System - NMS) que está encargado de administrar amplias regiones de la red del consumidor. Se pueden interconectar varios NOC's.

En la BS es donde se realiza la conversión de la infraestructura de cableada a la infraestructura inalámbrica. Los equipos que permiten la conversión incluyen la interfaz de red para la terminación de los cables, funciones de modulación y demodulación, equipos de transmisión y recepción de microondas ubicados típicamente en techos o postes. Entre sus características se encuentra la conmutación local, que puede no estar presente en diferentes diseños. Si la conmutación local se encuentra presente, los consumidores conectados a la estación base pueden comunicarse entre sí sin tener que entrar en la infraestructura de fibra óptica. De esta manera, la administración del canal de acceso, registro y autenticación ocurren localmente en la estación base.

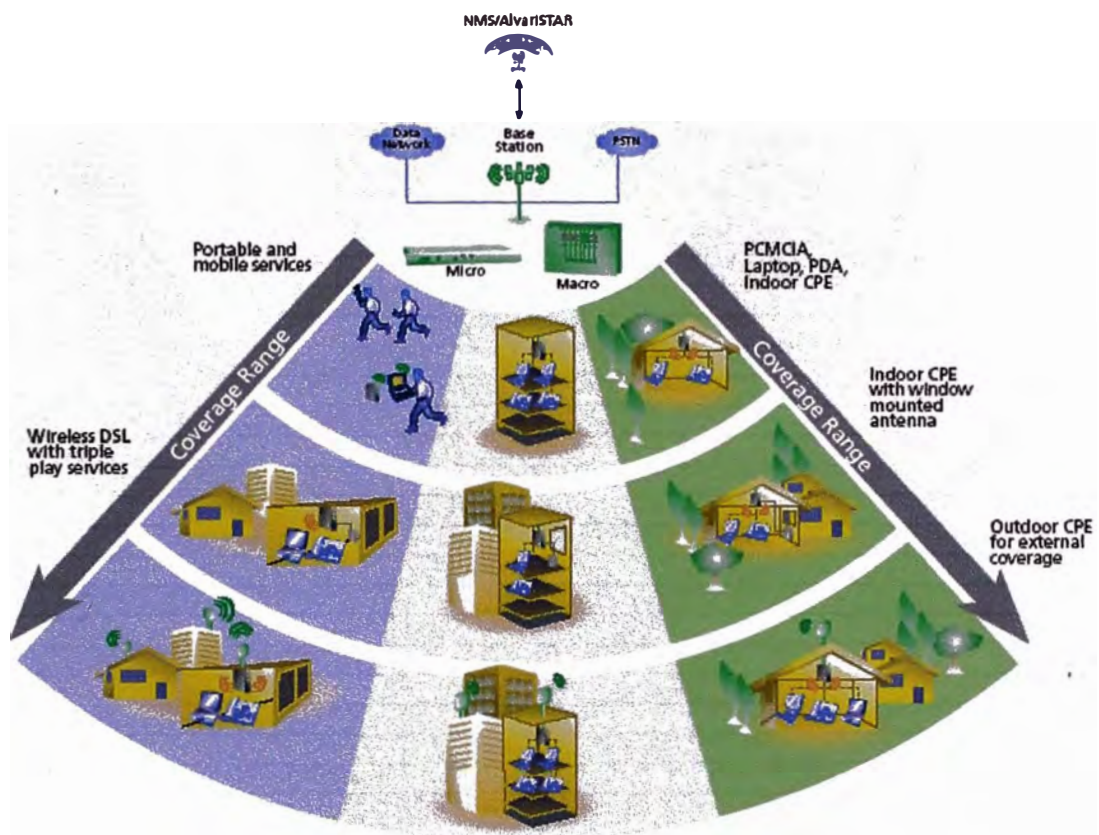
Las configuraciones del equipo especial del cliente varían entre los distintos vendedores y dependen de las necesidades del cliente. Principalmente, toda configuración incluye equipo microondas externo y equipo digital interno capaz de proveer modulación, demodulación, control y funcionalidad de la interfaz del equipo especial del cliente. El equipo del cliente puede añadirse a la red utilizando métodos de división de tiempo (time división múltiple access - TDMA),

o división de frecuencia (frequency-division múltiple access - FDMA). En la Figura N° 2.2 se muestra una arquitectura típica de esta tecnología.

Maneja dos tipos de Topología:

Topología Punto – Multipunto

El downlink desde la estación base al usuario opera en la base PMP (punto-multipunto). El enlace inalámbrico IEEE 802.16 opera con BS central y una antena sectorizada la cual es capaz de manejar múltiples sectores independientes simultáneamente.



Fuente: www.alvarion.com (BreezeMax)

Fig. N° .2.2 Arquitectura de una Red WIMAX

Dentro de un canal de frecuencia dada y un sector de antena, todas las estaciones reciben la misma transmisión o parte de la misma. La BS es el único transmisor funcionando en esta dirección, de manera que transmite sin necesidad de coordinar con otras estaciones, excepto por la duplexación por división de tiempo que puede dividir en períodos de transmisión de uplink y downlink. El downlink es generalmente broadcast.

Los CPE comparten el uplink hacia la BS bajo demanda. Dependiendo de la clase de servicio utilizada, el CPE puede mantener los derechos de transmisión o el mismo puede ser garantizado por la BS luego de recibir el pedido por parte del usuario.

Dentro de cada sector, los usuarios adhieren a un protocolo de transmisión que controla la contención entre usuarios y faculta al servicio a ser acomodado a los requerimientos de ancho de banda y retardo de cada aplicación de usuario. Esto está implementado usando garantías de ancho de banda no solicitados, interrogación y procedimientos de contención. Estos procedimientos son definidos en los protocolos para posibilitar a los proveedores optimizar el desempeño del sistema usando diferentes combinaciones de técnicas de asignación de ancho de banda mientras se mantienen definiciones de interoperabilidad consistentes. Por ejemplo, la contención puede ser usada para evitar la interrogación individual de estaciones abonado que han estado inactivas por un largo período de tiempo.

El uso de la interrogación simplifica la operación de acceso y garantiza que aplicaciones reciban servicio de manera determinística, si es requerido. En general las aplicaciones de datos son tolerantes al retardo, pero las de tiempo real como video y voz requieren servicio de manera uniforme y a veces en un esquema muy rígido. El MAC es orientado a conexión.

El flujo de servicio puede ser provisto cuando una CPE es instalada en el sistema. Rápidamente luego del registro de la CPE, las conexiones son asociadas con este flujo de servicio (una conexión por flujo de servicio) para proveer una referencia contra quien requiere el ancho de banda. Adicionalmente, pueden ser establecidas conexiones nuevas cuando un servicio de cliente necesite cambios.

Una conexión define el mapeo entre el proceso de convergencia que utiliza el MAC y el flujo de servicio. El flujo de servicio define los parámetros de QoS que son intercambiados en la conexión. El concepto de flujo de servicio en una conexión es central en la operación del protocolo MAC.

El flujo de servicio provee un mecanismo para el manejo de QoS del uplink y downlink. Un CPE requiere ancho de banda uplink en la conexión. El ancho de banda es garantizado por la BS al CPE como un agregado de garantías en respuesta a requerimientos de conexión de CPE. Una vez establecidas las conexiones, puede ser requerido mantenimiento activo. Los requerimientos de mantenimiento varían dependiendo del tipo de servicio conectado. Por ejemplo, un servicio E1 no canalizado, virtualmente no requiere servicio de mantenimiento dado que posee ancho de banda constante por cada frame. Los servicios E1 canalizados requieren algún mantenimiento debido al requerimiento dinámico (pero relativamente de variación lenta) de ancho de banda, acoplado con el requerimiento de ancho de banda total disponible bajo demanda. Los servicios IP pueden requerir una cantidad sustancial de mantenimiento prolongado debido a su naturaleza 'bursty' y debido a la alta posibilidad de fragmentación.

Finalmente, las conexiones pueden ser terminadas. Esto ocurre generalmente cuando un contrato de servicio a un usuario cambia. La terminación de la conexión es estimulada por la BS o el CPE.

Estas tres funciones de manejo de conexiones son soportadas a través del uso de configuraciones estáticas y adiciones dinámicas, modificaciones y borrado de conexiones.

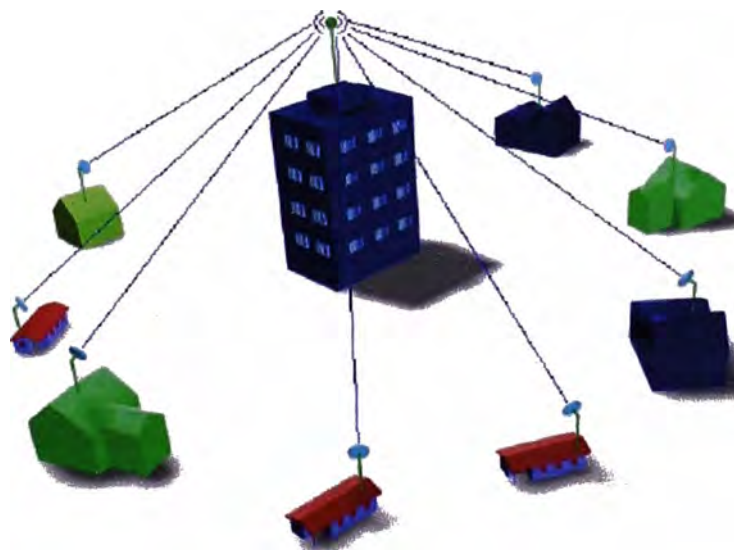


Fig. 2.3 Topología Punto – Multipunto

Topología Mesh (Malla)

La diferencia principal entre los modos Mesh y PMP, radica en que en el modo PMP el tráfico sólo ocurre entre la BS y el CPE, mientras que en el modo Mesh el tráfico puede ser ruteado a través de los CPE's y puede ocurrir directamente entre CPE's. Dependiente del algoritmo del protocolo de transmisión, esto puede ser realizado en base a uniformidad usando programación distribuida o en base a superioridad de la malla BS, la cual efectivamente resulta en programación centralizada o una combinación de ambas.

Dentro de una red Mesh, un sistema que posee conexión directa a los servicios de Backhaul afuera de la red Mesh es denominado un Mesh BS. Todos los otros sistemas de la red Mesh son denominados Mesh CPE. En general, los sistemas de la red Mesh son denominados nodos.

Dentro de un contexto Mesh, el uplink y downlink son definidos como tráfico en la dirección de la Mesh BS y fuera de tráfico desde la Mesh BS respectivamente. Los otros 3 términos importantes en un sistema Mesh son vecino, vecindario y vecindario extendido. Las estaciones con las que el nodo tiene vínculo directo son llamadas vecinas. Los vecinos de un nodo deben formar un vecindario. Un vecino de nodo es considerado estar a un salto del nodo. Un vecindario extendido contiene, adicionalmente todos los vecinos de un vecindario.

En un sistema Mesh no sólo la Mesh BS puede transmitir sin tener que coordinar con los otros nodos. Usando programación distribuida, todos los nodos incluido la BS Mesh debería coordinar sus transmisiones en su vecindario a 2 saltos y podría difundir sus programaciones (recursos disponibles, requerimientos y garantías) a todos sus vecinos. Opcionalmente la programación puede ser establecida por requerimiento directo no coordinado y garantías entre 2 nodos. Los nodos deberían lograr que las transmisiones resultantes no causen colisiones con la programación de datos y control de tráfico por ningún otro nodo en el vecindario a 2 saltos. No hay diferencia en el mecanismo usado en determinar la programación para el downlink y uplink. Usando programación centralizada, los recursos son garantizados de una manera mas centralizada. La Mesh BS debe coleccionar los requerimientos de recursos desde todos los Mesh CPE dentro de cierto rango de salto. Debe determinar la cantidad de recursos garantizados para cada enlace en la red en

el downlink y uplink, comunican estas garantías a todas las CPE MESH dentro del rango de salto. Los mensajes de garantía no contienen la programación actual pero cada nodo debe computarlo usando el algoritmo predeterminado dentro de un rango de parámetros dados.

Todas las comunicaciones están en el contexto de enlace, el cual es establecido entre dos nodos. Un enlace debe ser usado por todas las transmisiones de datos entre dos nodos.

El QoS es provisto a través de los enlaces por los mensajes. Los parámetros del QoS o no servicio son asociados con enlace pero cada mensaje unicast tiene parámetros de servicio en el encabezado. La clasificación de tráfico y regulación de flujo son implementados al ingreso de nodo por clasificación de capa alta/regulación de protocolo. Los parámetros de servicios asociados para cada mensaje deben ser comunicados juntos con el contexto de mensaje vía la MAC. Los sistemas Mesh son típicamente omnidireccionales o para antenas dirigidas de 360°.

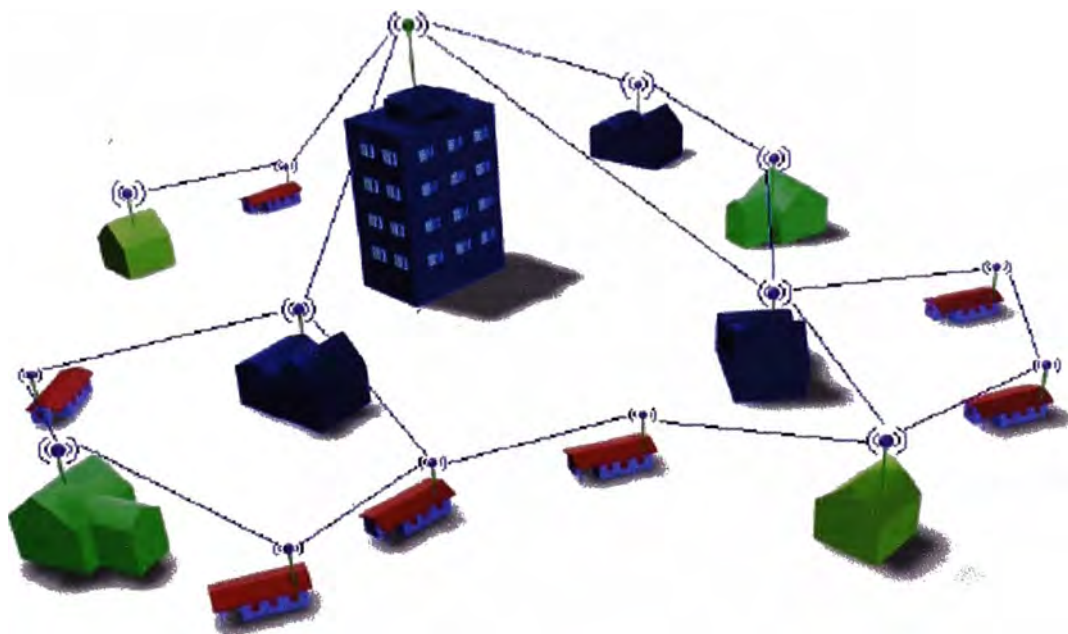


Fig. 2.3 Topología Punto – Multipunto

2.3 Otras Tecnologías de Última Milla

2.3.1 Tecnologías Alámbricas

a) XDSL

La tecnología XDSL, Digital Subscriber Line, (Línea de Abonados Digitales) suministra el ancho de banda suficiente para numerosas aplicaciones, incluyendo además un rápido acceso a Internet utilizando las líneas telefónicas; acceso remoto a las diferentes Redes de área local (LAN), videoconferencia, y Sistemas de Redes Privadas Virtuales (VPN).

XDSL esta formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Son unas tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información simétrico como asimétrico y de alta velocidad sobre el bucle de abonado.

Las tecnologías XDSL convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los abonados, similares a los de las redes de cable o las inalámbricas, aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que estos reúnan un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia.

Es una técnica de modulación para la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre. La primera diferencia entre esta técnica de modulación y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90) es que éstos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3.400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 KHz hasta los 1.104 KHz, aproximadamente.

Otra diferencia entre el ADSL y otros módems, es que el ADSL puede coexistir en un mismo bucle de abonado con el servicio telefónico, cosa que no es posible con un módem convencional pues opera en banda vocal, la misma que la telefonía.

El sistema de acceso digital a través del bucle de abonado se perfila como el competidor más fuerte al que tiene que hacer frente al WIMAX en lo que se refiere a servicios para hogares residenciales. Este sistema cuenta con grandes ventajas entre las que destacan las siguientes: inversión reducida y puesta en marcha inmediata. Esta última ventaja es debida a que el sistema esta basado en el aprovechamiento máximo de la capacidad del bucle de abonado, el cual ya se encuentra instalado y por tanto no necesita construir una infraestructura de apoyo. Esto supone una gran ventaja competitiva respecto al resto de sistemas de acceso de banda ancha. En cuanto a la inversión, ésta sólo es necesaria en los módem, ya que es necesario disponer de ellos en el extremo de interconexión del segmento de acceso con el Operador de Red (el usuario debe disponer de otro). Dicha inversión, a pesar de ser elevada, está directamente relacionada con el número de abonados al servicio, con lo que se ve compensada simultáneamente por los ingresos. En la Tabla N° 2.2 se aprecian las principales familias y las características de las tecnologías XDSL.

TABLA N° 2.2 TECNOLOGIAS DE ACCESO - TRANSMISION EN COBRE

| Name | Meaning | Data Rate | Mode | Application |
|---------------------|---|--|-------------|--|
| V.22 V.32, v.32b | Voice Band Modem | 1200 - 56.6Kbps | Duplex | Data Communication |
| DSL | Digital Subscriber Line | 160 Kbps (2 X 64kKbps B chls & 1 16 Kbps D chl) | Duplex | ISDN service (Voice and Data) |
| HDSL | High data rate Digital Subscriber Line | 1.544 Mbps / 2.048 Mbps | Duplex | T1 / E1 service, WAN / LAN access, Server access |
| SDSL | Single Line Digital Subscriber Line | 1.544 Mbps / 2.048 Mbps | Duplex | Same as HDSL |
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line | 1.5 Mbps Down, 16 - 640 Kbps Up | Asymmetric | Internet access, video on demand, simplex video, remote LAN, |
| VDSL | Very high data rate Digital Subscriber Line | 13 - 52 Mbps Down 1.5 - 2.3 Mbps Up | Asymmetric | Same as ADSL plus HDTV |

Fuente: www.osiptel.gob.pe (Nuevas Tecnologías y Convergencia - Aspectos Regulatorios)

En julio de 2002, la UIT aprobó los estándares para ADSL G.992.3 y G.992.4, a los cuales se les denomina colectivamente "ADSL2". En Enero de 2003, con la norma G.992.5 se unió oficialmente a la familia ADLS2 como ADSL2plus, (o ADSL2+ como comúnmente se le conoce). ADSL2plus (ITU G.992.5) duplica el ancho de banda usado en el sentido downstream alcanzando velocidades de 20. En mayo de 2005 la UIT anunció un nuevo

estándar, la Recomendación UIT-T G.993.2 denominado VDSL2 que multiplica por diez la velocidad de ADSL. Comprende velocidades de hasta 100Mbps en ambos sentidos y compatibles con las instalaciones actuales de ADSL.

b) RDSI

RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) es un sistema de conexiones de teléfono digital que ha sido diseñado para el envío de voz, vídeo y datos simultáneamente en digital o líneas telefónicas ordinarias, con una velocidad mucho más rápida y de mayor calidad que un sistema analógico puede proporcionar. Según la UIT-T podemos definir Red Digital de Servicios Integrados como una red que procede por evolución de la Red Digital Integrada (RDI) y que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de otros tipos, y a la que los usuarios acceden a través de un conjunto de interfaces normalizados.

Se puede decir entonces que es una red que procede por evolución de la red telefónica existente, que al ofrecer conexiones digitales de extremo a extremo permite la integración de multitud de servicios en un único acceso, independientemente de la naturaleza de la información a transmitir y del equipo terminal que la genere. Se diseñó, para suceder a las actuales redes telefónicas públicas.

Presenta como características:

- Audio de 7 KHz, frente a los 3,1 KHz de la telefonía básica, mejorando sensiblemente la calidad
- Comunicaciones digitales a 64 Kbps, frente a los 14,4 Kbps teóricamente alcanzables por las redes telefónicas
- Gran funcionalidad frente a las redes telefónicas, como resultado del uso de un canal de señalización normalizado
- Un único medio de acceso para transferencia de voz, imagen, datos y textos, por medio de conmutación de circuitos o de paquetes
- Rapidez en las llamadas (menos de 800 ms.) y virtualmente sin errores

- Soporte para aplicaciones conmutadas y no conmutadas. RDSI admite tanto conmutación de circuitos como conmutación de paquetes. Además, RDSI proporciona servicios no conmutados con líneas dedicadas a ello.

La RDSI actual, también conocida como RDSI de banda estrecha, está basada en una de las dos estructuras definidas por UIT:

Acceso básico (BRI)

- Acceso simultáneo a 2 canales de 64 Kbps., denominados canales B, para voz o datos.
- Un canal de 16 Kbps., o canal D, para la realización de la llamada y otros tipos de señalización entre dispositivos de la red.
- En conjunto, se denomina 2B+D, o I.420, que es la recomendación de la antigua CCITT hoy UIT (que define el acceso básico).

Acceso primario (PRI)

- Acceso simultáneo a 30 canales tipo B, de 64 Kbps., para voz y datos.
- Un canal de 64 Kbps., o canal D, para la realización de la llamada y la señalización entre dispositivos de la red.
- En conjunto, se referencia como 30B+D o I.421, que es la recomendación UIT que define el acceso primario.
- En algunos países (US), sólo existen 23 canales tipo B, por lo que se denomina 23B+D. El total corresponde a 1.536 Kbps.

En la Tabla N° 2.3 se aprecia la estructura de las interfaces BRI y PRI, y sus velocidades.

Las comunicaciones vía RDSI, han de convivir con las actuales líneas, por lo que es perfectamente posible establecer una llamada, por ejemplo, entre un teléfono RDSI y un teléfono analógico o viceversa. La información en los canales tipo B, operando en modo de conmutación de circuitos, una vez que ha sido establecida la llamada, se transmite de un modo totalmente transparente, lo que permite emplear cualquier conjunto de protocolos como SNA, PPP, TCP/IP, etc.

El canal de control de la llamada, o canal D, también denominado de señalización, permite, como su nombre indica, el establecimiento, monitorización y control de la conexión RDSI, y es el responsable de generar incluso los timbres de llamada. Está definido por la recomendación UIT Q.931 (I.451), aunque en la actualidad, algunos países siguen normas propietarias. La señalización dentro de la red se realiza mediante la norma SS7 (Signalling System Number 7) del UIT, la misma empleada para la operación sobre líneas analógicas

TABLA Nº 2.3 ESTRUCTURA DE LAS INTERFACES BRI y PRI

| Interfaz | Estructura | Velocidad total | Velocidad disponible |
|----------|------------|-----------------|----------------------|
| BRI | 2B + D16 | 192 Kbps. | 144 Kbps. |
| PRI | 23B + D64 | 1.544 Kbps. | 1.536 Kbps. |
| | 30B + D64 | 2.048 Kbps. | 1.984 Kbps. |

2.3.2 Tecnologías Inalámbricas

a) MMDS

La tecnología MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Systems) surgió en EE.UU. en los años 80, con la idea de utilizar la banda de 2,5 a 2,686 GHz para la distribución de programas de televisión. La banda, de 186 MHz, se divide en sub bandas de 6 MHz, lo que permite la transmisión de 31 canales de televisión analógica NTSC. Este número de canales se puede aumentar utilizando técnicas de compresión y transmisión digital (hasta 5 canales digitales por uno analógico). Estos sistemas se bautizaron popularmente con el paradójico nombre de "wireless" cable o cable inalámbrico, queriendo significar que equivalían a los conocidos sistemas de distribución de televisión por cable coaxial, pero sin la necesidad de disponer de cable físico. Estaban orientados a entornos rurales o de baja densidad, en donde el tendido de cable convencional para distribución de TV podía resultar antieconómico.

Aunque en EE.UU. tuvieron un desarrollo importante en los años 90, no llegaron a las cifras de mercado esperadas originalmente, por lo que muchos operadores se plantearon nuevas aplicaciones de la tecnología. Un primer paso fue la introducción de un canal de retorno de 12 MHz para proporcionar servicios interactivos como taquilla, vídeo bajo demanda, etc. Los últimos

movimientos en torno a los sistemas MMDS vienen representados por las recientes adquisiciones de empresas poseedoras del espectro por parte de grandes operadores de larga distancia como Sprint y MCI WorldCom, para dar servicios interactivos de voz, datos y acceso a Internet en competencia con los operadores locales. En este caso el concepto de MMDS original se difumina y queda reducido a una porción de espectro que puede ser utilizado por cualquier sistema de acceso múltiple, siempre que se respete la canalización básica de 6 MHz.

b) LMDS

Los sistemas LMDS (Local Multipoint Distribution Services) surgieron con una orientación similar a las de MMDS, es decir, aplicaciones de distribución de TV multicanal, si bien, debido a la mayor frecuencia de trabajo (26-28 GHz), las distancias alcanzables eran menores (3-4 km frente a los 15-20 de MMDS). Esto hizo que los sistemas LMDS se vieran desde el principio como una solución urbana, para entornos de alta densidad y concentración de usuarios. A diferencia de MMDS, los sistemas LMDS no llegaron a desarrollarse en la práctica para la aplicación inicialmente concebida de distribución de TV, viéndose rápidamente su gran potencial como solución de acceso de gran capacidad en aplicaciones de voz y datos.

El acrónimo LMDS es derivado de:

L (Local): Denota que las características de propagación de las señales en este rango de frecuencias delimita el área potencial de cobertura de una sola celda; el rango de un transmisor LMDS varía entre 1 y 5 Km. dependiendo de la banda de frecuencias, según pruebas realizadas en áreas metropolitanas.

M (Multipunto): Indica que las señales son transmitidas según un método punto-multipunto; el enlace inalámbrico entre el suscriptor y la estación es una transmisión punto a punto.

D (Distribución): Se refiere a la distribución de las señales, las cuales pueden ser tráfico simultáneo de voz, datos, Internet y video.

S (Servicio): Indica la naturaleza del suscriptor en la relación entre operador y consumidor; los servicios ofrecidos en una red LMDS dependen completamente del tipo de negocio del operador.

LMDS apareció como una prometedora tecnología en el marco de las Comunicaciones inalámbricas de banda ancha. Fundamentalmente a tres razones: facilidad de despliegue, acceso de alta velocidad y red acceso a un costo asumible (por el operador). Los sistemas LMDS permitirían un rápido despliegue en comparación con las tecnologías homólogas basadas en cable e incluso con relación a sus homólogas inalámbricas, a lo que se sumaba su carácter celular, que le dota de elevada escalabilidad. Esta tecnología presentaba un importante potencial como tecnología de acceso (especialmente compatible con las redes de fibra óptica, redes HFR, Hybrid Fibre Radio) para nuevos operadores que no dispongan de grandes recursos financieros.

En los países que se llegó a instalar LMDS, permitió el acceso a Internet de alta velocidad, tanto para el sector residencial como para el empresarial, gracias a las técnicas digitales. Pero los elevados costos de los equipos del lado de abonado han hecho inviable esta solución al menos para el sector residencial, además de los costos de tarificación.

2.4 Resumen

De lo descrito en párrafos anteriores podemos destacar lo siguiente:

- ✓ Las tecnologías de acceso para la última milla se dividen en dos grandes grupos: Alámbrica e inalámbricas. Las tecnologías alámbricas descritas son las que ya están establecidas y operando, y son la competencia directa con la tecnología WIMAX. Mientras que las Inalámbricas aun no han podido despegar.
- ✓ Para usuarios residenciales, WIMAX se encuentra en línea media entre los competidores existentes; es decir, que puede ofrecer una gama de servicios mucho más extensa que ADSL (aunque necesita una infraestructura e inversión mayores). Por lo tanto las fortalezas de WIMAX frente a los competidores alámbricos en el sector residencial se basan en: brindar muchos servicios, rapidez de despliegue y una inversión moderada.
- ✓ Entre otros inconvenientes del ADSL podemos destacar dos principales: la dependencia del servicio con el estado del bucle de abonado y la reducida oferta de servicios. El primero se debe a que el ADSL supone una longitud limitada del bucle de abonado (menos de 10 Km) además de un buen estado del mismo, condiciones que en la mayoría de las ocasiones sólo se cumplen en núcleos urbanos de densidad de población elevada. Esto provoca que el mercado

potencial del ADSL sea más reducido que el de sus competidores. En el segundo inconveniente, los módem que hacen uso de la tecnología ADSL permiten aprovechar al máximo las posibilidades del bucle de abonado, pero este posee un ancho de banda como son la transmisión de datos y acceso a Internet de alta velocidad, además de una limitadísima capacidad para servicios de televisión digital (con MPEG-2).

- ✓ Respecto al sector empresarial, WIMAX se convierte en un serio competidor frente a RDSI merced a que la capacidad que posee permite una política de precios agresiva, manteniendo e incluso aumentando los servicios ofrecidos por el sistema actual. Aparte de lo anterior, no debemos olvidar la facilidad de despliegue del servicio que ofrece un sistema inalámbrico, tanto para proporcionar dicho servicio a una nueva empresa en la zona de cobertura actual.
- ✓ Las soluciones WIMAX con licencia y las exentas de licencia ofrecen ventajas significativas sobre las soluciones por cable. La adopción de soluciones WIMAX exentas de licencia y con licencia está impulsada por los siguientes beneficios adicionales:
 - Escalabilidad
 - Bajo costo
 - Flexibilidad
- ✓ Basado en estándares. WiMAX Forum ayuda a soportar interoperabilidad y coordinación entre proveedores que desarrollan productos según el estándar 802.16-2004 al probar y certificar que sus productos cumplen con sus requisitos.
- ✓ La flexibilidad de que se dispone para el diseño de la red WIMAX permite un mejor seguimiento de la curva de demanda que en las redes cableadas en las que hay que prever la demanda con gran anticipación. Tradicionalmente las operadoras telefónicas sobredimensionaban sus redes cuando tenían que hacer ampliaciones debido a la incertidumbre de cómo sería el crecimiento de los abonados. Esto lo hacían sobretodo en las áreas densamente pobladas, donde el costo de realizar dichas ampliaciones era mayor. En las redes inalámbricas en las que las ampliaciones de capacidad pueden seguir más de cerca al crecimiento de los abonados, el riesgo financiero es menor.
- ✓ La rapidez de instalación de la red. Los sistemas inalámbricos se pueden instalar en meses o aún semanas. En cambio las redes cableadas tardan años en ser instaladas.
- ✓ Reducción del vandalismo y robo al haber menos planta externa.
- ✓ Reducción de los gastos operativos.

CAPITULO III

PLANIFICACION Y DESARROLLO DE LA RED

3.1. Introducción

Para realizar la planificación del despliegue del Sistema de acceso inalámbrico WIMAX se necesita un conocimiento y comprensión en tres áreas, el:

- **Económico:** Que nos permita definir un plan comercial y la base de abonados afectados
- **Técnico:** Contar con un conocimiento sólido de la demografía y la topografía de la zona en la cual se va a desplegar el servicio; además de experiencia y especialización en ingeniería de radio
- **Y el Marco legal**

Adicionalmente para complementar la planificación descrita en este Informe, el Operador que opte por esta solución de red inalámbrica debe considerar tener en cuenta la:

- **Posibilidad de satisfacer la capacidad y los requisitos de teledensidad proyectados**
- **Tiempo de despliegue rápido**
- **Capacidad de ofrecer de una buena calidad en los servicios (grado de servicio)**
- **Prestación del conjunto de servicios requeridos (servicios multimedios)**
- **Costos de equipamiento, instalación y mantenimiento**

Estos objetivos deben de satisfacerse en el contexto de unas características ambientales y topográficas que pueden influir en la solución inalámbrica apropiada.

La Figura N° 3.1 muestra un diagrama de parámetros considerados para el diseño de la red.

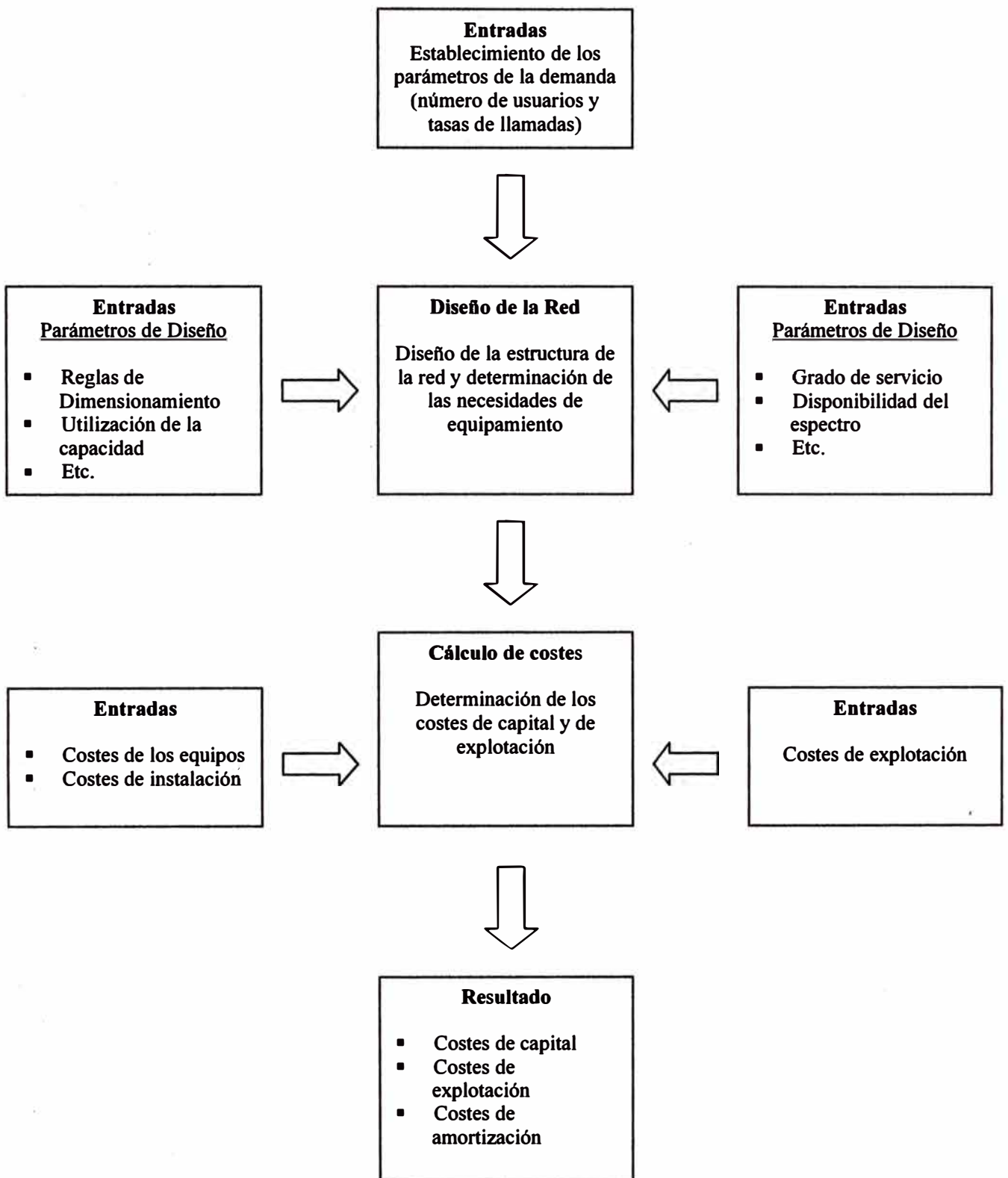


Fig. 3.1 Parámetros de Diseño

Fuente: Bucle local para el acceso inalámbrico - UIT Of. Radiocomunicaciones

3.2. Servicios a brindar

Los estándares definidos actualmente para el soporte del bucle de abonado inalámbrico están pensados para poder ofrecer garantías en la calidad de servicio, contemplando los casos de tráfico con requisitos muy estrictos en cuanto a la variación de retardo, tráfico con requisitos establecidos de retardo máximo admisible, o tráfico masivo sin requisitos de retardo.

La red de acceso local, tiene el mayor impacto sobre la creación y entrega de servicios, y es el nivel en el cual los sistemas bucle local inalámbrico ofrecen una importante alternativa sobre un enfoque alámbrico. Adicional al enorme tiempo requerido y a los costos de implementación de una red de acceso local alámbrica, uno de los principales inconvenientes de una implementación de este tipo es la naturaleza estática e inflexible de su conectividad. Todo el tráfico de usuario está limitado por el "tamaño del canal" del circuito.

La asignación de capacidad por abonado depende en gran medida de la tecnología del fabricante que suministra los equipos (si tiene asignación dinámica de capacidad, si el duplexado es en tiempo o en frecuencia, si permite varias portadoras por sector, las interfaces con que cuenta, etc.). En la mayoría de los casos, la asignación de capacidad es estática, y se realiza por gestión, no por señalización y depende directamente del servicio contratado por el abonado.

Otro aspecto muy importante de la tecnología WIMAX es su capacidad de Multiservicio. Este término refleja la posibilidad, para una misma tecnología de red, de proporcionar una amplia gama de servicios, desde los básicos de voz tradicional (POTS) hasta los más avanzados de datos. La capacidad de Multiservicio viene impuesta por la presencia cada vez mayor de Internet en todos los ámbitos de la actividad humana y la necesidad de optimización de recursos en la red de acceso, que es una parte muy sensible desde el punto de vista económico en el conjunto de inversiones de un operador de red. El poder utilizar la misma infraestructura para proporcionar diversos servicios a los usuarios supone una ventaja importante para los operadores.

Al ser independiente del protocolo puede soportar servicios paquetizados como IP, voz sobre IP, como también servicios conmutados (TDM), E1/T1 y voz tradicional; también soporta interconexiones de ATM y Frame Relay.

Un servicio multimedia es aquel que permite manejar desde un terminal todas las formas de información electrónica conocidas, es decir: textos, gráficos, audio y video. Esto incluye fotografías, películas, música y comunicaciones telefónicas. Una de sus características distintivas es la interactividad, que permite interactuar con otras personas, quienes se encuentran a su vez utilizando sus propios terminales, o con "servers". El terminal de usuario puede ser una computadora personal, un televisor con teclado, un asistente personal, un teléfono con pantalla, un pager bidireccional, etc. El mejor ejemplo de este tipo de servicio con que contamos actualmente es Internet, que permite hacer casi todo lo descrito, si bien las velocidades de acceso disponibles usualmente son todavía bajas.

Los verdaderos servicios Multimedios deberán contar con gran ancho de banda para poder transmitir video en uno o dos sentidos y grandes cantidades de información en tiempos cortos (juegos).

Teniendo en cuenta estos aspectos, la adecuación de esta tecnología de acceso a cada uno de los servicios considerados sería:

- **Servicios de Línea Privada**

Por definición, una línea privada suministra un canal de comunicaciones (voz, datos y/o ambas) constante y predecible entre dos puntos extremos. Los servicios de línea privada continúan siendo un pilar dentro del portafolio de servicios de un Carrier, y sus clientes siempre esperarán que estos servicios les sean ofrecidos.

La estructura de la propia red de acceso podría facilitar el soporte de alguno de estos servicios (Videoconferencia IP, circuitos de datos E1 o nx64, interconexión de redes), como es el caso de VPN: la naturaleza punto a multipunto de la técnica de acceso permitiría difundir la información a más de un usuario, reduciendo por tanto la anchura de banda necesaria con respecto a otras técnicas de acceso. La mayoría de los operadores ofrecen este tipo de servicio dentro de su catálogo de productos.

- **Servicios de Comunicación de Datos**

A pesar de que el tópico dominante en los servicios de comunicaciones de los Proveedores de datos hoy día continúa siendo Internet, las LAN's corporativas

interconectadas (algunas veces descritas como conectividad Intranet) continúan teniendo una gran demanda.

▪ **Servicios de Telefonía Fija**

El servicio de telefonía puede ofrecerse sin dificultad, puesto que la anchura de banda necesaria es pequeña, y la tecnología dispone de mecanismos que garantizan un retardo máximo admisible. Este es un servicio que esta en la cartera de todos los Operadores actuales.

▪ **Servicio de Internet**

Este servicio es el más ofertado por los actuales proveedores de servicio. La tecnología permite que la utilización de este servicio no afecte a otros que utilicen el mismo canal, pudiendo utilizar siempre el sobrante de capacidad para este servicio. Sin embargo, los operadores lo ofertan garantizando una tasa de bit mínima, que van desde los 200 Kbps, pudiendo llegar, según el operador, hasta los 8 Mbps.

▪ **Servicios Interactivos**

Estos servicios pueden ser soportados por el bucle de acceso inalámbrico siempre y cuando la necesidad de anchura de banda de los mismos no sea excesiva. Los operadores actuales no ofrecen este tipo de servicio, aunque más que a la dificultad de ofrecerlo, responde a que los operadores actuales ofrecen capacidad portadora, mientras que éste sería un servicio final. Entre estos servicios podemos destacar: Juegos, Telebanca, comercio electrónico, Video on Demand. El video por demanda es un servicio de contenido multimedia capaz de distribuir a un monitor de TV individual o computador, en el momento que es solicitado por el usuario, una película o cualquier programa de video localizado en una gran base de datos alojada en un servidor central, permitiendo su control interactivo.

Descrito los servicios que son soportados por esta tecnología, podemos resumir que de acuerdo al tipo de usuario y a la zona de atención los servicios a brindar son:

- Servicio de Línea privada
- Servicio de Comunicación de Datos

- Servicio de Telefonía y
- Servicio de Internet

Los servicios interactivos no ha sido tomado en cuenta para el desarrollo del presente informe, por lo que no forman parte de los servicios a brindar ya que el tipo de usuario final presenta otro tipo prioridades en sus necesidades de conectividad como las profesionales, educativas y de seguridad familiar antes que el entretenimiento.

3.3. Area de Cobertura

En esta parte se realizará la delimitación del area de cobertura de los servicios a brindar, la población objetivo y su potencial.

La provincia del Cusco presenta una extensión de 617 Km² y una densidad de 564 Hab/Km² y cuenta con 8 distritos. En la Tabla N° 3.1 se indican estos distritos, el número de habitantes y su extensión geográfica en Km². De este podemos destacar que el distrito de Wanchaq presenta la mayor densidad de clientes potenciales, seguida por los distritos de San Sebastián, Santiago y Cusco respectivamente pero esta ultimas en una proporción de 1:10 aproximadamente respecto a la primera.

Esto ultimo indica que la población no esta uniformemente distribuida en toda el area de la zona en estudio. De la Fig. 3.2, que muestra el plano de la zona urbana de Cusco y sus distritos se puede resaltar que estos se encuentran centralizados y contiguos lo que ayudara a la hora de definir la ubicación de la estación base (o bases) y del Centro de Operación y Gestión. El area de cobertura inicial esta planificada para atender a los distritos de Wanchaq, San Sebastián, Santiago, Cusco debido a la densidad de Hab/Km² que manifiestan. En esta zona se concentran además de la mayor población de la provincia de Cusco, los establecimientos comerciales y las Sedes institucionales. Por ejemplo, Cusco cuenta con una capacidad hotelera de mas de 922⁽²⁾ establecimientos lo que indica el enorme potencial que hay en este sector.

Es por ello que el area de servicio a atender, al menos en una primera fase son los cuatro distritos antes mencionados.

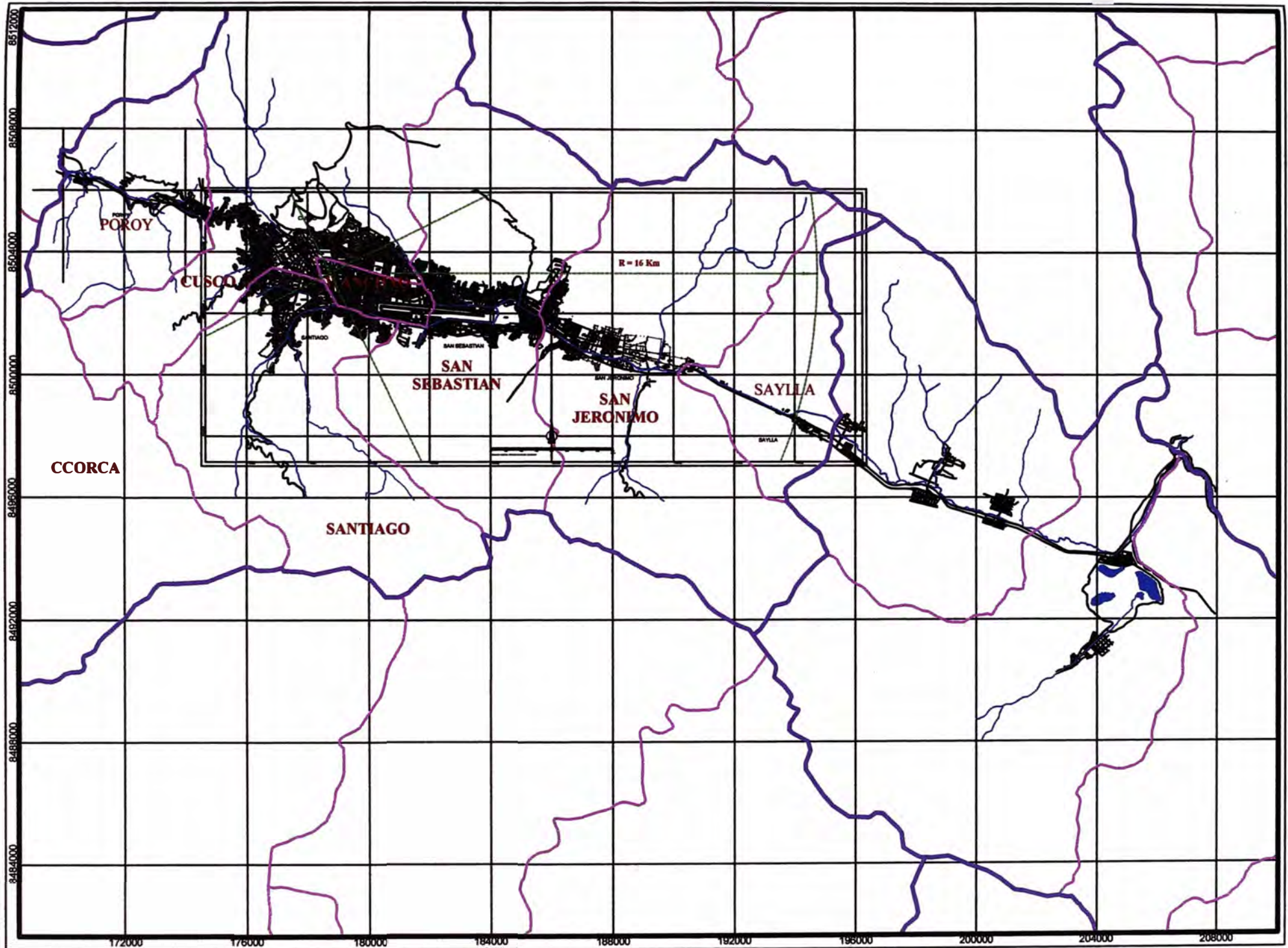


Fig. 2.2 Plano de Cusco y sus Distritos

**TABLA 3.1 DISTRIBUCION POLITICA DE LA PROVINCIA DEL CUSCO
HABITANTES y EXTENSION**

| Localidad | Habitantes | Km² | Densidad (Hab/Km²) |
|---------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Provincia de Cusco | 348493 | 617 | 564.8 |
| Distrito de Cusco | 103836 | 116.22 | 893.4 |
| Distrito de Ccorca | 2441 | 188.56 | 12.9 |
| Distrito de Wanchaq | 54524 | 6.38 | 8546.1 |
| Distrito de Poroy | 4452 | 14.96 | 297.6 |
| Distrito de San Jerónimo | 28856 | 103.34 | 279.2 |
| Distrito de San Sebastián | 85472 | 89.44 | 955.6 |
| Distrito de Santiago | 66277 | 69.72 | 950.6 |
| Distrito de Saylla | 2635 | 28.38 | 92.8 |

FUENTE: INEI 2005.

La población urbana y rural que logran cubrir sus necesidades básicas (Y por ende sus gastos superan el valor de la Canasta Mínima de consumo) son los potenciales demandantes de los servicios que proveerá la tecnología WIMAX.

En la figuras 3.3 y 3.4, se muestran fotos de la ciudad de Cusco y en la que se puede apreciar que este no cuenta con edificios altos ni zonas de bosques en el interior de la ciudad, sino mas bien que es zona urbana con casas, departamentos y establecimientos comerciales de no mas de tres pisos de altura.

Además se encuentra dentro de un valle de forma alargada rodeado de cerros lo que permite la fácil elección para definir la ubicación de la estación base y el Centro de Operación y Gestión. La forma del area de servicio a atender también ayuda en los cálculos de propagación y en determinar el radio de cobertura de la estación base.



Fig. 3.3 Vista distritos de Cusco, Wanchaq y Santiago



Fig. 3.4 Vista distrito de San Sebastián

De la Figura N° 3.2 y de la Tabla N° 3.1 se puede concluir las zonas que serán atendidas con la tecnología WIMAX, y cuales son las zonas que no. Los distritos de San Jerónimo, Poroy, Saylla y Ccorca son los que presentan una menor densidad de Hab/Km² y a su vez se encuentran ubicados en los extremos de la provincia. De estos, San Jerónimo tiene casi 7 veces la población de Poroy pero casi la misma densidad, debido a que su población urbana esta centralizada. Por lo que también será tomada dentro del área de cobertura que contará con el servicio.

La planificación de una Red WIMAX es similar en muchos aspectos a la planificación de una Red celular móvil. En ambos casos debe confeccionarse un plan celular que detalle la capacidad y cobertura radioeléctricas. Además, se debe proporcionar una red de retroceso, red de transporte y de conmutación para interconectar las estaciones base. Sin embargo, el crecimiento requerido de la red puede diferir radicalmente de una red móvil a una red de acceso radioeléctrico fijo.

El requisito inicial para el despliegue de un sistema celular móvil es normalmente la cobertura radioeléctrica. Existe una masa crítica en términos de cobertura radioeléctrica para lo cual los abonados comprueban que puedan efectuar llamadas desde la mayor parte de las ubicaciones en las que se encuentran. Solamente en esta etapa la red móvil resulta atractiva a los abonados. En contraste, un abonado WIMAX no se verá afectado por la cobertura siempre que su propia ubicación fija pueda ser alcanzada. De este modo, los operadores pueden aumentar sus ingresos con un despliegue de cobertura limitado.

Con lo anteriormente explicado justificamos que no es necesario tener una cobertura total, sino que bastará con tener estaciones base en las áreas donde se concentre el mercado potencial para esta tecnología.

3.4. Estimación de la Demanda

Si bien el tráfico telefónico (voz) continuará predominando como el servicio básico y de mayor penetración, habrá una demanda cada vez mayor de los servicios de valor añadido, la transmisión de datos a alta velocidad, la conexión a Internet y en un futuro la posibilidad de movilidad del usuario y finalmente la televisión.

El área geográfica que involucra el presente estudio es la ciudad de Cusco, y estará enfocado en atender principalmente al sector empresarial (grandes, medianas y

pequeñas), Sedes Institucionales, centros de estudio y residenciales (entiéndase como grupo de usuarios que requieren en forma individual por lo menos 256 Kbps), esto se puede realizar colocando por el lado del abonado equipos terminales llamados multiusuarios, esto quiere decir que por ejemplo con un enlace de 2 Mbps se podrían atender hasta 8 usuarios con 256 Kbps cada uno, estas capacidades individuales podrían variar de acuerdo al requerimiento de cada uno de los usuarios ya que los equipos pueden brindar varios servicios.

Para calcular la demanda potencial de abonados de los servicios a brindar, se ha tomado como unidad de análisis al número de hogares (Cada familia se compone de 4 individuos) y un grado de penetración del 10% para los servicios de uso residencial. Para los no residenciales (Hoteles, restaurantes, colegios, universidades, entidades públicas y privadas) se ha estimado la demanda, al no contar con los suficientes datos para realizar un cálculo exacto para la zona de Cusco.

Un primer paso para el cálculo de la demanda inicial del servicio fue que los abonados de la zona cuentan con energía eléctrica, pues los equipos con los cuales opera la tecnología inalámbrica hacen indispensable esta característica para el acceso al servicio a brindar. Esto lo cumplen todas las viviendas en la zona de estudio.

La cantidad de hogares a atender por distrito considerando un grado de penetración del 10%, se resume en la siguiente Tabla N° 3.2:

TABLA N° 3.2 CANTIDAD DE HOGARES A ATENDER

| Distrito | Hogares | Penetración 10% | Hogares a atender x Km² |
|-----------------|----------------|------------------------|---|
| Wanchaq | 13631 | 1363 | 213.65 |
| San Sebastián | 21368 | 2136 | 23.89 |
| Santiago | 16569 | 1657 | 23.77 |
| Cusco | 25959 | 2596 | 22.34 |
| Poroy | 1113 | 111 | 7.44 |
| San Jerónimo | 7214 | 721 | 6.98 |
| Saylla | 659 | 66 | 2.32 |
| Ccorca | 610 | 61 | 0.32 |

La densidad de hogares por Km² realmente es mayor si tenemos en cuenta solo el tamaño de las áreas que respecta a las zonas urbanas, y no al área total del distrito. Solo Wanchaq manifiesta una densidad real por Km².

A pesar que los distritos de Poroy y Saylla no tiene una alta demanda de usuarios, estos también pueden ser atendidos (con ciertas limitaciones) dado que las características de los equipos a emplear tienen un alcance de hasta 16 Km. con modulación 64 QAM y de 24 Km. con modulación BPSK (la explicación de la obtención de estas distancias se vera mas adelante).

Como se menciona anteriormente la cantidad de clientes no residenciales y la demanda de su necesidad la vamos a estimar al no contar con información suficiente. En la Tabla N° 3.3 se hace un resumen de las capacidades de acceso por tipo de cliente según como lo demanda el mercado.

TABLA N° 3.3

| Clientes | Servicio | Capacidad |
|--------------------|-------------------------|-----------|
| Grandes Empresas | DAC y 16 canales de voz | 8Mbps |
| Mediana Empresa | IAC y 6 canales de voz | 2Mbps |
| Residencial Alto | IMC y 1 canal de voz | 1Mbps |
| Residencial Básico | IBC y 1 canal de voz | 512Kbps |

Datos de alta Capacidad = DAC

Internet de alta Capacidad = IAC

Internet de media Capacidad = IMC

Internet de baja Capacidad = IBC

Los equipos considerados para la planificación de esta red pueden llegar a tener un radio de cobertura de 16Km con línea de vista, por lo que el área de acción de la estación base en teoría puede ser de 804 Km² pero sin contar las áreas de sombra. Estos equipos soportan NLOS, pero obviamente el alcance va a ser menor.

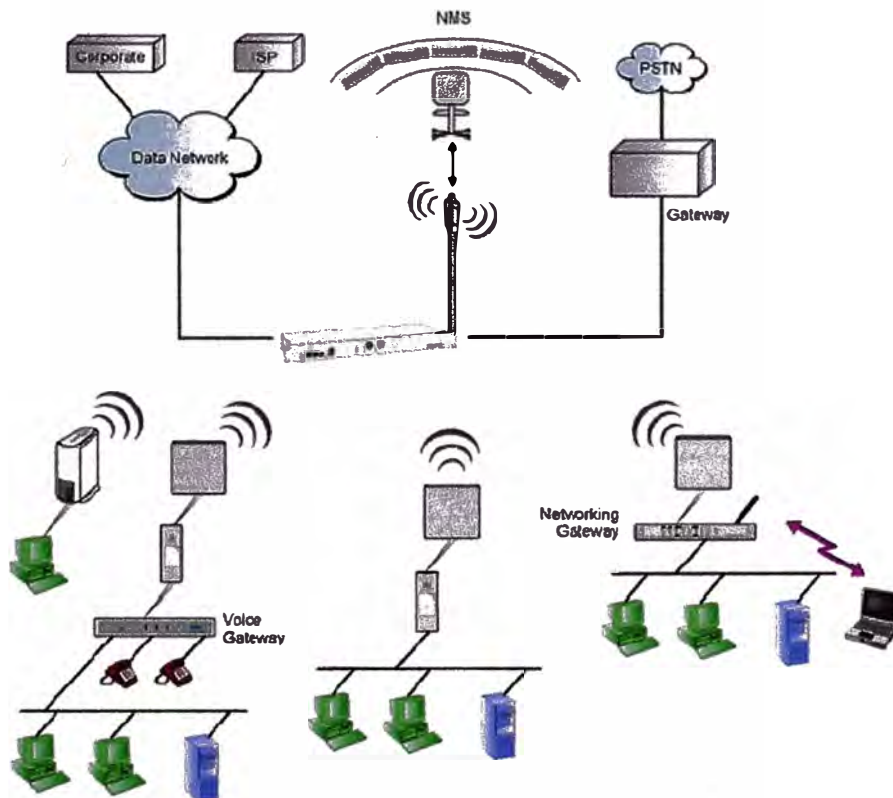
3.5 Opciones de Arquitectura

La empresa operadora que decida hacer uso de esta tecnología y cuente con infraestructura existente desarrollará una arquitectura particular que le permita sacar

provecho de la misma. Se utiliza el concepto de celdas similar a las redes móviles celulares y/o PCS. El sistema (Ver Fig. 3.5) está conformado por los siguientes componentes:

- Equipos de Abonado (CPE): cuenta con una unidad de abonado denominado BreezeMax Subscriber Units y gateways de voz y datos
- Estaciones Base o Celda (BS): cuenta con BreezeMAX Base Station equipment el cual es modular.
- Oficina Central o Centro de Operaciones de Red (NOC): cuenta con los equipos de red (switches, routers, firewalls) para la interconexión con los proveedores de servicios. Y el sistema de Gestión, monitoreo y administración

En el Anexo E se muestran los catálogos con las características de los componentes anteriormente indicados. El sistema empleará una topología punto - multipunto. Y se instalará para el inicio de operaciones una única estación base dividida en 4 sectores, maniobrando las potencias de salida de los equipos para que los sectores que apuntan a los distritos de Poroy y Saylla utilicen la máxima potencia y así obtengan una buena señal de recepción.



Fuente: Manual BreezeMax 3000 Micro Base Station

Fig. 3.5 Sistema de Red a Implementar

3.6. Red de Acceso

Los avances de la tecnología y la consecución de un acceso competitivo están orientando la revolución en este campo hacia la infraestructura del acceso inalámbrico para la prestación de servicios Multimedia. Tradicionalmente, la red de acceso local ha demostrado ser el componente de la red más difícil de construir y menos rentable de mantener, independientemente de que se trate de una economía de país en desarrollo o de país desarrollado. Los esfuerzos en inversión y de ingeniería requeridos para construir y mantener las redes alámbricas han levantado barreras formidables que dificultan su implantación, y han hecho que solo las naciones industrializadas del mundo hayan podido alcanzar tasas elevadas de penetración inicialmente en telefonía básica y ahora en conexiones de banda ancha. El Bucle local para acceso inalámbrico, conocido también como Acceso Inalámbrico Fijo (FWA - Fixed Wireless Access), Bucle Local Radioeléctrico (RLL - Radio Local Loop) o Bucle Local Inalámbrico (WLL - Wireless Local Loop), es una aplicación de la tecnología radioeléctrica y los sistemas de comunicación personal que han experimentado un crecimiento extraordinario.

Para la realización del presente diseño de la Red WIMAX, se tomara en cuenta las consideraciones descritas anteriormente tales como los factores de la estimación y proyección de la demanda, los servicios a brindar, necesidades de espectro y la reglamentación y política del sector.

La mejor alternativa entre usar TDMA y FDMA depende de la aplicación. Para aplicaciones donde el jitter (variación de retardo end to end) necesita mantenerse lo más pequeño posible, FDMA sería lo más aconsejable. En aplicaciones en las cuales son aceptables valores relativamente altos de jitter, para bajos retardos end to end, TDMA sería lo más aconsejable.

El acceso FDMA-FDM con duplexación FDD, puede ser usado para poblaciones pequeñas o cantidades de abonados no muy grandes.

El acceso TDMA-TDM con duplexación FDD, puede ser usado para ciudades con una población muy grande de abonados.

Para el presente proyecto sería más apropiado un acceso TDMA-TDM con duplexación FDD, ya que según el estudio de mercado realizado inicialmente no se requiere de capacidades muy grandes por celda, pero para un futuro crecimiento del número de abonados probablemente las frecuencias del espectro se agoten y podríamos reutilizar las frecuencias.

En la Tabla N° 3.4 se muestra el throughput que alcanzan los equipos BreezeMAX de la marca ALVARION (Que son los usados para los cálculos de este Informe) por tipo de modulación.

TABLA N° 3.4 TROUGHPUT POR TIPO DE MODULACION

| Ancho de Canal | 3.5 MHz | | 1.75 MHz | |
|----------------|------------------------|--------|------------------------|--------|
| Modulación | Throughput neto (Mbps) | | Throughput neto (Mbps) | |
| Dirección | downlink | uplink | downlink | uplink |
| BFSK 1/2 | 0.85 | 0.70 | 0.35 | 0.29 |
| BFSK 3/4 | 1.40 | 1.30 | 0.58 | 0.55 |
| QPSK 1/2 | 2.00 | 1.75 | 0.83 | 0.76 |
| QPSK 3/4 | 3.10 | 2.70 | 1.29 | 1.15 |
| QAM16 1/2 | 4.20 | 3.70 | 1.74 | 1.57 |
| QAM16 3/4 | 6.50 | 5.60 | 2.74 | 2.43 |
| QAM64 2/3 | 8.75 | 7.60 | 3.63 | 3.23 |
| QAM64 3/4 | 10.00 | 8.70 | 4.12 | 3.65 |

Fuente: Alvarion - BreezeMax 3000 Micro Base Station

Estos equipos tienen la ventaja de ser autoadaptables, es decir que van censando continuando la calidad de la señal y cuando detectan caídas en el nivel de potencia, cambian de modulación a un throughput menor, pero asegurando que no haya interrupciones en el servicio y manteniendo el BER constante. De la Tabla anterior se puede determinar además que se logra alcanzar hasta 10Mbps con un canal de 3.5MHz y podemos obtener hasta 7 de estos canales en 25MHz de ancho de banda, llegando así hasta una capacidad de 72Mbps por sector y 288Mbps por celda o estación. Con esta capacidad, por **sector** se podrían obtener hasta 144 clientes del tipo residencial básico, 72 del residencial alto, 36 mediana empresas y 18 grandes empresas. Todas estas cantidades se obtienen al considerar que los tipos de cliente son atendidos cada uno de ellos por un sector de manera exclusiva, situación que se podría dar pero no en la práctica ya que un sector puede atender incluso todos los tipos de clientes (servicios) que se encuentran dentro de su radio de area de servicio. Esta distribución, asignación de velocidades, parámetros de QoS, etc. se realiza

mediante configuración de los equipos vía. Para el diseño se ha considerado celdas de 4 sectores y un factor de reutilización de 1.

3.6.1 Ubicación de las Estaciones Bases y de Conmutación

Las áreas de servicio a atender están centralizadas y próximas, por lo que la elección para la ubicación de la Estación Base es en el centro de la ciudad. La ubicación exacta se aprecia en la Figura 3.6 (en los cruces de las Av. Pachacútec y Tacna), también se han señalado la Plaza de Armas y el Aeropuerto como puntos de referencia de la ciudad.

Para aminorar los costos de los inmuebles a adquirir, y por ende el costo de todo el sistema a implementar se eligió para el Centro de Operaciones de Red se ubique en el mismo lugar que la Estación Base. Desde aquí se enlazarán a los proveedores de servicios de telefonía fija, móvil e Internet para la interconexión con los abonados de otras empresas y servicios tal y como lo exige la ley.

3.6.2 Plan de Frecuencias y Canalización

El espectro para la tecnología WIMAX a utilizar es del tipo licenciada (en capítulos anteriores se definieron las ventajas) y esta en el rango de 3400MHz a 3600MHz, consideraremos el bloques C para el Upstream y el bloques G para el Downstream. Es decir, consideraremos un total 50 MHz de ancho de banda tanto para Downstream como para Upstream con un ancho de canal de 3.5 MHz ó 1.75 MHz ya que este se puede seleccionar por software.

En el diseño de la Red se ha considerado que para el Upstream, cada cliente tendrá una frecuencia asignada para la transmisión desde el CPE hacia la Estación Base, y cada frecuencia tendrá un ancho de banda acorde con su demanda y con el estudio de mercado realizado. Para el Downstream se cuenta con un número de frecuencias portadoras que se obtiene del cálculo de la capacidad del sistema, el cual nos indicará la cantidad de canales que se pueden utilizar en los respectivos sectores de cada celda, valor que dependerá de la demanda del abonado.

3.6.3 Planeamiento del Sistema de Celdas

El solapamiento entre celdas o la redundancia del sistema, es un factor de diseño importante de tal forma que se garantice que un abonado situado cerca del borde de la celda pueda recibir servicio de múltiples direcciones. Este caso no aplica para el presente Informe ya que solo se contará con una Estación Base.

Se debe tener en cuenta para la planificación de las celdas los siguientes atributos:

- **Penetración de Suscriptores:** Donde el desempeño del sistema de distribución se mide con la penetración de los suscriptores o abonados, el cual es el porcentaje de suscriptores que poseen suficiente nivel de señal para lograr una excelente calidad de servicio.
- **Calidad de Servicio (Quality of Service-QoS):** La calidad de servicio se encuentra afectada por varios factores como por ejemplo: la obstrucción del camino de transmisión, el solapamiento entre celdas y la redundancia del sistema.
- **Balance del Enlace:** El Balance del Enlace es utilizado para estimar la máxima distancia a la que un suscriptor puede estar localizado de una celda teniendo aún aceptables niveles de confiabilidad del servicio. El presupuesto contabiliza todas las pérdidas y ganancias del sistema incluyendo transmisores, repetidores, antenas, propagación en espacio libre, convertidores de frecuencia, amplificadores, desvanecimientos por lluvia o vegetación, etc. Los parámetros de calidad que se utilizan en el balance de potencias son la relación portadora a ruido (CNR, Carrier to Noise Ratio), los niveles de distorsión de tercer orden (CTB, Composite Triple Beat), y la relación portadora a interferencia (CIR, Carrier to Interference Ratio), que permitan garantizar el valor objetivo del BER (Bit Error Rate).
- **Selección del tamaño de la celda:** El tamaño máximo de celda para servir un área está relacionado al nivel de confiabilidad deseado obtenido a partir del presupuesto del enlace. El tamaño de la celda puede variar dentro del área de cobertura debido al tipo de antena, su altura y pérdida de señal. Los anteriores efectos guardan relación con el tipo de área de cobertura por ejemplo urbano, suburbano o cobertura de baja densidad. La

selección del tamaño de la celda afecta el costo capital total para la cobertura del área requerida.

- **Modelo Capital – Costo:** Es utilizado para estimar los requerimientos de capital de la red. El modelo encierra consideraciones de diseño tales como balance de enlace, tamaño de celda, solapamiento de celdas, número de celdas, capacidad de tráfico, número de sectores, costo por cada celda, y costo capital total.

Finalmente para los operadores es importante que el Bussines Plan sea viable incluyendo todos los costos (CAPEX + OPEX). En este informe solo se consideran los gastos ocasionados por infraestructura y equipamiento.

La sectorización de las celdas se realiza por cuestiones de tráfico, ya que permite la reutilización de las frecuencias y por lo tanto del ancho de banda disponible. Este hecho requiere de técnicas que son utilizadas para la optimización del rehúso de frecuencias. Las técnicas son:

- Minimización de múltiples caminos y cruce de polarización utilizando antenas altamente direccionales y posicionándolas a grandes alturas.
- Maximización de la direccionalidad de las antenas de las celdas a través de la sectorización del sistema de distribución; el equipo de microondas de la celda es generalmente configurado con múltiples sectores, antenas, transmisores y receptores.
- Maximización del aislamiento entre sectores adyacentes a través de polarización; polarización horizontal (H) y vertical (V) puede ser empleada a lo largo del sistema según un patrón alternado entre los sectores de la celda. La polarización horizontal y vertical de ser requerida, puede ser reutilizada a lo largo del sistema.

A pesar de los esquemas de sectorización, reutilización de frecuencias y distintas polarizaciones que se emplean en los sistemas inalámbricos punto a multipunto, todavía es necesario un análisis cuidadoso del sistema para evitar en lo posible las interferencias co-canal y de canal adyacente.

Las interferencias degradan el BER, siendo necesario un aumento de la potencia de la señal recibida para compensar esta degradación. Existe pues un nivel mínimo de C/I que debe imponerse al sistema, el cual depende del esquema de modulación empleado.

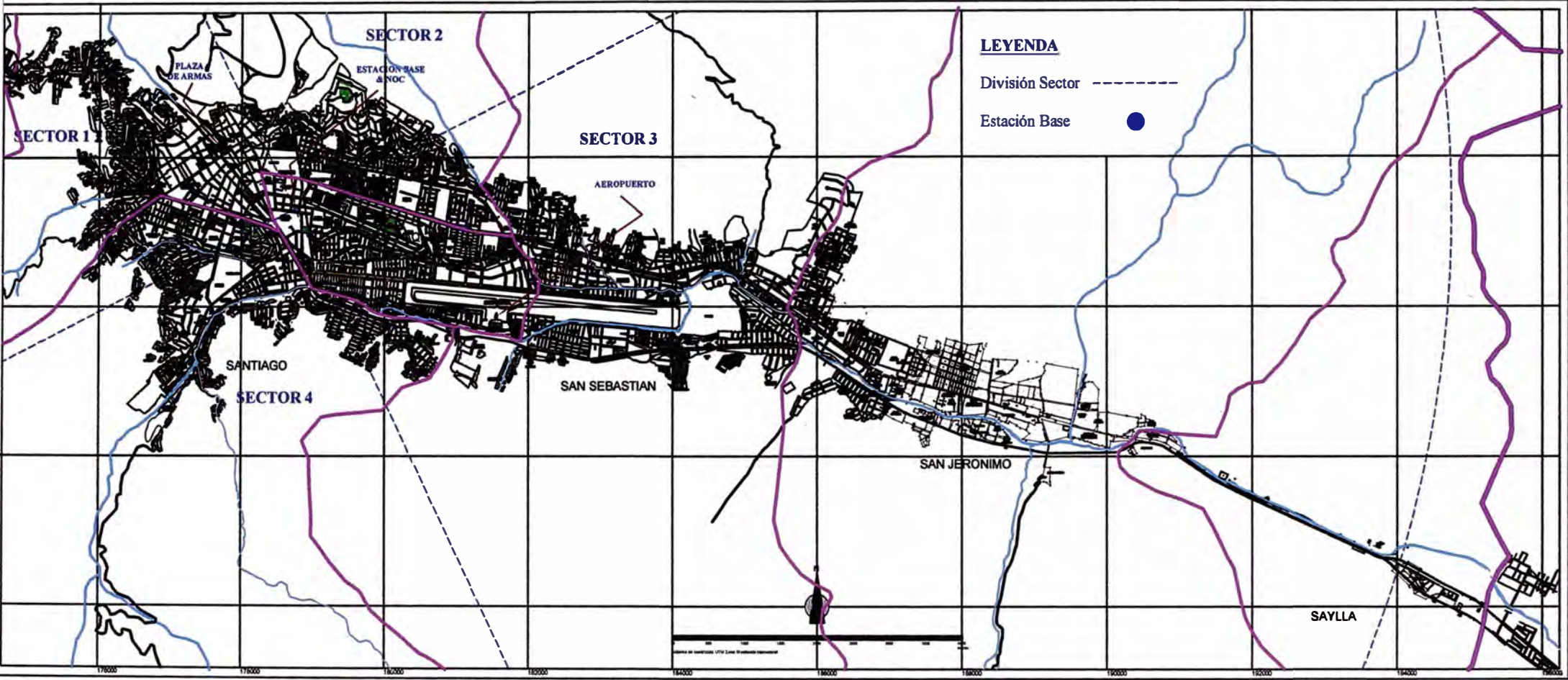


Fig. 3.5 Ubicación Estación Base - Centro de Operaciones y Cobertura por Sector

3.6.4 Cálculos de Propagación

Previo a realizar los cálculos de propagación se hizo una visita de campo a la zona de estudio para determinar las facilidades de línea de vista y los posibles obstáculos que presenta la ciudad. El hecho de haber visibilidad de un punto a otro no asegura que la trayectoria visible sea adecuada para la señal de microondas, pero al menos se sabe que existe una posibilidad; esto se confirma con el análisis minucioso del perfil topográfico y de los cálculos.

Para los cálculos se debe tener en cuenta:

- **Zona de liberación de Fresnel:** Las zonas de Fresnel son como una serie de elipsoides concéntricos, que rodea toda la trayectoria de la señal de microonda. Una sección de corte de la trayectoria de la señal de microonda mostraría una serie de círculos concéntricos. Desde el punto de vista de la propagación, la primera zona de Fresnel es definida como la "superficie" que contiene todos los puntos cuya suma de las distancias, a partir de ese punto hasta las dos extremidades de la trayectoria, es exactamente media longitud de onda mas larga que la trayectoria directa de punta a punta.

El despeje de una zona de Fresnel es importante, tanto del punto de vista de la reflexión como de la obstrucción. En la práctica, para cualquier trayectoria de microondas, se requiere un despeje del 60% del radio de la primera zona de Fresnel.

- **Análisis de la trayectoria de radio:** Para que cualquier sistema de comunicaciones de microondas pueda operar bien, depende de una trayectoria recta entre las antenas en cada extremidad del enlace radio. De manera general, si la trayectoria entre ambos sitios no tiene obstáculos y esta dentro de las distancias permitidas, el sistema será confiable. Si suponemos que de un sitio de radio al otro se pueda trazar una línea recta, la viabilidad del enlace de radio de una punta a otra dependerá de las ganancias, pérdidas y sensibilidad de recepción del sistema. Las ganancias están asociadas a la potencia de transmisión de radio y las ganancias de las antenas de recepción y transmisión. Las pérdidas están asociadas al cableado entre los radios y sus respectivas antenas y con la trayectoria entre ambas. Uno de los primeros puntos que hay que considerar en la trayectoria de la señal de microondas es la distancia real entre las antenas. Cuanto más largo el recorrido de la señal sea, mayor sería la pérdida; esta forma de atenuación se llama Pérdida en el Espacio Libre.

- La tecnología WIMAX tiene la característica de no necesitar línea de vista para lograr una conexión por radio, la señal alcanza el receptor a través de reflexiones, difracciones y dispersiones. La señal que llega al receptor esta formada por una composición de señales que llegan a través de las anteriores formas de propagación (reflexiones, dispersiones y difracciones). Estas señales tienen diferentes retardos, atenuaciones, polarizaciones y estabilidad relativa frente a la señal que se transmite por el camino directo. A esto se denomina NLOS.

Para los cálculos de los enlaces para estimar el radio de cobertura de la BS se han empleado las siguientes fórmulas:

Pérdida de Espacio Libre:

$$A_o = 32.4 + 20 \log (d) + 20 \log (f) \quad (3.1)$$

Donde:

d: Distancia del tramo en Km.

f: Frecuencia en MHz.

Nivel de Potencia a la Entrada del Receptor:

$$P_{rx} = P_{tx} + G_t - A_o - L_t \quad (3.2)$$

Donde:

P_{tx}: Potencia de salida del transmisor, en dBm.

G_t: Suma de ganancia de la antena del receptor y transmisor

L_t: Pérdida total (pérdida en los alimentadores)

Nivel de Umbral

Para nuestro caso, no fue necesario calcular el nivel umbral, puesto que el equipo en sus especificaciones técnicas proporciona ese valor.

Profundidad de Desvanecimiento:

$$F_d = 10 \log (P_R/T) \quad (3.3)$$

Donde:

P_R: Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento tipo Rayleigh

T: Probabilidad de tiempo permisible de interrupción

Probabilidad de ocurrencia de desvanecimiento tipo Rayleigh:

$$P_R = (f/4)^{1.2} \times Q \times d^{3.5} \quad (3.4)$$

Donde:

f: Frecuencia, en GHz

d: Distancia del tramo, en Km

Q: Coeficiente de la trayectoria

Para nuestro caso el coeficiente para zona montañosa será: 2.1×10^{-9}

(Para Zona Plana es 5.2×10^{-9})

Probabilidad del tiempo permisible de interrupción

$$T = t \times d/D (\%) \quad (3.5)$$

Donde:

t: Probabilidad del tiempo de interrupción en el circuito de referencia

D: Longitud del circuito de referencia

d: Longitud del tramo

Comparadas por la luz visible, las bandas de radiofrecuencia más bajas que 5.8GHz no son muy afectadas por la niebla, nubes, lluvia, nieve, granizo, humo, etc. Como la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia es mucho más grande que el tamaño de las gotas de agua, partículas de humo o vapor, esos fenómenos son transparentes para la señal de radio. Cuando se transmite en radiofrecuencia desde una antena parabólica, la energía sale hacia fuera, como si fuera un haz de luz. Ese haz de microondas puede sufrir tanto la influencia del terreno que separa las antenas, como los obstáculos que se encuentran en su camino. En este caso la pérdida por lluvia o por el terreno se ha considerado igual a cero.

En el Anexo B, se hace un cálculo de propagación para dos casos posibles de modulación:

- Con modulación 64QAM (que brinda una alta tasa de transmisión) y anchos de canal de 3.5 Mhz y 1.75 MHz. Que son los que soporta el equipo a emplear, llegando a tener un alcance de 16 Km. con un Margen de desvanecimiento de 10.87 dB.
- Con modulación BPSK y anchos de canal de 3.5 Mhz y 1.75 MHz. Que son los que soporta el equipo a emplear, llegando a tener un alcance de hasta 25 Km. con un Margen de desvanecimiento de 24.99 dB.

Con estos radios de alcance obtenidos aseguramos la cobertura para zonas con línea de vista, para las que no tuvieran (los equipos soportan NLOS) el radio sería menor y dependería de los tipos de obstáculo que hay en la ciudad como edificios, árboles, etc. no sumen atenuaciones adicionales que disminuyan el margen de fading.

La torre en el BS es autosorpotada y de 24m, en el ANEXO D se indican sus características.

3.6.5 Dimensionamiento del Equipamiento e Infraestructura

Aquí se definirán los componentes de la Red a usar tanto del lado de Abonado como de la Estación Base.

a) Estaciones Base y Centro de Operaciones de Red

Punto central de operación donde se realizan las funciones de modulación y demodulación, la conmutación con la red de la operación local, al proveedor de acceso a Internet, los servidores de vídeo y cualquier equipo multimedia. Adicionalmente se realizan todas las funciones el monitoreo y manejo de los equipos WIMAX, asignación de canales, autenticación, gerencia de tráfico y facturación.

Las Estaciones Base es donde se colocan los radios para la distribución punto - multipunto de la señal. Para el presente caso, el NOC y la BS se ubicaran en un mismo cuarto de comunicaciones. Para el desarrollo de este informe los sectores son de 90 grados. Ver Figura N° 3.7.

El NOC contiene el equipo del Sistema de Administración de la Red (Network Management System - NMS) que está encargado de administrar amplias regiones de la red. Cuando el Sistema de Gestión detecta un fallo en un determinado equipo se conmuta al equipo de reserva (En los casos que la configuración de la arquitectura tenga redundancia) en unos pocos microsegundos. Los transmisores y receptores digitales de banda ancha poseen tarjetas de monitorización cuya función es medir parámetros tales como potencia de salida, temperatura, frecuencia del oscilador local, etc. Todos estos valores analógicos se digitalizan y se transmiten hacia el centro

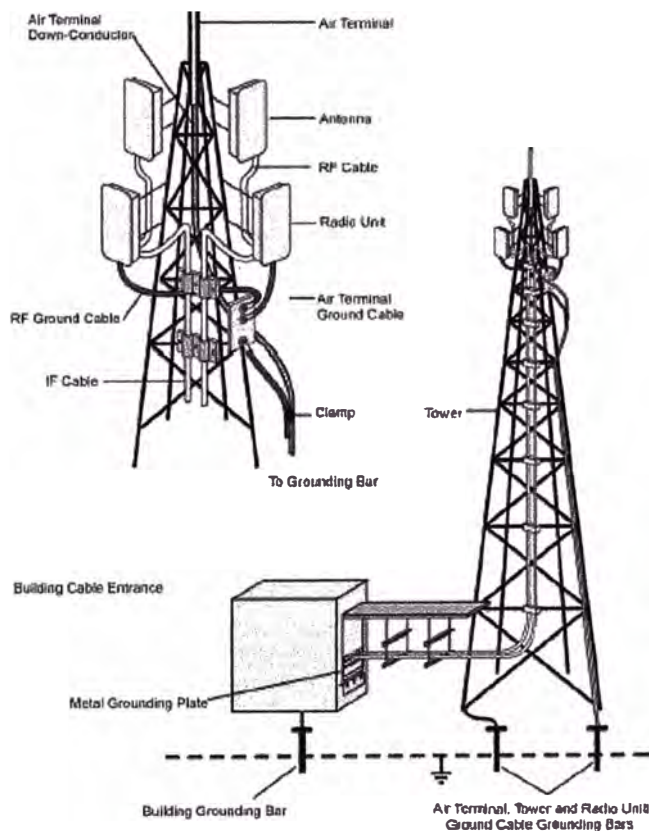
de control de red, el cual se encarga de comprobar los márgenes de funcionamiento y conmutar al equipamiento redundante en caso de fallo.

La disponibilidad de la red o fiabilidad suele medirse por medio del porcentaje de tiempo que el sistema funciona correctamente. Los valores típicos de disponibilidad oscilan entre el 99.9 % y el 99.999 %.

b) De Abonado

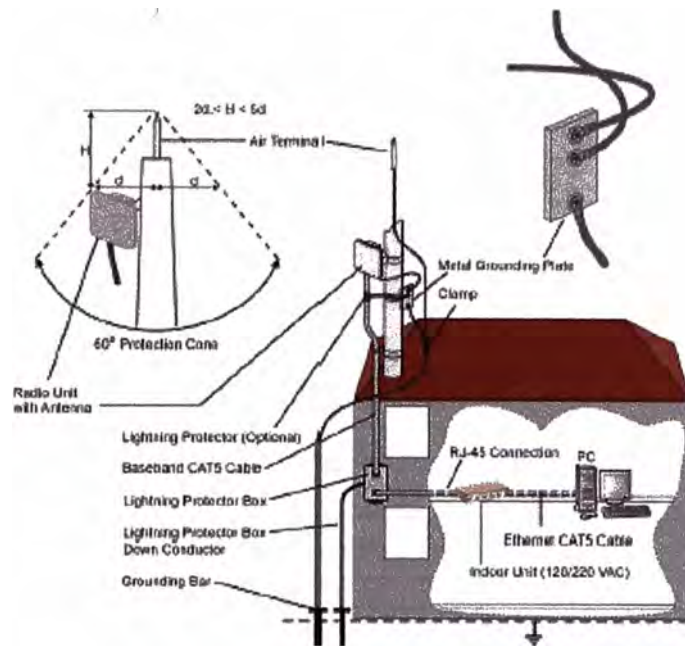
Considera todo el equipo necesario para garantizar la recepción y decodificación de las señales e incluye antena, tarjeta de interfaz a red y decodificador integrado en el receptor.

En esta parte de la red, específicamente en el techo del abonado se ubica la antena seguida de su equipo de radio y a través de cable coaxial distribuye la señal a cada piso o ambiente del edificio del abonado hasta el switch o el router para la posterior conexión con el hub o concentrador hasta los terminales del abonado, ya sea una PC o un teléfono. Ver Figura N° 3.8.



Fuente: Manual BreezeMax 3000 Micro Base Station

Fig. 3.7 Instalación de antenas y sistema de tierra (BS)



Fuente: Manual BreezeMax 3000 Micro Base Station

Fig. 3.8 Instalación antena, equipos de abonado y Sistema de tierra (CPE)

c) Energía y Protección

Como la locación de la BS y del NOC, se encuentran en una zona urbana la energía a considerar para la alimentación de los mismos es la convencional, es decir 220Vac.

Se ha considerado lo correspondiente a la protección del equipamiento y la seguridad del personal operador de los sistemas de telecomunicaciones. Podemos destacar tres componentes:

- Sistema de potencia ininterrumpible (UPS's), con una autonomía de mínimo 30 minutos, tiempo suficiente para que entre en operaciones un grupo electrógeno.
- Las puestas a tierra son componentes muy importantes del sistema, ya que deben ser diseñadas para permitir la conducción hacia tierra de cargas eléctricas originadas por rayos (descargas atmosféricas), fallas eventuales del sistema o electricidad estática, además deben tener gran capacidad de dispersión evitando la presencia de potenciales (Voltajes) peligrosos en la superficie del suelo, que puedan atentar contra personas o en contra de equipos muy costosos. No sólo el costo de estos equipos

peligra sino también la información que contienen estos equipos que muchas veces puede ser irrecuperable o puede resultar muy costosa la recuperación de dicha información.

El sistema de puesta a tierra tiene por finalidad proteger la vida de las personas, evitar daños en los equipos por las sobrecorrientes que se pueden presentar debido a sobretensiones y mejorar la efectividad de las protecciones eléctricas, al proporcionar una adecuada conducción de la corriente de falla a tierra.

- Y los Pararrayos.

3.6.6 Especificaciones Técnicas del equipamiento

En el Anexo C se adjuntan los catálogos de los equipos empleados (CPE y BS), y en estos se detallan sus especificaciones técnicas.

CAPITULO IV

COSTOS Y PRESUPUESTOS

En un plan de negocio, el objetivo que se busca es obtener una “rentabilidad”, las decisiones de inversión en la red están condicionadas al periodo de retorno de ingresos. Este capítulo está enfocado solo a determinar el costo que implica el implementar la infraestructura para el soporte de una Red WIMAX. Por lo que se busca convertir los recursos de red en cifras de CAPEX (inversión) y OPEX (gasto).

Para el cálculo de la inversión CAPEX, se consideran todos los subsistemas de red:

- Subsistema de acceso: Inversión en la BS y CPE
- Subsistema troncal: backbone de para la interconexión con otros Operadores.
- Subsistema de gestión: Plataformas de supervisión, servidores, hw y sw.
- Costes asociados a los locales: adquisición, legalización, acondicionamiento del local (torres, alimentación, sistemas de back-up, obra civil...)
- Otros servicios (formación, herramientas de planificación, etc...)

Para el cálculo del gasto del OPEX, se consideran todo aquello que no es inversión de red:

- Mantenimiento de red (servicios reparación, atención 7x24...)
- Pago de frecuencias (La banda usada es licenciada, pero para la zona de estudio es a solicitud de parte).
- Tasas de interconexión
- Alquileres y gastos asociados a los locales por servicios (agua, luz, impuestos...)

La estimación del CAPEX/OPEX junto a otros valores (gastos no técnicos) como Marketing, gestión de atención al cliente, costos de personal, alquileres, gastos generales (seguros, gestión, administración...) nos da el total de inversión realizada y son los detalles que se deben tener en cuenta.

En este informe solo se desarrollará lo referente a los gastos de inversión por infraestructura y equipamiento.

4.1. Costos de Equipamiento

Los equipos del cliente se pueden ir adquiriendo según demanda, se estima para un plan de ingreso al mercado de 100 equipos por tipo servicio. El software de gestión maneja tres componentes: Licencia para BS (Por estaciones), Licencia para CPE (Por equipos) y el Software propiamente dicho. Se considero para las licencias lo mínimo necesario para iniciar operaciones, después se pueden adquirir mas licencias ya que el mismo es modular,

TABLA Nº 4.1 GASTOS DE INVERSION EN EQUIPOS

| Equipo | Precio Unitario (USD) | Cantidad | Total (USD) |
|--|-----------------------|----------|-------------------|
| CPE: Equipo IDU de Voz | 40.00 | 100 | 4 000.00 |
| CPE: Equipo IDU de Networking | 80.00 | 100 | 8 000.00 |
| CPE: Equipo ODU hasta 1Mbps | 400.00 | 60 | 24 000.00 |
| CPE: Equipo ODU hasta 3Mbps | 700.00 | 30 | 21 000.00 |
| CPE: Equipo ODU hasta 6Mbps | 900.00 | 10 | 9 000.00 |
| BS: Equipo Radio (4 Sectores + Power Supply Card) | 14000.00 | 1 | 14 000.00 |
| NOC: Software de Gestión | 27500.00 | 1 | 27 500.00 |
| NOC: Equipos Conexión Switches, Router, ... (Global) | 110000.00 | 1 | 110 000.00 |
| NOC: UPS 10KVA | 6000.00 | 2 | 12 000.00 |
| NOC: Banco de baterías para UPS | 1800.00 | 4 | 7 200.00 |
| TOTAL USD (Incluido IGV) | | | 236 700.00 |

4.2. Costo de Infraestructura

TABLA Nº 4.2 GASTOS DE INVERSION EN INFRAESTRUCTURA

| Descripción | Precio Unitario (USD) | Cantidad | Total (USD) |
|---|-----------------------|----------|------------------|
| Torre Autosoportada 24m | 6000.00 | 1 | 6 000.00 |
| Sistema de puesta a tierra | 1000.00 | 2 | 2 000.00 |
| Pararrayos con pozo independiente | 1500.00 | 1 | 1 500.00 |
| Obras Civiles para acondicionamiento NOC y BS | 25000.00 | 1 | 25 000.00 |
| TOTAL USD (Incluido IGV) | | | 34 500.00 |

La inversión por infraestructura y equipamiento tanto del NOC como de la BS más los equipos de abonado (crecimiento moderado) es de aproximadamente USD \$ 270 000.00, que es el costo para implementar una red WIMAX.

El costo de los terminales CPE son los de mayor costo si se comparan con los del servicio ADSL, pero esto se justifica ya que presentan mejores funcionalidades y variedad de interfaces de conexión.

El impacto que el CAPEX tiene sobre el modelo de negocio depende de la política adoptada por el operador respecto de las inversiones. Algunas opciones son:

- El operador carga el costo total de los terminales e instalación
- El operador compensa parte del costo imponiendo como cargo de única vez o alquiler del equipo
- El operador ofrece incentivos para alentar la compra del equipo a través de rebates o reduciendo costos sobre el servicio

En la Tabla N° 4.3 se resume los tipos de inversión y el impacto

| Componentes CAPEX | Tipo de Inversión | Impacto en el cargo de Equipo |
|-------------------|--|--|
| NOC | Única vez: por adelantado para cubrir el área de servicio | Menor: CAPEX es dividido entre todos los usuarios, dependiendo del área. |
| BS | Escalonada: se invierte mientras se construye la red. Inicialmente en áreas con alto potencial de ingresos. | Moderado: es dividido entre todos los usuarios |
| CPE | Escalonada: cuando el usuario pide el servicio | Alta: el operador asume el costo Moderada: es dividido entre los usuarios Menor: el usuario compra el equipo |

Para poder llevar a cabo un plan de negocio total, hace falta conocer el total de inversión realizada, al igual que el volumen de ingresos. Estos se obtienen a partir del crecimiento de clientes estimado por marketing y del perfil medio del usuario, este análisis no es enfocado en el Informe.

CONCLUSIONES

- ◆ Para desarrollar la planificación de una red WIMAX se hace necesario considerar los aspectos legales, técnicos y económicos.
- ◆ Desde el punto de vista económico, el proyecto resulta atractivo por:
 - ✓ Lo costos globales de inversión son menores que el de una red de cableada equivalente (sea este en cobre, fibra óptica o coaxial), ya que permite el ahorro en obras civiles como por ejemplo: zanjas, tendido de postes ...
 - ✓ Al ser el medio de transmisión por radio, el desarrollo de la infraestructura necesaria para el establecimiento del servicio es fácil de desarrollar y el tiempo de ejecución es mucho menor por lo que puede desplegarse y ponerse operativa en menos tiempo que las redes cableadas.
 - ✓ Baja inversión inicial, ya que solo se hace necesario desplegar las estaciones base que cubren al area geográfica a atender y los equipos son instalados de acuerdo á la demanda efectiva de usuarios.
- ◆ WIMAX permite llevar los servicios a áreas de difícil cobertura para otros medios de acceso, debido a la baja densidad de abonados, accidentes geográficos, etc.
- ◆ La capacidad multiplataforma y multiservicio de esta tecnología, permite brindar una amplia gama de servicios, desde los básicos de voz hasta los más avanzados de datos. Lo que lleva a optimizar los recursos de la red de acceso al poder utilizar la misma infraestructura de llegada al abonado para proporcionar estos servicios.
- ◆ Crecimiento adaptado a la demanda, ya que una vez realizado el despliegue inicial de la red, esta tecnología crece proporcionalmente a la demanda. Sin necesidad de introducir cambios en la infraestructura hasta que el numero de usuarios sobrepase la capacidad de la BS.
- ◆ El uso del espectro es a solicitud de parte lo que lleva a un ahorro en la inversión.
- ◆ A pesar que los gastos de inversión son altos, el proyecto es viable ya que puede entrar en operaciones muy rápidamente e ir creciendo según demanda.

ANEXO A
EVOLUCION DE LAS LINEAS EN SERVICIO DE TELEFONIA

EVOLUCION DE LAS LINEAS EN SERVICIO DE TELEFONIA FIJA POR DEPARTAMENTO

| Departamentos | Número de Líneas en servicio | | | | | | | | | | | | | | | Densidad ¹⁾ |
|---------------|------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| | 2000 | % de variación 01/00 | 2001 | % de variación 02/01 | 2002 | % de variación 03/02 | 2003 | % de variación 04/03 | 2004 | % de variación 05/04 | 2005 | % de variación 06 / 05 | 2006 | % de variación 07 / 06 | 2007 | |
| Amazonas | 3 677 | -3,5% | 3 548 | 4,7% | 3 713 | 22,2% | 4 537 | 25,3% | 5 686 | 12,2% | 6 381 | -1,3% | 6 300 | 14% | 7 170 | 1,7 |
| Ancash | 39 811 | -7,8% | 36 718 | 5,9% | 38 884 | 13,9% | 44 294 | 12,8% | 49 980 | 12,2% | 56 097 | 6,5% | 59 743 | 9% | 65 331 | 6,0 |
| Apurímac | 4 478 | -0,3% | 4 464 | 7,9% | 4 815 | 15,8% | 5 577 | 11,7% | 6 229 | 7,8% | 6 713 | 3,1% | 6 920 | 7% | 7 437 | 1,7 |
| Arequipa | 75 420 | -0,4% | 75 085 | 7,2% | 80 492 | 10,1% | 88 641 | 10,5% | 97 931 | 9,2% | 106 961 | 8,2% | 115 746 | 9% | 126 391 | 10,5 |
| Ayacucho | 9 450 | -1,7% | 9 286 | 5,9% | 9 830 | 12,3% | 11 035 | 14,0% | 12 582 | 12,5% | 14 156 | 13,8% | 16 114 | 13% | 18 135 | 2,7 |
| Cajamarca | 15 554 | -0,7% | 15 452 | 9,2% | 16 877 | 24,1% | 20 946 | 20,1% | 25 164 | 21,1% | 30 477 | 2,5% | 31 226 | 8% | 33 772 | 2,4 |
| Cusco | 35 040 | -4,5% | 33 449 | 4,8% | 35 041 | 12,0% | 39 235 | 5,3% | 41 322 | 9,6% | 45 288 | 6,6% | 48 263 | 6% | 52 123 | 4,3 |
| Huancavelica | 1 786 | -7,4% | 1 653 | 10,5% | 1 827 | 20,6% | 2 204 | 26,6% | 2 791 | 19,7% | 3 342 | 16,8% | 3 903 | 4% | 4 048 | 0,9 |
| Huánuco | 10 433 | -6,3% | 9 775 | 7,3% | 10 489 | 7,9% | 11 319 | 9,8% | 12 427 | 12,7% | 14 008 | 7,2% | 15 014 | 12% | 16 864 | 2,2 |
| Ica | 36 413 | -6,8% | 33 927 | 7,3% | 36 414 | 10,8% | 40 338 | 10,3% | 44 475 | 11,0% | 49 384 | 7,2% | 52 922 | 9% | 57 480 | 8,1 |
| Junín | 38 207 | -4,3% | 36 563 | 6,7% | 39 004 | 13,4% | 44 246 | 13,5% | 50 231 | 12,2% | 56 382 | 9,3% | 61 630 | 13% | 69 725 | 5,9 |
| La Libertad | 78 364 | -2,4% | 76 495 | 7,1% | 81 919 | 11,3% | 91 164 | 15,9% | 105 665 | 14,4% | 120 926 | 8,4% | 131 108 | 16% | 151 438 | 9,4 |
| Lambayeque | 46 127 | -4,2% | 44 175 | 12,7% | 49 785 | 12,7% | 56 132 | 15,7% | 64 971 | 13,6% | 73 809 | 6,7% | 78 756 | 14% | 89 828 | 7,8 |
| Lima y Callao | 1 074 758 | -2,2% | 1 051 458 | 4,2% | 1 095 438 | 10,3% | 1 207 770 | 10,6% | 1 335 345 | 8,0% | 1 442 461 | 5,7% | 1 525 184 | 11% | 1 686 924 | 18,5 |
| Loreto | 21 457 | -5,2% | 20 338 | 11,3% | 22 640 | 12,4% | 25 457 | 7,3% | 27 306 | 19,2% | 32 561 | 14,9% | 37 408 | 26% | 47 141 | 4,9 |
| Madre de Dios | 2 316 | 0,1% | 2 319 | 5,5% | 2 446 | 2,4% | 2 504 | 14,6% | 2 869 | 12,9% | 3 240 | 7,6% | 3 485 | 19% | 4 149 | 3,9 |
| Moquegua | 8 478 | -6,9% | 7 890 | 2,4% | 8 082 | 12,1% | 9 061 | 8,8% | 9 855 | 11,3% | 10 970 | 9,6% | 12 025 | 11% | 13 371 | 7,9 |
| Pasco | 3 120 | -7,4% | 2 889 | 1,7% | 2 939 | 31,2% | 3 857 | 14,5% | 4 418 | 14,3% | 5 051 | 4,2% | 5 265 | 21% | 6 364 | 2,3 |
| Piura | 43 118 | -5,5% | 40 758 | 16,7% | 47 570 | 14,0% | 54 238 | 21,0% | 65 652 | 16,9% | 76 778 | 13,4% | 87 063 | 18% | 102 586 | 6,0 |
| Puno | 18 411 | -9,8% | 16 612 | 1,5% | 16 858 | 17,9% | 19 876 | 9,3% | 21 724 | 8,0% | 23 468 | 5,6% | 24 781 | 5% | 25 925 | 2,0 |
| San Martín | 12 409 | 5,9% | 13 136 | 9,3% | 14 360 | 13,3% | 16 266 | 15,7% | 18 815 | 20,1% | 22 591 | 5,6% | 23 846 | 15% | 27 347 | 3,8 |
| Tacna | 19 551 | -10,5% | 17 505 | 1,2% | 17 715 | 5,3% | 18 655 | 7,0% | 19 964 | 9,6% | 21 878 | 7,6% | 23 545 | 2% | 23 935 | 8,0 |
| Tumbes | 7 118 | -10,6% | 6 367 | 12,2% | 7 146 | 11,6% | 7 978 | 15,4% | 9 203 | 11,9% | 10 302 | 2,5% | 10 555 | 22% | 12 854 | 6,2 |
| Ucayalí | 12 086 | -8,2% | 11 094 | 11,2% | 12 340 | 12,1% | 13 835 | 10,0% | 15 217 | 16,3% | 17 698 | 11,9% | 19 802 | 16% | 23 014 | 5,3 |
| Total | 1 617 582 | -2,9% | 1 570 956 | 5,5% | 1 656 624 | 11,0% | 1 839 165 | 11,5% | 2 049 822 | 9,8% | 2 250 922 | 6,6% | 2 400 604 | 11% | 2 673 352 | 9,6 |

¹⁾ Número de líneas en servicio por cada 100 habitantes

Densidad calculada en base a datos oficiales de población proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

Fuente: Empresas operadoras

Elaboración: DGRAIC- MTC

EVOLUCION DE LAS LINEAS MOVILES EN SERVICIO POR DEPARTAMENTO

| Departamento | Número de líneas móviles en servicio | | | | | | | | | | | | Densidad 2007 | |
|---------------|--------------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------|
| | 2001 | % de variación 02/01 | 2002 | % de variación 03/02 | 2003 | % de variación 04/03 | 2004 | % de variación 05/04 | 2005 | % de variación 06/05 | 2006 | var. % 2007 / 2006 | | 2007 |
| Amazonas | 842 | -18% | 687 | 205% | 2 097 | 160% | 5 458 | 93% | 10 512 | 109% | 22 007 | 96% | 54 398 | 13,6 |
| Ancash | 30 248 | 44% | 43 536 | 22% | 52 967 | 44% | 76 109 | 48% | 112 362 | 78% | 199 554 | 72% | 404 793 | 37,2 |
| Apurimac | 1 183 | 38% | 1 636 | 116% | 3 635 | 119% | 7 725 | 85% | 14 322 | 106% | 29 496 | 96% | 71 529 | 16,3 |
| Arequipa | 79 292 | 49% | 118 124 | 31% | 154 912 | 27% | 196 317 | 55% | 305 259 | 65% | 504 953 | 59% | 906 511 | 75,3 |
| Ayacucho | 4 478 | 42% | 6 348 | 52% | 9 871 | 109% | 20 197 | 58% | 31 840 | 129% | 73 031 | 107% | 188 707 | 28,0 |
| Cajamarca | 13 209 | 70% | 22 454 | 68% | 37 639 | 56% | 58 773 | 35% | 79 418 | 95% | 154 775 | 83% | 337 840 | 23,7 |
| Cusco | 26 382 | 67% | 41 547 | 28% | 53 088 | 46% | 77 497 | 54% | 119 301 | 83% | 218 709 | 71% | 436 982 | 35,6 |
| Huancavelica | 368 | -27% | 267 | 190% | 774 | 189% | 2 079 | 114% | 4 444 | 162% | 11 648 | 94% | 28 236 | 6,0 |
| Huánuco | 4 934 | 47% | 7 234 | 47% | 10 609 | 105% | 21 750 | 63% | 35 454 | 94% | 68 762 | 73% | 140 489 | 18,2 |
| Ica | 23 907 | 11% | 26 647 | 91% | 50 774 | 66% | 84 054 | 70% | 143 165 | 72% | 246 097 | 65% | 456 064 | 64,1 |
| Junín | 25 857 | 56% | 40 278 | 24% | 49 820 | 48% | 73 668 | 59% | 116 822 | 90% | 222 278 | 80% | 461 785 | 38,9 |
| La Libertad | 66 556 | 120% | 152 314 | -4% | 146 558 | 29% | 189 036 | 35% | 254 580 | 71% | 436 301 | 71% | 865 880 | 53,6 |
| Lambayeque | 38 508 | -41% | 22 570 | 264% | 82 238 | 41% | 115 724 | 48% | 171 712 | 77% | 303 933 | 76% | 627 119 | 54,8 |
| Lima y Callao | 1 311 810 | 26% | 1 649 970 | 24% | 2 039 430 | 37% | 2 785 351 | 29% | 3 597 193 | 45% | 5 203 276 | 46% | 8 238 006 | 90,3 |
| Loreto | 10 176 | 66% | 16 911 | 18% | 19 985 | 60% | 32 028 | 46% | 46 694 | 74% | 81 025 | 69% | 158 652 | 18,6 |
| Madre de Dios | 1 075 | 16% | 1 250 | 16% | 1 444 | 125% | 3 242 | 167% | 8 658 | 167% | 23 074 | 80% | 50 689 | 47,3 |
| Moquegua | 5 311 | 43% | 7 613 | 71% | 13 027 | 87% | 24 332 | 73% | 42 080 | 74% | 73 378 | 47% | 122 256 | 72,1 |
| Pasco | 1 716 | 64% | 2 647 | -1% | 2 628 | 142% | 6 350 | 88% | 11 968 | 163% | 31 518 | 106% | 79 508 | 28,1 |
| Piura | 38 337 | 61% | 61 636 | 34% | 82 502 | 49% | 123 170 | 50% | 184 517 | 71% | 315 724 | 68% | 629 092 | 36,5 |
| Puno | 16 477 | 66% | 27 319 | 38% | 37 688 | 55% | 58 285 | 64% | 95 854 | 112% | 203 210 | 95% | 486 482 | 36,9 |
| San Martín | 3 194 | 50% | 4 778 | 42% | 6 762 | 113% | 14 382 | 87% | 26 862 | 133% | 62 688 | 99% | 157 182 | 21,9 |
| Tacna | 23 713 | 59% | 37 711 | 35% | 50 833 | 21% | 61 674 | 49% | 91 882 | 58% | 145 284 | 54% | 250 885 | 84,0 |
| Tumbes | 4 851 | 35% | 6 572 | 51% | 9 932 | 122% | 22 001 | 79% | 39 287 | 72% | 67 645 | 55% | 118 365 | 58,7 |
| Ucayali | 4 860 | 42% | 6 894 | 66% | 11 439 | 104% | 23 346 | 68% | 39 184 | 89% | 73 888 | 72% | 145 797 | 33,4 |
| Total | 1 737 284 | 33% | 2 306 943 | 27% | 2 930 343 | 40% | 4 082 558 | 36% | 5 583 356 | 57% | 8 772 154 | 76% | 15 417 247 | 55,6 |

Servicios móviles: Telefonía móvil, PCS y Troncalizado digital

^{1/} Número de líneas en servicio por cada 100 habitantes

Densidad calculada en base a datos de población proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

Fuente: Empresas operadoras

Elaboración: DGRAIC- MTC

EVOLUCION DE LAS LINEAS DE TELEFONIA PUBLICA POR DEPARTAMENTO

| Departamento | Número de teléfonos públicos en servicio | | | | | | | | | | | | | | | | Densidad ² |
|---------------|--|---------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | var. % 00/99 | 2000 | var. % 01/00 | 2001 | var. % 02/01 | 2002 | var. % 03/02 | 2003 | var. % 04/03 | 2004 | var. % 05/04 | 2005 | var. % 06/05 | 2006 | var. % 07/06 | 2007 | 2007 |
| Amazonas | 12% | 309 | 39% | 430 | 86% | 800 | 15% | 920 | -8% | 851 | -1% | 845 | 2% | 864 | 13% | 977 | 2,3 |
| Ancash | 54% | 3 471 | 0% | 3 471 | 12% | 3 879 | 15% | 4 464 | 8% | 4 814 | 1% | 4 884 | -8% | 4 508 | 11% | 4 999 | 4,6 |
| Apurímac | 68% | 523 | -11% | 466 | 102% | 942 | 4% | 978 | 9% | 1 068 | 1% | 1 077 | 22% | 1 319 | 3% | 1 356 | 3,1 |
| Arequipa | 37% | 4 879 | 9% | 5 320 | 27% | 6 760 | 11% | 7 474 | 12% | 8 334 | 4% | 8 639 | -8% | 7 905 | -10% | 7 150 | 5,9 |
| Ayacucho | 69% | 1 169 | -10% | 1 050 | 57% | 1 652 | -1% | 1 640 | 12% | 1 843 | -7% | 1 713 | -5% | 1 630 | 0% | 1 634 | 2,4 |
| Cajamarca | 45% | 1 565 | 8% | 1 684 | 40% | 2 363 | 22% | 2 894 | -1% | 2 855 | 4% | 2 975 | 6% | 3 161 | 13% | 3 564 | 2,5 |
| Cusco | 47% | 2 897 | 1% | 2 926 | 46% | 4 266 | 12% | 4 760 | 8% | 5 117 | 3% | 5 264 | 2% | 5 350 | 3% | 5 529 | 4,5 |
| Huancavelica | 50% | 286 | -16% | 240 | 161% | 626 | 3% | 647 | 12% | 722 | -1% | 713 | 2% | 724 | 9% | 790 | 1,7 |
| Huánuco | 42% | 947 | -6% | 891 | 48% | 1 316 | 22% | 1 604 | 6% | 1 697 | 5% | 1 776 | 6% | 1 885 | 17% | 2 213 | 2,9 |
| Ica | 44% | 2 675 | -5% | 2 535 | -6% | 2 374 | 3% | 2 445 | 21% | 2 958 | 12% | 3 308 | 7% | 3 533 | 2% | 3 596 | 5,1 |
| Junín | 45% | 4 493 | -4% | 4 292 | 18% | 5 049 | 10% | 5 547 | 6% | 5 854 | -1% | 5 768 | 1% | 5 852 | 3% | 6 011 | 5,1 |
| La Libertad | 33% | 4 429 | 16% | 5 136 | 20% | 6 156 | 13% | 6 956 | 15% | 7 996 | 4% | 8 276 | -1% | 8 225 | -6% | 7 701 | 4,8 |
| Lambayeque | 30% | 3 357 | 11% | 3 731 | 14% | 4 247 | 8% | 4 595 | 2% | 4 664 | 4% | 4 860 | -1% | 4 808 | 3% | 4 945 | 4,3 |
| Lima y Callao | 26% | 40 265 | 24% | 49 734 | 14% | 56 690 | 19% | 67 743 | 14% | 76 952 | 7% | 82 469 | 8% | 88 827 | 11% | 98 328 | 10,8 |
| Loreto | 39% | 1 374 | 15% | 1 582 | 35% | 2 140 | -4% | 2 050 | 4% | 2 136 | 2% | 2 174 | 6% | 2 301 | 11% | 2 564 | 2,7 |
| Madre de | 30% | 185 | 24% | 229 | 22% | 280 | 1% | 282 | 8% | 304 | -2% | 297 | 26% | 373 | 10% | 410 | 3,8 |
| Moquegua | 21% | 728 | -6% | 681 | 22% | 828 | 15% | 951 | 9% | 1 037 | 5% | 1 086 | 10% | 1 194 | 18% | 1 407 | 8,3 |
| Pasco | 27% | 418 | -19% | 340 | 75% | 595 | 8% | 644 | 3% | 666 | 1% | 675 | 8% | 727 | -2% | 709 | 2,5 |
| Piura | 30% | 3 904 | -4% | 3 742 | 25% | 4 690 | -5% | 4 474 | 10% | 4 928 | 7% | 5 289 | 5% | 5 546 | 12% | 6 234 | 3,6 |
| Puno | 31% | 1 295 | 13% | 1 465 | 59% | 2 335 | 7% | 2 495 | 11% | 2 765 | 7% | 2 945 | -5% | 2 809 | 21% | 3 408 | 2,6 |
| San Martín | 25% | 1 381 | -10% | 1 246 | 48% | 1 838 | -3% | 1 783 | 2% | 1 816 | 5% | 1 907 | 1% | 1 919 | 1% | 1 929 | 2,7 |
| Tacna | 26% | 1 565 | -3% | 1 523 | 18% | 1 794 | 10% | 1 981 | 13% | 2 248 | 14% | 2 556 | 15% | 2 949 | 1% | 2 992 | 10,0 |
| Tumbes | 15% | 520 | 2% | 532 | 15% | 612 | -7% | 569 | -4% | 549 | 6% | 582 | -8% | 534 | 21% | 648 | 3,1 |
| Ucayali | 88% | 1 212 | 2% | 1 237 | 30% | 1 602 | -5% | 1 519 | 6% | 1 603 | 1% | 1 626 | 4% | 1 685 | 11% | 1 863 | 4,3 |
| Total | 32% | 84 087 | 13% | 95 415 | 19% | 113 834 | 14% | 129 415 | 11% | 143 777 | 6% | 151 704 | 5% | 158 628 | 8% | 170 957 | 6,2 |

Incluye teléfonos urbanos y rurales, así como aquellos instalados a través de FITEI.

Fuente: Empresas Operadoras - Elaboración DGRAIC-MTC

² Número de líneas en servicio por cada 1000 habitantes - Densidad calculada en base a datos poblacionales proporcionados por el INEI

(*) La información desagregada por departamentos para los años 2000, 2001 y 2003 no incluyen los TUPs instalados por la empresa Gilat To Home. Las líneas correspondientes a esta empresa si se consideran en los totales para dichos años.

ANEXO B
CALCULO DE ENLACE RADIOELECTRICO

CALCULOS TEORICOS DE RADIOPROPAGACION

| DESCRIPCION DE PARAMETROS | | | A | Estacion Base | Cobertura | Cobertura | |
|---------------------------|------------------|---------------------------------------|---|--|---|-----------------|-------------|
| | | | B | Cilentes | Maxima (BPSK) | Maxima (QAM 64) | |
| 1 | EQUIPOS | f _o | FREC UENCIA CENTRAL DE RF | GHz | Característica del Enlace | 3.45 | 3.45 |
| 2 | | F | FIGURA DE RUIDO DEL RECEPTOR | dB | Característica del Equipo | 3.0 | 3.0 |
| 3 | | P _{tx} | POTENCIA DEL TRANSMISOR | dBm | Característica del Equipo | 28 | 28 |
| 4 | | B | ANCHO DE BANDA DE FI | MHz | Característica del Equipo | 0.125 | 0.125 |
| 5 | ENLACE | d | LONGITUD DEL ENLACE | Km. | Característica del Enlace | 25 | 16 |
| 6 | | h ₁ | ALTURA DE ANTENA ESTACION A | m | Característica del Enlace | 24 | 24 |
| 7 | | h ₄ | ALTURA DE ANTENA ESTACION B (En mastil o azoteas de abona do) | m | Característica del Enlace | 5 | 5 |
| 8 | | | TIPO DE ANTENA ESTACION A | | Característica del Equipo | Ver Manual | Ver Manual |
| 9 | | | TIPO DE ANTENA ESTACION B | | Característica del Equipo | Ver Manual | Ver Manual |
| 10 | | L ₁ | LONGITUD DE ALIMENTADOR ESTACION A | m | Característica del Enlace | 36 | 36 |
| 11 | | L ₂ | LONGITUD DE ALIMENTADOR ESTACION B | m | Característica del Enlace | 7.5 | 8 |
| 12 | | A | ATEN. UNITARIA DE LOS ALIMENTADORES | dB/m | Característica del Equipo | 0.0665 | 0.0665 |
| 13 | GANANCIAS | G ₁ | ANTENA ESTACION A | dB | Característica del Equipo | 18 | 18 |
| 14 | | G ₂ | ANTENA ESTACION B | dB | Característica del Equipo | 18 | 18 |
| 15 | | G _t | GANANCIA TOTAL | dB | (G ₁ + G ₂) | 36 | 38 |
| 16 | PERDIDAS | A _o | POR ESPACIO LIBRE (TOTAL) | dB | 32,4 + 20log(d) + 20log(f _o) | 131.12 | 127.24 |
| 17 | | A _{o1} | POR SUPERFICIE PLANA | dB | Característica del Enlace | 0 | 0 |
| 18 | | A _{o2} | POR OBSTACULOS | dB | Característica del Enlace | 0 | 0 |
| 19 | | L _{fd} | EN CABLES DE ALIMENTADORES (A, B) | dB | (A) x (L ₁ + L ₂) | 2.89275 | 2.89275 |
| 20 | | L _{bc} | EN CIRCUITOS DE DERIVACION RF | dB | Asumido | 5 | 5 |
| 21 | | L _t | PERDIDA TOTAL | dB | (A _o + A _{o1} + A _{o2} + L _{fd} + L _{bc}) | 139.01 | 135.13 |
| 22 | NIVELES | A _t | ATENUACION DEL ENLACE | dB | L _t - G _t | 103.01 | 99.13 |
| 23 | | P _{rx} | NIVEL DE RECEPCION SIN DESVANECIMIENTO | dBm | P _{tx} - A _t | -75.01 | -71.13 |
| 24 | | N | NIVEL DE RUIDO TERMICO KTB | dBm | (F) + 10log((B)x(100000)x(Constante de Boltzman)) + 30 | -119.96 | -119.96 |
| 25 | | P _{u1} | SENSITIVIDAD (-103 dBm @ 1.75 MHz / -85 dBm @ 1.75 MHz) | dBm | Característica del Equipo | -103.00 | -85.00 |
| 26 | | P _{u2} | SENSITIVIDAD (-100 dBm @ 3.5 MHz / -82 dBm @ 1.75 MHz) | dBm | Característica del Equipo | -100.00 | -82.00 |
| 27 | | M _{d1} | MARGEN DE DESVANECIMIENTO (-103 dBm @ 1.75 MHz / -85 dBm @ 1.75 MHz) | dB | (P _{rx}) - (P _{u1}) | 27.99 | 13.87 |
| 28 | | M _{d2} | MARGEN DE DESVANECIMIENTO (-100 dBm @ 3.5 MHz / -82 dBm @ 1.75 MHz) | dB | (P _{rx}) - (P _{u2}) | 27.99 | 10.87 |
| 29 | | P _r | PROB.DESVANECIMIENTO TIPO RAYLEIGH | % | (f _o /4) ^{1,2} x (Coeficiente en zona montañosa = 2,1x10 ⁻⁹) x (d) ^{3,5} | 0.013737897 | 0.002881046 |
| 30 | | To ₁ | TIEMPO DE INTERRUPCION OBJETIVO (BER = 1 E-3) | % | (Para BER 10 ⁻³ = 0,054)x(d/2500) | 0.00054 | 0.0003456 |
| 31 | | To ₂ | TIEMPO DE INTERRUPCION OBJETIVO (BER = 1 E-6) | % | (Para BER 10 ⁻⁶ = 0,4)x(d/2500) | 0.004 | 0.00256 |
| 32 | | fd ₁ | PROFUNDIDAD DE DESVANECIMIENTO(BER = 1 E-3) | dB | 10log((Pr)/(To1)) | 14.06 | 9.21 |
| 33 | | fd ₂ | PROFUNDIDAD DE DESVANECIMIENTO(BER = 1 E-6) | dB | 10log((Pr)/(To2)) | 6 | 6 |
| 34 | | PRxd1 | NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO (BER = 1 E-3) | dBm | (P _{rx}) - (fd ₁) | -89.07 | -80.34 |
| 35 | | PRxd2 | NIVEL DE SEÑAL CON DESVANECIMIENTO (BER = 1 E-6) | dBm | (P _{rx}) - (fd ₂) | -81.01 | -77.13 |
| 36 | | T _{i1} | TIEMPO DE INTERRUPCION REAL (BER = 1 E-3) | % | (Pr)/(10 ^(M_{d1}/10)) | 0.0000218 | 0.0001182 |
| 37 | | T _{i2} | TIEMPO DE INTERRUPCION REAL (BER = 1 E-6) | % | (Pr)/(10 ^(M_{d2}/10)) | 0.0000435 | 0.0002359 |
| 38 | D | DISPONIBILIDAD | % | 100 - (Ti2) | 99.9999565 | 99.9997641 | |
| 39 | T _{out} | TIEMPO DE INTERRUPCION REAL EN UN AÑO | s | (365 días)x(24 horas)x(60 minutos)x(60 segundos)x(Ti1/100) | 6.87 | 37.28 | |

NOTA: Cabe mencionar que esta potencia de 28 dBm en la unidad AU-ODU, puede ser aumentada hasta 34dBm con un unidad denominada AU-ODU-HP (High Power ODU)

ANEXO C
ESPECIFICACIONES TECNICAS
EQUIPOS DE ESTACION BASE Y DE ABONADO

Estación Base

| System | |
|--------------------------------------|--|
| Standard Compliance | |
| Air interface | IEEE 802.16-2004; Future upgrade to 802.16e |
| Data | IEEE 802.3 CSMA/CD |
| Radio | ETSI EN 301 021 V.1.4.1 ; ETSI EN 301 753 V.1.1.1 |
| EMC | ETSI EN 301 489-1 |
| Safety | EN 60950 (CE) IEC 60 950 US/C (TUV) |
| Environmental | ETS 300 019 part 2-1 T 1.2 & part 2-2 T 2.3 for indoor & outdoor part 2-3 T 3.2 for indoor ; part 2-4 T 4.1E for outdoor |
| Environmental | |
| Operating temperature | Indoor: 0°C to 40°C Outdoor: -40°C to 55°C |
| Operating humidity | Indoor: 5%-95% non condensing Outdoor: 5%-95% non condensing, weather protected |
| Base Station | |
| Radio and Modem | |
| Frequency bands | 1.5GHz; 2.3GHz WCS; 2.5GHz BRS ; 3.3 - 3.8GHz ; 5 GHz |
| PHY | OFDM 256 FFT with uplink OFDMA and future support of SOFDMA for mobile WiMAX |
| Duplex mode | FDD / TDD |
| Modulations supported | 64QAM to BPSK (8 adaptive levels) |
| Channel bandwidth | 1.75MHz, 3.5GHz, 5MHz, 7MHz, 10 MHz |
| Multi carrier bandwidth (via IF Mux) | 14 MHz |
| Maximum output power | 34dBm |
| Antenna type | 60°, 90°, 120°, Omni |
| Antenna polarization | Vertical and Horizontal |
| Data and Networking | |
| Network interface | 10/100/1000 Base-T, E1/T1 |
| VLAN support | IEEE 802.1Q |
| Traffic classification | Layer 2 IEEE 802.1p, IP DiffServ Code Points DSCP |
| QoS | Best Effort, Non-Real-Time, Real-Time, Continuous Grant |
| Diversity Schemes | Downlink: 2 branch STC (space time coding) and polarization diversity Uplink: 2nd / 4th order diversity MRC (maximum ratio combining) |
| FEC | Concatenated convolution coding and Reed Solomon; Rate: 1/2, 2/3, 3/4 |



Equipo de Abonado

Subscriber Units

Radio and Modem

| | |
|---|--|
| Frequency bands | 1.5GHz; 2.3GHz WCS; 2.5GHz BRS ; 3.3 - 3.8GHz ; 5 GHz |
| PHY | OFDM 256 FFT with uplink OFDMA |
| Duplex mode | FDD and TDD |
| Modulations supported | QAM 64 to BPSK (8 adaptive levels) |
| Channel bandwidth | 1.75MHz, 3.5GHz, 5MHz, 7MHz, 10 MHz |
| Maximum output power (At antenna port) | 20 and 24 dBm |
| Antenna type | 18 dBi Integrated, 12 dBi window mount, 9 dBi 6 element steering antenna |
| Antenna polarization | Vertical and horizontal |

Data and Networking

| | |
|-------------------|--|
| Network interface | 10/100 Base-T, 802.11g WiFi, RJ-11 POTS, E1/T1 |
|-------------------|--|

Networking Gateway CPE

| | |
|---------------------|--|
| Routing | Static Route, Dynamic Route (RIP1/2) |
| Firewall | NAT Firewall with SPI mode |
| NAT functionality | NAT, Virtual Server, Special Application DMZ Host |
| VPN | IPSec, PPTP & LT2P Pass-Through |
| DHCP | DHCP server for LAN and WLAN clients. DHCP client for WAN |
| Wireless LAN | IEEE 802.11b / 802.11g |
| Data Rates | 6/12/18/24/36/48/54Mbps in 802.11g mode 1/2/5.5/11Mbps in 802.11b mode |
| Operating frequency | 2.4GHz |
| Range coverage | Indoors - approx. 35-100 meters |
| Number of channels | America/ FCC: 2.412~2.462GHz (11 Channels) Japan/ TELEC: 2.412~2.484GHz (14 Channels) Europe/ ETSI: 2.412~2.472GHz (13 Channels) |
| Security | WEP encryption – 64 Bit, 128 Bit |

Voice Gateway CPE

| | |
|-------------------------------|--|
| Speech codecs | G711, G729ab |
| VoIP protocol | H.323, SIP |
| Internal class 5 services | Call waiting, 3-party call, call alteration, differentiated ringing tones |
| External class 5 services | Activation of class 5 services supported by the IP-telephony system |
| G3 Fax | T.38 |
| Calling number identification | FSK, DTMF |
| DTMF | In-band and out-band using H245 and H225 bi-directional |



Equipo de Abonado Gateway de Voz

Telephony and Fax Services

| | |
|---|---|
| VoIP standard | H323 model: H323v2/4 SIP model: SIP (RFC 3261) |
| Internal Class 5 services | Call waiting, 3-party call, call hold and call alteration, differentiated ringing tones |
| External Class 5 services | Activation/deactivation of Class 5 services supported by the IP telephony system |
| Fax | G3 compliant V.17 14.4 Kbps fax reception and transmission using the T.38 standard (or In-band using G.711 codec) |
| Calling number identification (CNI) | FSK, DTMF |
| 3rd party initiated pause and rerouting | External rerouting of media stream during speech, e.g. for pre-paid calling card and record announcement |
| DTMF | In-band or out-band (H323: H.245, H.225/ SIP: RFC 2833, SIP INFO) |
| Regional settings | Telephony signals, tones and cadences |

Security

| | |
|----------------|--|
| VLAN | Support IEEE 802.1Q with up to 16 VLAN IDs |
| Authentication | Per call authentication and registration |

Voice Quality

| | |
|----------------|---|
| Voice codecs | G.711 U-law G.711 Alaw G.729ab |
| Prioritization | IEEE 802.1p layer-2 prioritization DiffServ layer-3 prioritization |
| General | Adaptive jitter buffer Echo cancellation Speech sampling rate: 10-60 ms Silence suppression with comfort noise |

Configuration and Management

| | |
|---------------------------|--|
| Management options | Internal web server |
| SNMP agents | SNMP V1, V2 client MIB II (RFC 1213), Private MIB |
| Plug & Play functionality | DHCP, including support messages option 60, 61, 43 |
| Software upgrade | Using TFTP |
| Configuration download | Using TFTP |

Bridge Functionality

| | |
|-----------------------------------|------------------------|
| Supported Ethernet Devices | Up to 32 MAC addresses |
| Unknown address forwarding policy | Forward unknown |
| Bridge aging time | 180 seconds |

Mechanical Specifications

| | |
|------------------------|---------------------------------------|
| Dimensions (W x D x H) | 17.6 x 11 x 2.8 cm (6.9x4.3x1.1 inch) |
| Weight | 230 gr. (0.51 lb) |

Electrical Specifications

| | |
|-------------------|---|
| Power input | 12 VDC from an external power supply, 100-240VAC, 50-60 Hz, 2A max. |
| Power consumption | 10.5 W max. |

Connectors

| Connector | Description | |
|--------------------------|---|-----------------------|
| LAN | Type | 10/100Base-TX (RJ-45) |
| | Cable length | Max 100 m (328 ft) |
| Phone (1 – 2 in VD-1D2V) | Type | RJ-11 |
| | Number of phones (REN) | Up to 5 |
| | Cable length | Max. 500 m (1640 ft) |
| WAN | Type | 10/100Base-TX (RJ-45) |
| | Cable length | Max 100 m (328 ft) |
| 12 VDC | Standard DC power jack to external power supply | |

Standards Compliance

| | |
|----------|---|
| EMC | Low voltage directive (LVD) 73/23/EEC Electromagnetic compatibility directive (EMC) 89/336/EEG |
| Safety | IEC 60950 CSA C22.2 No. 950-95/UL 1950 AS/NZS 3260 |
| Emission | EN 55022:1998 Class B EN 61000-3-2:1995 Harmonics; EN 61000-3-3:1995 Flicker; FCC part 15 (1998) Class B AS/NZS 3548 (1995) |
| Immunity | EN 55024:1998 |

Environmental Specifications

| | |
|-----------------------|--|
| Operating temperature | 0° C to 50° C (32° to 122° Fahrenheit) |
| Operating humidity | 10%-95% RH non condensing |

Equipo de Abonado Networking Gateway

Radio

| | |
|--------------|---|
| Frequency | 2400-2483.5 MHz |
| Antenna | Omni -2dBI |
| Output power | 10, 12, 15, 17 dBm |
| Data rates | IEEE 802.11g mode: 54M, 48M, 36M, 24M, 18M, 12M, 6M with auto fallback IEEE 802.11b mode: 11M, 5.5M, 2M, 1M with auto fallback In. |

Standards

| | |
|---------------|---|
| Wireless LAN | Compliant with IEEE 802.11b/g |
| EMC | ETS EN 301 489-17 |
| Safety | EN 60950 (CE) IEC 60 950 US/C UL |
| Outdoor radio | ETSI 300 328 FCC Part 15 |
| Immunity | EN 55024:1998 |

Configuration and Management

| | |
|--------------------------|--|
| Web Configuration Server | SNMP V1 and V2c A file (with an extension 'cfg'.) can be loaded into the unit from the web configuration server or TFTP |
|--------------------------|--|

Mechanical

| | |
|--------------------|--|
| Dimensions (WxHxD) | 190.5 x 26.2 x 111 mm (7.5x1.0x4.4 Inch) |
| Weight | 0.62 kg (1.4 lb) |

Electrical

| | |
|-------------------|--|
| Power transformer | 100-240 VAC, 50-60 Hz, 2A max. (Supplies 5 VDC for the unit itself, and 55 VDC for the ODU) |
|-------------------|--|

Connectors

| | |
|----------|---|
| Power | DC Power Inlet from the unit's Power Transformer |
| ODU | RJ-45 connection to ODU. Carries Ethernet, power (55 VDC) and signaling to be connected only to ODUs of BreezeMAX CPEs and BreezeACCESS VL Rev. C CPEs. |
| Port 1-4 | 10/100BaseT, RJ-45 LAN ports for networked computers and other devices. |
| USB | USB Host Port for a USB printer. |
| Antenna | SMA connector for the WLAN antenna |

Environmental

| | |
|-----------------------|--|
| Operating temperature | 0° to 40° Celsius (32° to 104° Fahrenheit) |
| Operating humidity | 5% to 95% non condensing |

Packing

| | |
|------------------|------------------------|
| • Transportation | ETSI 300 019-2-2 T 2.3 |
| • Storage | ETSI 300 019-2-1 T 1.2 |
| • Barcode | Code 128 |

ANEXO D
ESPECIFICACIONES TECNICAS DE
TORRE AUTOSOPORTADA

Torre para Soporte de Antenas (Estación Base)

Características:

- ◆ **Tipo:** Autosoportada.
- ◆ **Altura:** Variable, según estación.
- ◆ **Estructura:** Metálica angular.
- ◆ **Sección Transversal:** Cuadrada.
- ◆ **Conexiones:** Cada cuerpo se acopla con pernos de acero, arandelas de presión, tuercas galvanizadas y bridas.
- ◆ **Tipo de Pintura:** Se aplicará una capa de pintura anticorrosiva con base epóxica y posteriormente dos capas de pintura y acabado.
- ◆ **Color:** La torre se pintará en toda su altura con bandas alternadas cada 5 m; de color naranja y blanco, pintando la punta de color naranja.
- ◆ **Aditamentos:** Pisos de escalera de 1½" de tubo galvanizado para acceder a la antena.
- ◆ **Accesorios:** Escalera de cables vertical y horizontal según altura y distancia a la ventana de Guía de Onda; Plataformas de descanso según altura de torre.
- ◆ **Balizaje:** De acuerdo a las normas de OACI.

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/normaslegales/DS002-2006-MTC.pdf>
2. Gobierno Regional Cusco, "Guía de Inversiones Región Cusco 2008", Region Cusco, 2008
3. Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones, "Bucle local para el acceso inalámbrico", Unión Internacional de Telecomunicaciones - Suiza, 1996.
4. Esther Álvarez, Pablo Carrasco y Guillermo Gavilán, "Caso Practico de Estudio: Oportunidades de un Operador LMDS", Universidad Politécnica de Madrid - España, 1999.
5. Clint Smith, "LMDS", McGraw-Hill Profesional Telecom - USA, 2000
6. Daniel Sweeney, "WiMax Operator's Manual Building 802.16 Wireless Networks", Apress - USA, 2006.
7. Deepak Paree, "The Businnes of WiMax", Jhon Wiley & Son - Inglaterra, 2006.
8. Luis Kaen, "Trabajo Final Integrador WiMax 802.16", Instituto Tecnológico de Buenos Aires - Argentina, 2005
9. Michael W. Thelander, "WIMAX Oportunidades y desafios en un mundo Inalámbrico", Signal Research Group - USA, 2005

10. Eduardo Zariquiegui, "Conceptos básicos de WiFi y WIMAX", Anit Navarra - España, 2006
11. Angel Maria Anduela, "Tecnologías de acceso basadas en acceso fijo inalámbrico LMDS", Universidad Publica Navarra - España, 2004
12. Javier Emilio Sierra, "Estándar IEEE 802.16, planeación y diseño de redes WiMax", Universidad Pontificia Bolivariana - Colombia, 2007
13. Vicente Quilez y Juan Navarro, "Accesos de banda ancha vía radio", ALCATEL - España, 2001
14. Edwin Hurtado Terranova, "Planificación de una red de telefonía fija inalámbrica utilizando tecnologías actuales para el valle del Mantaro, departamento de Junín", Universidad Privada Antenor Orrego – Perú, 2000
15. Además de la información obtenida las paginas Web de :
 - a. www.osiptel.gob.pe
 - b. www.mtc.gob.pe
 - c. www.inei.gob.pe
 - d. www.regioncusco.gob.pe
 - e. www.alvarion.com
 - f. <http://arguibooks.blogspot.com>