

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DISEÑO DE LA RED PARA UN MINITELECENTRO EN EL DISTRITO DE TAMBO

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

ERICO FREDDY PALACIOS LOAYZA

PROMOCIÓN

2000-II

LIMA – PERÚ

2013

DISEÑO DE LA RED PARA UN MINITELECENTRO EN EL DISTRITO DE TAMBO

**A mis padres, hermanos y profesores
por su apoyo incondicional para lograr
alcanzar una meta más y seguir adelante.**

SUMARIO

El presente Informe consiste en diseñar la red de Telecomunicaciones de Banda ancha para un MiniTelecentro en el distrito de Tambo. Para ello se necesita del diseño de la red de transporte, que va desde Huamanga, capital de la región de Ayacucho (mediante un sistema de microondas), hasta el distrito de Tambo, ahí se utilizará los software libres de Radio Mobile y Link Planner para ayuda de nuestros enlaces y el Google Earth para los emplazamientos; también una red de acceso de tecnología WiMAX fija para nuestro MiniTelecentro. Dentro del MiniTelecentro se diseñará la red LAN (lógica) para la interconexión de los equipos.

En el primer capítulo, se tiene la descripción de las necesidades que hay en el distrito y del problema de los habitantes de la zona en tener acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y se plantea una propuesta de solución.

En el segundo capítulo se presenta el Marco Teórico del proyecto, en el se menciona las tecnologías que se están utilizando en las zonas rurales y la elección de la tecnología más apropiada para el distrito (Tambo).

En el tercer capítulo, la Metodología para la solución del problema, se procede con la Ingeniería del proyecto en donde se plantea el diseño de la red.

En el cuarto capítulo, resultados y se proponen los costos de la implementación del proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.1.1 Evaluación del problema.....	3
1.1.2 Limitaciones de la solución	4
1.2 Objetivo del trabajo.....	4
1.3 Las TIC en las Zonas Rurales.....	5
1.4 MiniTelecentros	5
1.4.1 Proyectos de Telecentros.....	5
1.4.2 EL INICTEL-UNI y los Telecentros	6
1.4.3 Proyectos Ejecutados.....	6
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	9
2.1 Tecnología VSAT	9
2.1.1 Configuración de una Red VSAT	9
2.1.2 Elementos de una red VSAT.....	10
2.1.3 Topología de una red VSAT.....	10
2.1.4 Bandas de frecuencia.....	11
2.2 Tecnología CDMA	12
2.3 Tecnología de Femtoceldas.....	15
2.4 Tecnología WiMAX.....	16
2.4.1 Estándares	16
2.4.2 Multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM)....	18
2.4.3 Parámetros OFDM en WiMAX.....	20
2.4.3.1 Capa física WiMAX fijo (OFDM-PHY).....	21
2.4.3.2 Capa física WiMAX móvil (OFDMA-PHY).....	21
2.4.4 Modulación y codificación en WiMAX	21
2.4.5 Calidad de Servicio (QoS) de WiMAX	23
2.4.6 Arquitectura de red WiMAX basada en IP.....	24

2.4.6.1 Estación Base.....	25
2.4.6.2 Access Services Network Gateway	25
2.4.6.3 Servicio de Conexión a la red.....	26
2.4.7 Ventajas de WiMAX.....	27
2.4.8 Desventajas de WiMAX.....	27
2.4.9 Seguridad de WiMAX	27
2.4.10 WiMAX en zonas rurales.....	28
2.5 Elección de la tecnología	28
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	29
3.1 Evaluación socioeconómica del distrito de Tambo	29
3.1.1 Ubicación... ..	29
3.1.2 Clima y geografía... ..	30
3.1.3 Actividades económicas.....	30
3.2 Necesidades y servicios a prestar	30
3.2.1 Determinación de las demandas y los servicios a ofertar.....	30
3.2.2 Servicios en el distrito de Tambo y en distritos aledaños.....	32
3.2.3 Oferta del Mercado.....	33
3.2.4 Determinación de los Servicios a Ofrecer.....	33
3.3 Cálculo por Capacidad	34
3.3.1 Tráfico de voz	36
3.3.2 Tráfico de video	36
3.3.3 Tráfico de datos.....	37
3.3.4 Cálculo de tráfico del MiniTelecentro.....	38
3.4 Diseño de la Red de Transporte	39
3.4.1 Análisis de radio-propagación.....	39
3.4.2 El Software Libre Radio Mobile para los enlaces de Microondas.....	41
3.4.3 Topología inicial.....	42
3.4.4 Consideraciones a tomar en cuenta en el diseño.....	44
3.4.5 Topología propuesta.....	45
3.4.6 Observaciones del diseño	47
3.4.7 Diseño de la red de transporte(Troncal)	49
3.4.8 Uso del Espectro Radioeléctrico	49
3.4.9 Utilización de software Link Planner de Motorola para el diseño final	51
CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	53
4.1 Resultados del software Radio Mobile.....	53

4.2	Características técnicas de los equipos.....	59
4.2.1	Equipamiento de la red de transporte.....	59
4.2.2	Equipamiento de la Red de Acceso.....	59
4.2.3	Descripción de la estación suscriptor WiMAX en el MiniTelecentro.....	61
4.3	Diseño de la red interna del MiniTelecentro.....	61
4.3.1	Cableado Estructurado para el MiniTelecentro.....	61
4.3.2	Consideraciones para la red.....	62
4.3.3	Diseño de la red LAN del MiniTelecentro.....	62
4.3.4	Equipamiento del MiniTelecentro.....	63
4.3.5	Simulación utilizando el software de Cisco: Packet Tracer.....	65
4.4	Resultados del simulador Packet Tracer.....	69
4.5	Costo del proyecto.....	70
4.5.1	Parte 1 Costo de la Red.....	72
4.5.1.1	Costos de Equipos.....	71
4.5.1.2	Costos de Infraestructura.....	71
4.5.1.3	Costo de las celdas Fotovoltaicas y las Baterías.....	71
4.5.1.4	Costo de toda la red (parte1).....	72
4.5.2	Parte 2 Costo del MiniTelecentro.....	72
4.5.2.1	Costo de la construcción del MiniTelecentro.....	72
4.5.2.2	Equipos de escritorio.....	72
4.5.2.3	Costo del sistema de protección.....	73
4.5.2.4	Sistemas de seguridad.....	73
4.5.2.5	Costo total del MiniTelecentro (parte2).....	73
4.5.3	Costo total sin incluir la mano de obra calificada y de profesionales.....	74
4.5.4	Costo de profesionales y mano de obra calificada.....	74
4.5.5	Costo total del proyecto.....	75
4.5.6	Tiempo estimado para la ejecución del proyecto.....	75
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
	ANEXO A	
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	78
	ANEXO B	
	ACRONIMOS.....	82
	ANEXO C	
	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	84
	BIBLIOGRAFIA.....	89

INTRODUCCIÓN

En mayo del año 2005 se ejecuta el primer proyecto denominado Implementación de Establecimientos Rurales de Tecnologías de la información y comunicaciones (ERTIC) en el Perú [1] en la localidad de Huancavelica, beneficiando a 10 distritos y capacitando a más de 10 000 personas de diferentes edades.

Desde esa fecha hasta ahora se han ejecutado 36 Telecentros rurales en diferentes zonas del país, donde prácticamente la inclusión social es mínima, a partir de ese momento las zonas rurales olvidadas, comienzan a obtener desarrollo y capacitaciones siendo los mayores beneficiados los pobladores más olvidados y pobres del Perú.

Estos Telecentros que son espacios físicos, diseñados de acuerdo a la zona, se encargan de brindar capacitación e información en el uso de las TIC a los pobladores, para que puedan conocer todo lo relacionado a su trabajo, llevar cursos de capacitación en línea, comunicarse con el exterior, compartir experiencias con personas del mismo rubro y hacer conocer sus productos, ya que la gran mayoría de los pobladores de la zonas rurales se dedican a la producciones agrícolas, ganaderas y artesanales y asimismo comunicarse en tiempo real, etc.

Para realizar el diseño de la red de un MiniTelecentro en una zona rural o localidad determinada, en el caso del distrito de Tambo, se tendrá que utilizar de las tecnologías y equipamientos adecuados para el lugar, ya que cada zona por la misma geografía y difícil acceso que tiene es complicado llevar los medios guiados y en algunos casos se dificulta más por lo que no hay carreteras ni energía eléctrica.

Para el diseño de la red de transporte se tiene ubicar los posibles emplazamientos para nuestras torres. Una vez decidida la ubicación de las estaciones, se debe hacer un estudio teórico de despeje del haz radioeléctrico respecto del perfil topográfico del terreno; el cual puede realizarse usando un software de procesamiento adecuado. Con los software libres y gratuitos que se encuentran en el Internet como el Google Earth que servirá de gran ayuda y precisión para los emplazamientos (Coordenadas exactas del lugar) y tanto el Radio Mobile como el Link Planner en el despeje de haz radioeléctrico. Después con la ayuda del software de Cisco que se encuentra en su página y es de libre disponibilidad para sus alumnos: Packet Tracer servirá para el diseño de la red LAN del MiniTelecentro.

En las zonas donde se encuentran los emplazamientos, no hay energía eléctrica por lo tanto se tendrá que utilizar necesariamente celdas fotovoltaicas para la generación de energía eléctrica para la operatividad de los equipos.

El informe está compuesto de cuatro capítulos.

El capítulo I, Planteamiento de Ingeniería del problema y se hará una propuesta de solución.

El capítulo II, consta del marco teórico, primeramente se hace un análisis de las tecnologías que se usan en las zonas rurales y luego la elección de la tecnologías más apropiada para el proyecto.

El capítulo III se expondrá toda la información de las necesidades del lugar e información necesaria de las empresas operadoras y de los servicios a prestar y la metodología para la solución del problema

El capítulo IV, se plantea el análisis y presentación de los resultados mediante los software libres, la infraestructura necesaria y costo del proyecto.

Conclusiones y resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERIA DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema:

En todas las zonas rurales del Perú en especial el distrito de Tambo, los servicios de telecomunicaciones que brindan los operadores no son de banda ancha, es por ello que se presenta una sobrecarga de la red, además de las bajas tasas de transmisión e insuficiente capacidad para soportar nuevas demandas de servicios y en otros casos como en los centros poblados más alejados y relativamente más pobres nunca llega la tecnología. Esta situación lleva a plantear la necesidad de establecer una estrategia público-privada para lograr el aumento de la penetración de las telecomunicaciones en las zonas rurales en particular los servicios de voz, internet y video.

En la UIT se considera prioritario alcanzar el acceso universal, ya que hoy en día se está asistiendo a la transición de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento. En el contexto rural, la finalidad de las telecomunicaciones, es trasladar virtualmente y de la mejor forma posible, al poblador rural hacia el resto del mundo para que éste pueda acceder al conocimiento que sea de su interés. Hay diversos estudios que señalan que el uso de los servicios de telecomunicaciones mejora la calidad de vida de la población, el contar con ellos sirve de complemento a otras actividades económicas.

1.1.1 Evaluación del problema

Muchas veces, en las zonas rurales, no se cuenta con suficiente infraestructura para una debida instalación de los diferentes servicios básicos. Algunos de los problemas típicos encontrados en la zona rural son:

- ✓ Falta parcial o total de servicios básicos públicos, como luz, agua y medios de comunicación, además la baja densidad de habitantes.
- ✓ Condiciones topográficas que plantean dificultades, por ejemplo, cerros, ríos, montañas o desiertos, que obstaculizan la construcción de líneas de transmisión de larga distancia
- ✓ Condiciones climáticas adversas, que imponen exigencias críticas a los equipos.
- ✓ Economía limitada, como la agricultura, la ganadería, la artesanía, etc.

- ✓ Bajos ingresos económicos de la población.
- ✓ Infraestructuras sociales subdesarrolladas (salud, educación, etc.).
- ✓ No hay inclusión social tecnológica del estado, por ello el desconocimiento de los programas como beca 18, pensión 65, dinero electrónico, FISE, etc.

Debido a estos problemas de las zonas rurales, en mayo del 1993 se crea FITEL (Fondo de Inversión en Telecomunicaciones) como un mecanismo de equidad que financie la provisión de servicios de telecomunicaciones en áreas rurales y lugares considerados de preferente interés social.

Los proyectos con fondos de FITEL para las zonas rurales y de fronteras en sus inicios era solo para telefonía, posteriormente fue para la televisión y finalmente para acceso a internet (triple play) , siendo para algunos de ellos para telefonía e internet. En el año 2009 se ha firmado convenios con operadores del país para brindar servicios de banda Ancha Rural (BAR).

Se debe señalar que son bien complicadas desplegar una red en estas zonas rurales por la situación del área y por la presencia de inmensos cerros, montañas y sobre todo largas distancias, donde necesariamente se tiene que utilizar los medios convenientes para que se pueda brindar un buen servicio.

1.1.2 Limitaciones de la solución.

Para los operadores en forma general, el extender infraestructura cableada en la red de transporte y la de acceso puede resultarle costoso y ganancias mínimas, debido a la baja densidad de población de estas áreas rurales y que están a grandes distancias de las áreas urbanas. Aunque los satélites pueden usarse para dar servicio a estas áreas, tiene algunas desventajas tales como un limitado ancho de banda para el flujo de subida, la indisponibilidad del espectro y un alto retardo.

1.2 Objetivo del trabajo

El objetivo es diseñar una red eficiente de telecomunicaciones (banda ancha) para un MiniTelecentro y facilitar el acceso a las nuevas tecnologías al distrito de Tambo (acceso universal), a fin de lograr su participación, capacitación, progreso y desarrollo para ello se necesita del diseño de la red de transporte que va desde Huamanga (capital de la región de Ayacucho), mediante un Sistema de Microondas, hasta el distrito de Tambo y una red de acceso de tecnología WiMAX fija para el MiniTelecentro. Dentro del MiniTelecentro se diseñará la red LAN (lógica) para la interconexión de los ordenadores.

La Universidad Nacional de Ingeniería, a través del Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones — INICTEL-UNI, promueve modelos de aplicación tecnológica en zonas rurales a fin de mejorar las condiciones de vida de los pobladores.

Es así que promueve los Telecentros Rurales como centros de información y capacitación en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). [1]

1.3 Las TIC en las Zonas Rurales

Se denominan Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) al conjunto de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación y presentación de informaciones, en forma de voz, imágenes y datos.

Las TIC incluyen la electrónica como tecnología base que soporta el desarrollo de las telecomunicaciones, la informática y el audiovisual. Las TIC han permitido llevar la globalidad al mundo de la comunicación.

1.4 MiniTelecentros

a. Los Telecentros

Un telecentro es un lugar público de encuentro y aprendizaje no necesariamente gratuito de carácter público cuyo propósito es ampliar las oportunidades de desarrollo de grupos y comunidades, facilitándoles el acceso y uso efectivo de las TIC, ver figura 1.1. En estos espacios, la gente puede utilizar computadoras con acceso a Internet y otras tecnologías que ayudan a recopilar información y a comunicar con otras personas en tiempo real. Los servicios que brindan los Telecentros, garantizan una conexión eficaz de buena calidad.



Figura 1.1 Telecentro de Santa Rosa Fuente INICTEL-UNI [1]

b. Los MiniTelecentros

Los MiniTelecentros tienen el mismo principio, solamente que tiene una capacidad reducida de equipamiento e infraestructura, ya que está diseñado para zonas rurales donde la densidad poblacional es menor, los servicios que se brindan son los mismos y más personalizado. (Figura 1.2)

1.4.1 Proyectos de Telecentros.

Existe una Brecha Digital que no solo se debe a la falta de acceso a una red, sino que, como es sabido depende de la capacidad de saber utilizar y obtener beneficios de la Información y comunicación disponible.

El explosivo crecimiento de los telecentros alcanza cifras, en 12 países de Latinoamérica en el 2005, de casi 100.000 telecentros privados, establecidos principalmente por micro y

pequeñas empresas y otros 50.000 financiados total o parcialmente por recursos públicos, lo cual demuestra la oportunidad de emprendimiento rentable. La figura 1.2 se muestra a pobladores de una zona rural del país familiarizándose con las herramientas informáticas.



Figura 1.2 Telecentro de Santa Rosa Fuente INICTEL-UNI [1]

En mayo del año 2005 se hace el primer proyecto ejecutado denominado Implementación de Establecimientos Rurales de Tecnologías de la información y comunicaciones (ERTIC) en el Perú en la localidad de Huancavelica beneficiando a 10 distritos y capacitando a más de 10 000 personas de diferentes edades.

Desde esa fecha hasta ahora se han ejecutado 36 Telecentros rurales en diferentes zonas del país donde prácticamente la inclusión social es mínima por no decir cero.

1.4.2 EL INICTEL-UNI y los Telecentros

Los Telecentros Rurales del INICTEL UNI de la Universidad Nacional de Ingeniería, tiene por objetivo fortalecer las estrategias de desarrollo rural a través del acceso y manejo apropiado de las Tecnologías de la Información y Comunicación. Se han implementado el proyecto en diferentes regiones del país como Huancavelica, Puno, Cuzco, Ancash y Loreto, donde se ha comprobado la aceptación y asistencia fluida de los que viven en esa zona (figura 1.3). De esta forma se hace uso de la tecnología para el desarrollo social y comunitario.



Figura 1.3 Telecentros Rurales Fuente INICTEL-UNI [1]

1.4.3 Proyectos Ejecutados:

En total, hay 36 Telecentros Rurales instalados a nivel nacional y se caracterizan:

- ✓ Porque complementan el acceso a internet, con otros servicios que ayudan a desarrollar las capacidades productivas de los beneficiarios del Telecentro.
- ✓ Fortalecen el desarrollo de las zonas rurales y áreas de interés nacional a través del uso de las telecomunicaciones.
- ✓ Importante para las personas con discapacidad
- ✓ Implementación del Centro especializado en tecnologías de información y comunicación para personas con discapacidad (Cetic-PCD). En cuatro regiones del Perú.
- ✓ Implementación del sistema de mensajería para personas con discapacidad (PCD) auditiva y con problemas de habla.

En la Tabla 1.1 y 1.2 respectivamente, se muestran los logros alcanzados a través los Telecentros Rurales y el número de beneficiarios.

Tabla 1.1 Proyectos Ejecutados Fuente INICTEL-UNI [1]

Período de Ejecución	Proyectos Ejecutados	Distritos Beneficiarios
Mayo 2005 a Noviembre 2006	“Implementación de Establecimientos Rurales de Tecnologías de la Información y Comunicación – ERTIC”.	Huancavelica: Pazos, Laria, Palca, Izcuchaca, Mariscal Cáceres, Huando, Acostambo, Acoria y Cuenca.
Noviembre 2007 a Febrero 2008	“Implementación de un Telecentro Cultural en la zona arqueológica de Caral – Supe”.	Caral – Lima: Proyecto Especial Arqueológico Caral – Supe (PEACS).
Julio 2006 a Noviembre 2006	“Implementación de una Red de Telecentros Rurales”.	Huancavelica: Quishuar, San Marcos de Rocchac, Surcubamba y Nuevo Occoro. Puno: Llali, Ocuwiri, Cupi y Huamanruro, Umachiri. Cusco: Pallpata
Enero 2007 a Septiembre 2008	“Implementación de una Red de Telecentros en siete distritos de la Provincia de Pallasca - Ancash”.	Pallasca en Ancash: Pallasca, Lacabamba, Huacaschuque, Huandoval, Bolognesi, Llapo y Santa Rosa.
Mayo 2008 a Julio 2012	“Implementación de una Red de Telecentros en Ocho Distritos de las Provincias de Maynas y Requena – Loreto”.	Provincia de Requena –Loreto: Jenaro Herrera, Emilio San Martín, Puinahua, Saquena y Tapiche. Provincias de Maynas - Loreto: Las Amazonas, Napo.

Tabla 1.2 Logros Alcanzados por Telecentros INICTEL-UNI [1]

Región	Beneficiarios	Distritos	Están a cargo (2011-2014)	
Huancavelica	19 494 habitantes de 15 a 50 años de edad	Huachocolpa	Alejandro Gutarra Palomino	
		Surcubamba	Jesús Días Ramírez	
		San Marcos de Rocchac	Ángel Néstor Quispe Canchari	
		Quishuar	Alfredo Cedrón Acevedo	
Puno		Llalli	José Manuel Condori Huancco	
		Cupi	Claudio Teodoro Vilca Luna	
		Huamanruro	Humberto Mamani Ttito	
		Umachiri	Isidro Mamani Soncco	
		Ocuviñi	Isidro Huaynacho Llavilla	
Cusco		Pallpata	Teófilo Baltazar Cjuno Ccapa	
Ancash		5510 pobladores beneficiados	Huandoval	Pedro Paredes Tadey
			Lacabamba	Ysaías Mariños Pérez
	Pallasca		Nicolás Risco Orbegozo	
	Bolognesi		Andrés Aparicio Reyes	
	Santa Rosa		Alejandro Gavidia López	
	Huacaschuque		Rubén Manrique Paredes	
	Llapo		Ananias Camacho Alva	
ERTIC Huancavelica		Acostambo	Marco Sergio, Cabrera Ramos	
		Cuenca	Hugo Barra Huarocc	
		N. Occoro	Alfredo Pariona Sinche	
		Palca	Eulogio Chávez Paucar	
		Huando	Robert Guerra Quinteros	
		Laria	Urbano Cuicapuza Huamancaja	
		Pazos	Zacarías Huachos Méndez	
		Acoria	Leonidas Bendezú Fernández	
		Mariscal Cáceres	Eugenio Cárdenas Flores	
Maynas Requena	13 632 Pobladores de 15 a 50 años	Las Amazonas	Aldo Camilo Paino Unuma	
		Mazan	Edward Reátegui Salas	
		Napo	Manolo Fabián Piñán	
		Tapiche	Jorge Antonio Ríos Torres	
		Emilio San Martín	Fernando Maldonado Mosquera	
		Puinahua	Robinson Hidalgo Arbilio	
		Jenaro Herrera	Javier Arturo Navarro López	
		Saquena	Mario Pacaya Pizango	

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

Las Tecnologías que se usan en las zonas rurales del Perú son las siguientes:

- ✓ VSAT
- ✓ CDMA 450 MHz.
- ✓ FENTOCELDAS
- ✓ WIMAX

2.1 Tecnología VSAT (Very Small Aperture Terminals).

VSAT: Terminal de Apertura muy Pequeña, que brinda servicios fijos por satélite(geoestacionario), utilizada para la comunicación de datos interactivos y por lotes en diversos protocolos, operación de redes con conmutación de paquetes, servicios de voz, transmisión de datos y videos

La tecnología VSAT utiliza equipos montados que permiten la recepción de datos del satélite así como transmisión hacia el satélite desde una estación terrena. Además, se puede definir como terminal al equipo de usuario como teléfono, fax, televisión, computadora, etc., que genera o acepta el tráfico que es llevado con las redes VSAT.

VSAT es uno de los productos que ofrece servicios de comunicación con poca capacidad pero con la ventaja de que es fácil de instalar en cualquier lugar y su costo es relativamente competitivo.

2.1.1 Configuración de una Red VSAT

VSATs está conectado por enlaces de radio frecuencia (RF) vía satélite y se puede nombrar dichos enlaces de dos maneras UPLINK para enlace de estación terrena al satélite y DOWNLIK para el enlace del satélite a la estación terrena. Figura 2.1.

En las redes VSAT se utilizan satélites Geoestacionarios que se encuentran a una distancia aproximada de 35786 km. Esta distancia produce una atenuación de la señal de 200 dB tanto en UPLINK como en DOWLINK y un delay (retraso) de 0,25 s.

En la Tabla 2.1 se muestra valores típicos de EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) para satélites geoestacionarios, dependiendo del tipo de cobertura y banda de frecuencia.

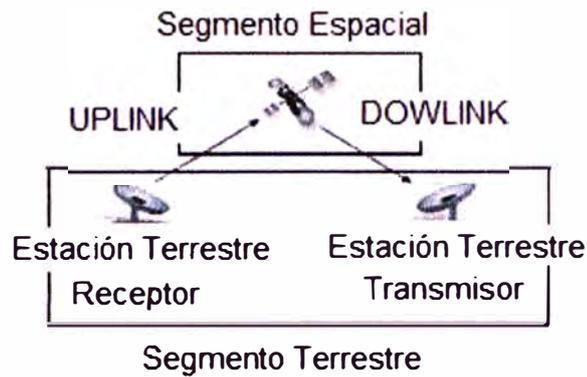


Figura 2.1 UPLINK Y DOWNLINK [4]

Tabla 2.1 Valores Típicos de EIRP

	Tipo de cobertura	EIRP
Banda C	Global	24 a 30 dBW
	Zona	30 a 36 dBW
	Mancha	36 a 42 dBW
Banda Ku	Zona	36 a 42 dBW
	Mancha	42 a 52 dBW

2.1.2 Elementos de una red VSAT

Una red VSAT está conformado por estaciones terrestres VSAT y por estaciones HUBs. Las estaciones VSAT se pueden separar en dos grandes bloques de equipos, el Outdoor Unit (ODU) Unidad Exterior y Indoor Unit (IDU) Unidad interior. El Outdoor Unit es la interface del VSAT que va al satélite, mientras que Indoor unit es el terminal hacia una red LAN. En la Figura 2.2 se muestran ambas unidades.

✓ Las estaciones HUBs tienen la Unidad interior conectado a un ordenador o a una central pública o líneas privadas dependiendo de la funcionalidad que se le quiera dar al HUB.

✓ Las estaciones HUB están equipados con NMS (Network Management System) que es un ordenador que cumple funciones operacionales (proporcionar una re-configuración de la red dinámicamente por adición o borrado de portadoras o interfaces de red), además incluye un monitoreo y control del rendimiento, estado del Hub (estaciones VSAT) y administrativas (se encarga de la seguridad y facturación).

2.1.3 Topología de una red VSAT

Se clasifican en tres categorías.

2.1.3.1 Redes Broadcast: Es también llamada punto-multipunto. Esta fue una de las primeras en explotar la tecnología VSAT comercialmente: en una red Broadcast, una estación Hub broadcast centraliza, paquetiza datos, programas de audio, video o una

combinación de estas para enviarlas a todas o un grupo de receptores remotos VSATs las técnicas empleadas incluye Singel Cannel Per Carrier (SCPC , es una tecnología de transmisión en la cual una sola señal es enviada para cada frecuencia concreta, sobre un ancho de banda más estrecho) y espectro ensanchado[3].

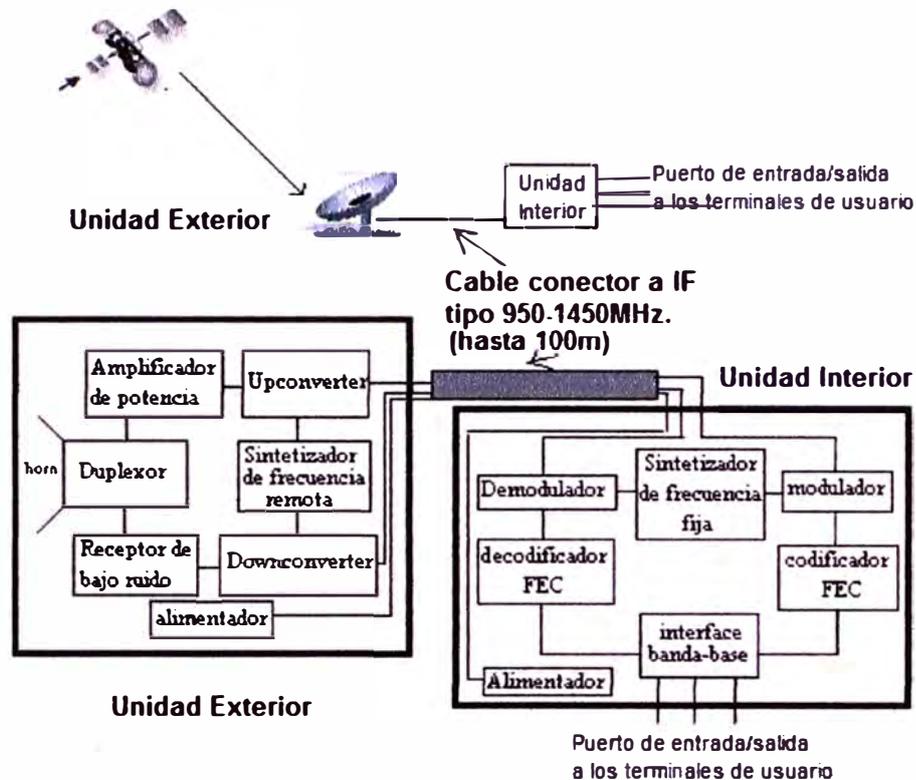


Figura 2.2 Diagrama de bloques de una Estación VSAT [4]

2.1.3.2 Redes Punto-Punto: Estas redes proporcionan voz, datos y transmisión de imágenes entre dos localidades sin el requerimiento de una estación Hub. Una variación es una configuración estrella [3], en donde el circuito punto a punto es proporcionado de una localización centralizada hacia múltiples localizaciones remotas. Estas redes usualmente usan SCPC.

2.1.3.3 Redes interactivas de dos caminos: Estas redes ofrece un amplio rango de voz, video y servicio de datos de un HUB central a un gran número de remotas VSAT en una red estrella. La comunicación entre dos VSAT es posible a través de la estación HUB pero requiere de dos saltos [3]

2.1.4 Bandas de frecuencia

Las redes VSAT operan dentro del llamado "Fixed Satellite Service" FSS definido por la UIT con una única excepción: cuando los datos es Broadcast asociados con televisión o programas de audio, se encuentran dentro del llamado Broadcasting Satellite Service BSS. Para las aplicaciones comerciales son usadas las frecuencias dentro de FSS, estas son la banda C y la banda Ku. Además existe la banda Ka que es usada a nivel de investigación y la banda X que es usada por sistemas militares. [3].

Entre la banda C y la banda Ku la elección depende del costo de la tecnología, además de la geografía en donde se instalara la estación. Ver Tabla 2.2

Tabla 2.2 Ventajas y desventajas en bandas de frecuencia

	Ventajas	Desventajas
Banda C	Utiliza tecnología de menor precio que la utilizada en la banda Ku. Es robusto en presencia de lluvia	Antenas de gran tamaño(1 a 3m de diámetro) Comparte la misma banda de frecuencia que las microondas(se debe usar CDMA)
Banda Ku	Antena de pequeño tamaño (0.6 a 1.8m de diámetro) Uso eficiente de acceso utilizando FDMA o TDMA	Problema de atenuación debido a la lluvia

2.2 El CDMA (Code division multiple Access): Es una tecnología que utiliza ensanchado espectral (Spread Spectrum) ver Figura 2.3 como medio de acceso que permite que varios usuarios compartan una misma banda de frecuencias. La familia de normas TIA IS 95 (Telecommunications Industry Association) estandarizó esta tecnología. ¿Cómo se genera el Spread Spectrum?

- Se multiplica la información a transmitir por un código de mayor longitud.
- Los códigos son estadísticamente no-correlacionados (ortogonales).
- Conociendo el código cada usuario recupera la información enviada.

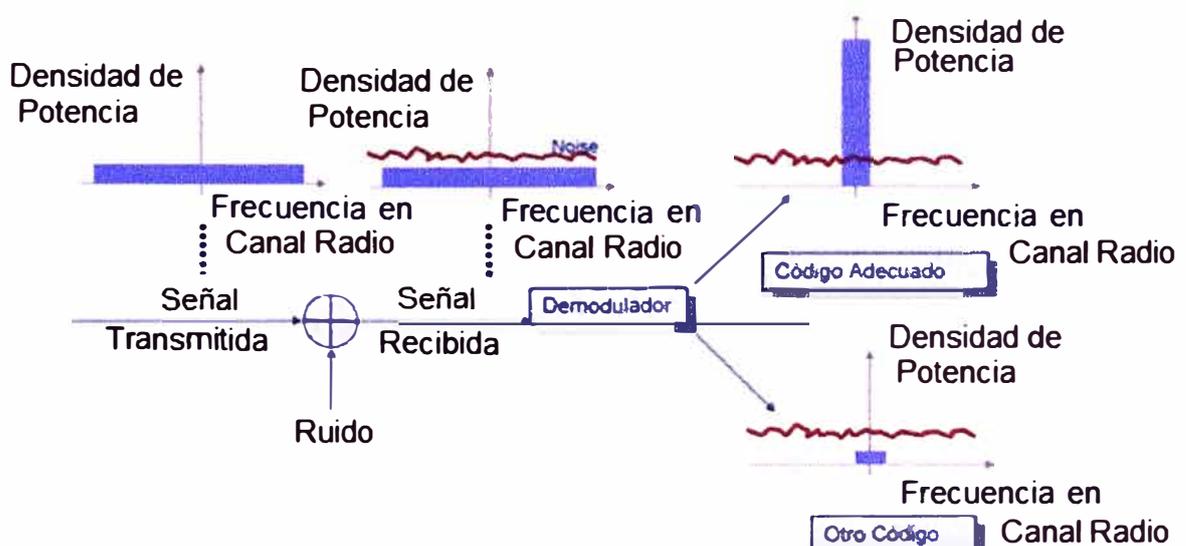


Figura 2.3 Ensanchado Espectral

2.2.1 La arquitectura básica de un CDMA: Se muestra en la Figura 2.4 en donde la MS (Mobile Station) es el terminal utilizado por el suscriptor, ERB (Estación Radio Base) es el encargado de la comunicación con los medios móviles en una determinada celda, BSC (Base Station Controller) es el que controla un grupo de ERBs, CCC (Central de Conmutación y Control) es la central responsable de conmutación y señalización para las estaciones móviles en una determinada área. HLR (Home Location Register) es la base de datos que contiene información sobre los suscriptores y el VLR (Visitor Location Register) es la base de datos que contiene la información sobre los suscriptores en visita (roaming) a un sistema celular.

En la comunicación entre la estación móvil y ERB se utiliza la modulación OQPSK, caso contrario, en la comunicación entre ERB y la estación móvil se utiliza modulación QPSK. Cuando se habla de 3G se habla de CDMA 2000 cuya primera versión es la 1X o 1XRTT que alcanza una velocidad de hasta 144kbps. Más allá de 1X lo que existe es lo que se conoce como dos tendencias. La primera es el HDR o 1XEVD0 (Evolution Data Only), el cual sería asignar un recurso espectro para solo datos que facilita llegar hasta alrededor de 2Mbps.

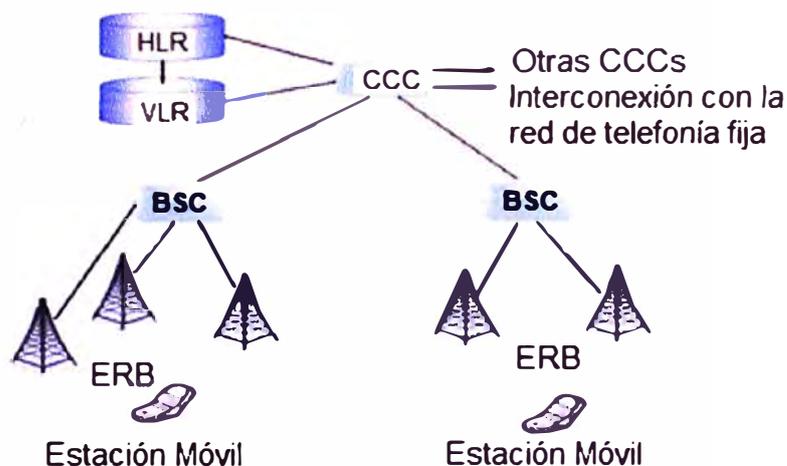


Figura 2.4 Arquitectura básica de un sistema celular CDMA

El otro se conoce como 1XEVDV que es 1X evolucionado, voz y datos que permite llegar hasta 5Mbps.

2.2.2 Propiedades de CDMA 450MHz.

Se describen las dos principales características de CDMA:

2.2.2.1 Reúso completo de frecuencias:

Las principales características de los sistemas de comunicación móviles es el despliegue mediante una estructura celular, donde las estaciones bases que se ubican dan cobertura a una zona determinada. Para ello los canales que se utilizan, para volver a reutilizarse, deben estar separadas para que no se produzca interferencias significativas. Este es el caso típico de GSM.

CDMA permite reutilizar todos los canales en todas las células o celdas. Obviamente, las células vecinas generarán interferencias, pero en tanto en cuanto las secuencias código que utilicen los usuarios sean diferente, se mantendrá la expansión de la energía interferente en un gran ancho de banda, resultando tolerable.

2.2.2.2 Aprovechamiento de la propagación multicamino

El hecho de que CDMA utilice un ancho de banda mucho mayor que el estrictamente necesario es ventajoso en cuanto a las características del canal de transmisión. Este resultará selectivo en frecuencias y presentará propagación multicamino, de manera que se recibirán distintas versiones de la señal transmitida con distintos retardos y atenuaciones en cada una de ellas. En banda estrecha, la propagación multicamino resulta problemática porque origina interferencia intersimbólicas, que debe mitigarse con la incorporación de ecualizadores de canal.

El sistema CMDA tiene una resolución temporal muy buena por ser precisamente de banda ancha con lo que una estructura de receptor que incorpore diferentes ramas (receptor Rake), si es capaz de captar separadamente la energía que llega por los distintos caminos de propagación y combinarlos constructivamente para dar lugar a una señal más reforzada (ver Figura 2.5).

Además, el hecho de que el receptor RAKE está compuesto por varias ramas receptoras permite soportar procedimientos de traspaso suaves (soft handover) de manera que el móvil puede estar conectado al mismo tiempo a dos estaciones bases, repartiendo las ramas del receptor entre ambas, con la consiguiente ganancia por diversidad que ello supone.

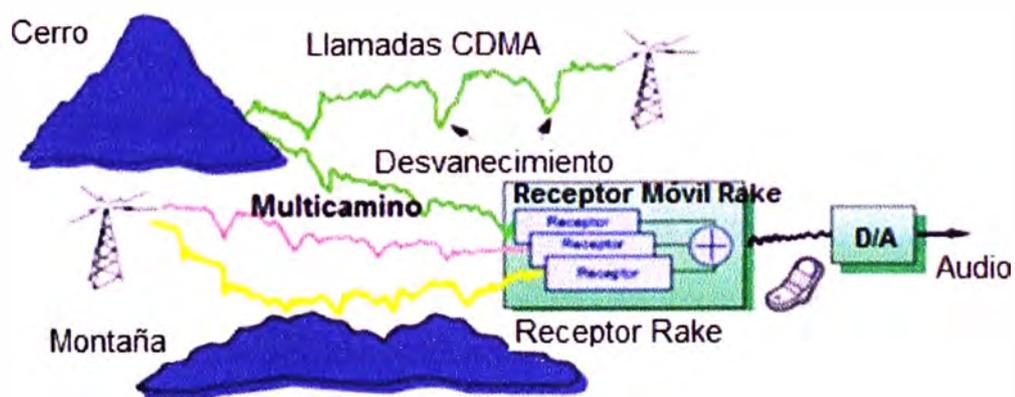


Figura 2.5 Receptor móvil Rake

CDMA 450 es la tecnología que utiliza la frecuencia de 450 MHz, aporta grandes ventajas porque la frecuencia utilizada tiene un gran rendimiento frente a los obstáculos logrando abarcar grandes distancias con una sola celda y una gran inmunidad frente a interferencias, presenta una mayor cobertura por caída y esto se debe a que como presenta una menor frecuencia se tiene una mayor longitud de onda y esto hace que el

tenga un menor desvanecimiento en la distancia y se aprovecha más el fenómeno de reflexión.

2.3 Tecnología de Femtoceldas

Las Femtoceldas son puntos de acceso inalámbrico de baja potencia que operan en bandas licenciadas del espectro y que conectan los dispositivos móviles con la red del operador utilizando conexiones del internet de banda ancha. Se utilizan para extender el alcance de las redes celulares. Se comporta como una miniestación base con un equipo de radio equivalente al utilizado en la torre de comunicaciones de un operador de telefonía móvil. Desde el punto de vista del cliente ofrece mejoras en la cobertura del servicio móvil y una mejora en la calidad de las llamadas, a un coste de utilización de la infraestructura de acceso de banda ancha del cliente. Desde el punto de vista del operador, permite la liberación de recursos de red y la consiguiente mejora en la calidad de servicio percibida por el cliente, lo que repercute en una disminución de la tasa de cancelación de clientes. En la Figura 2.6 se muestra al punto de acceso Femtocelda en el centro de la vivienda, ofreciendo servicios de voz y datos a multitud de dispositivos.

Este punto se encuentra conectado con el router encargado de ofrecer conectividad DSL mediante el operador contratado por el usuario. Una vez dentro de la red IP, ésta se encuentra conectada con la capa macrocelda del operador móvil, de modo que sea esta red la encargada de gestionar la propia red Femtocelda

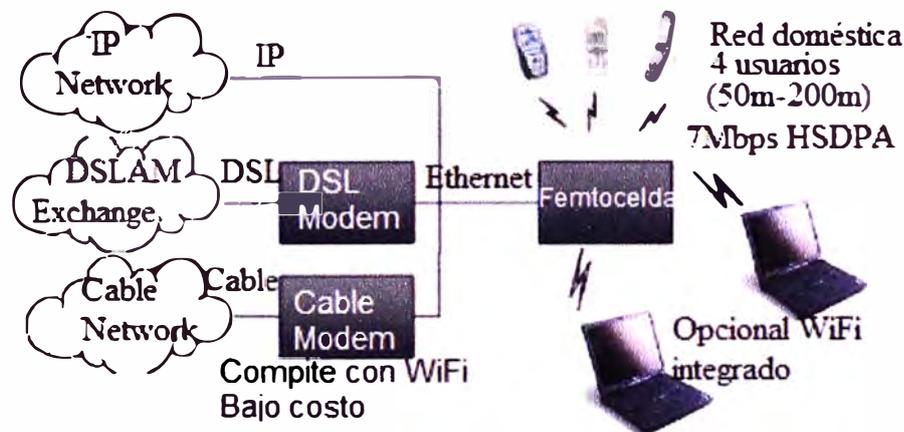


Figura 2.6 Arquitectura de una Femtocelda

2.3.1 Características Principales de las Femtoceldas

Utiliza tecnología móvil, también bandas de frecuencia asignadas a las operadoras.

Se conectan al núcleo de conmutación de paquetes de la red de telefonía móvil a través de redes de banda ancha.

Pueden soportar hasta 16 teléfonos móviles.

Radio de cobertura aproximado de 20 m.

Las Femtoceldas están comercialmente disponibles ver Figura 2.7 para GSM, TD-SCDMA, WiMAX y LTE.



Figura 2.7 Femtoceldas comerciales

Existen dos razones para su uso: el ahorro de los sistemas de radio bases externas con la consecuente reducción de costos y precios y la mejora de la cobertura en interiores sin aumentar las inversiones en radio bases.

2.4 Tecnología WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es el nombre comercial de un grupo de tecnologías inalámbricas que emergieron de la familia de estándares WirelessMAN. Es una tecnología que permite al abonado la conectividad de banda ancha inalámbrica en uso fijo, portátil y móvil sin necesidad de visión directa de la estación base. También es conocida como tecnología de última milla. El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha (voz, datos y video) en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales). El único organismo habilitado para certificar el cumplimiento del estándar y la interoperabilidad entre equipamiento de distintos fabricantes es el WiMAX Forum: todo equipamiento que no cuente con esta certificación, no puede garantizar su interoperabilidad con otros productos.

2.4.1 Estándares

- ✓ **Estándar 802.16:** Estándar publicado en abril de 2001 que se refería a enlaces fijos radio con línea de visión directa entre el transmisor y el receptor utilizando frecuencias dentro de la banda de 10 a 66 GHz para proporcionar velocidades de transmisión de hasta 134 Mbps y sin movilidad.
- ✓ **Estándar 802.16a:** Estándar que se publicó un año más tarde, en marzo del 2003, y fue entonces cuando WiMAX, como una tecnología de banda ancha inalámbrica, empezó a cobrar relevancia. Esta modificación también estaba pensada para enlaces fijos, pero llegó a realizar modificaciones de control de acceso y de especificaciones de la capa física logrando una distancia de operatividad de 40 a 70 kilómetros y operando en la banda de 2 a 11 GHz, parte del cual es de uso común, y no requiere licencia para su operación. Es válido para topologías punto a multipunto y, opcionalmente, para redes en

maña, y no requiere línea de visión directa y permite transmitir sobre ellas velocidades teóricas de hasta 75 Mbps. Emplea las bandas de 3.5 GHz y 10.5GHz, válidas internacionalmente, que requieren licencia (2.5 – 2.7 GHz en EEUU), y las de 2.4 GHz y 5.725 – 5.825 GHz que son de uso común y no requieren disponer de licencia alguna.

✓ **Estándar 802.16-2004(d):** Las principales características de los protocolos para WiMAX fijos, mencionados en los puntos anteriores, se han incorporado en este estándar. 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 unos 70 Mbps en condiciones ideales, aunque el rendimiento real podría ser únicamente superior a unos 40 Mbps. Usa Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM).

Estándar 802.16e-2005: Es una ampliación de IEEE 802.16d para ofrecer movilidad y roaming. Por tanto, también es conocido como WiMAX móvil. Sirve para aplicación a conexiones inalámbricas en la banda de 2 GHz a 6 GHz, que permite transmitir sobre el a velocidades de hasta 15 Mbps. Añade movilidad, prometiendo comunicaciones a velocidades en torno a 120 km/h. Usa Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA) [15].

WiMAX es una solución de banda ancha inalámbrica que ofrece una gran cantidad de características con bastante flexibilidad en términos de operaciones de despliegue y de servicio a ofrecer

A continuación en la Tabla 2.3 la comparación de los estándares WiMAX.

Tabla 2.3 Comparaciones de los estándares

Estándar	IEEE 802.16 2002	IEEE 802.16d 2004	IEEE 802.16e 2005
Aplicación	Fijo, LOS	Fijo, NLOS	Fijo y Móvil, NLOS
Banda de frecuencias	10-66 GHz	2-11GHz	2-11GHz para fijos 2-6GHz para móvil
Tasa máxima	32-134Mbps	Hasta 75 Mbps	Hasta 75 Mbps
Alcance	2 – 5 Km	5 – 10 Km	2 – 10 Km
Ancho de Banda del canal	20; 25 y 28 MHz	1,25; 1,75; 3,5; 5; 7; 8,75; 10; 14; y 15 MHz	1,25; 1,75; 3,5; 5; 7; 8,75; 10; 14; y 15 MHz
Multiplicación	TDM / TDMA	TDM/TDMA/OFDM	TDM/TDMA/OFDMA
Modulación	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16 QAM, 64QAM	QPSK, 16 QAM, 64QAM
Duplexación	TDD and FDD	TDD and FDD	TDD and FDD

2.4.2 Multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM)

La palabra multiplexar en comunicaciones significa agrupar un conjunto de señales y enviarlas por un medio. Si cada uno de las señales se envía con portadoras de frecuencias diferentes se llama multiplexación por división de frecuencias OFDM.

La base del OFDM reside en la combinación de múltiples portadoras moduladas superpuestas espectralmente, pero manteniendo las señales moduladas ortogonales, de manera que no se producen interferencias entre ellas. Además, es posible utilizar diferentes técnicas de modulación entre portadoras, con lo cual se consigue una funcionalidad extra ver figura 2.9

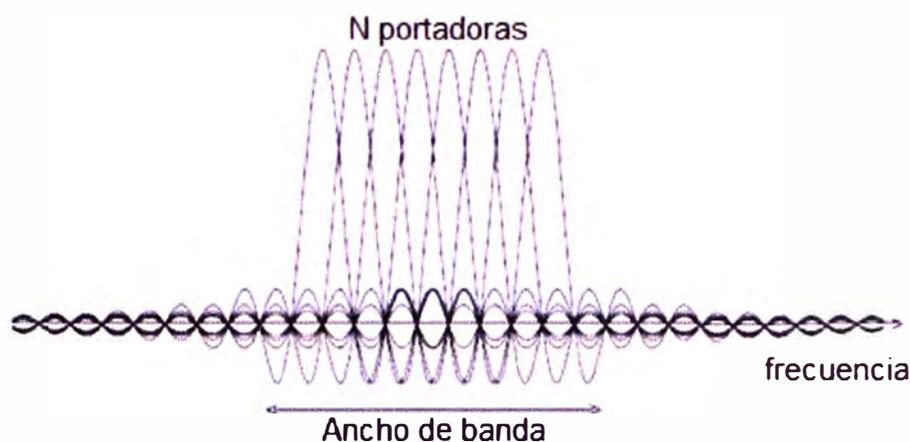


Figura 2.8 Portadoras ortogonales en OFDM.

OFDM proviene de la modulación por división en frecuencia (FDM) figura 2.9, donde los datos se transmiten a través de varias portadoras separadas en frecuencia y nunca superpuestas. Sin embargo, en OFDM gracias a la ortogonalidad puede existir superposición de las subportadoras lo cual mejora la eficiencia espectral.

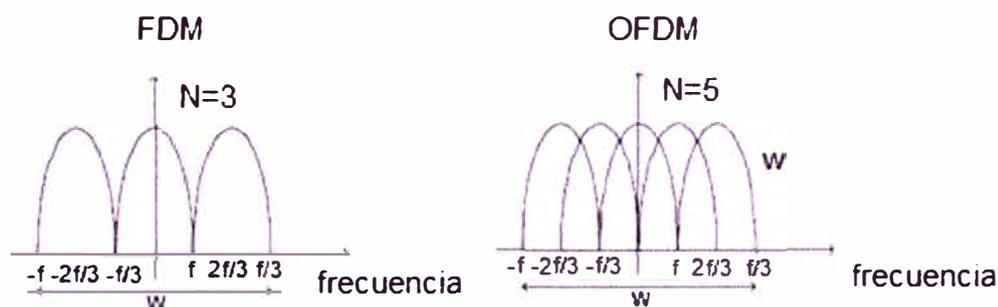


Figura 2.9 Comparación entre las modulaciones OFDM y FDM

En recepción las portadoras deben ser separadas antes de demodular. En las técnicas de multiplexación tradicionales FDM, se utilizaban filtros pasa banda en cada una de las frecuencias, por lo que además de no superponer las bandas, era obligatoria la reserva de bandas de guarda. Un método de conseguir una mayor eficiencia espectral es superponer las portadoras, mediante el uso de una DFT (transformada discreta de Fourier) tanto en modulación como en demodulación, que es en lo que se basa el OFDM.

Para ello se hace coincidir los lóbulos espectrales principales con los nulos del resto de portadoras, manteniendo la señal ortogonal.

De esta manera es posible incrementar la eficiencia espectral, sin tener interferencia entre los canales como se demuestra en la Figura 2.10. Pese a ello, en implementaciones reales existe una pequeña interferencia, que provoca que se pierda mínimamente la ortogonalidad.

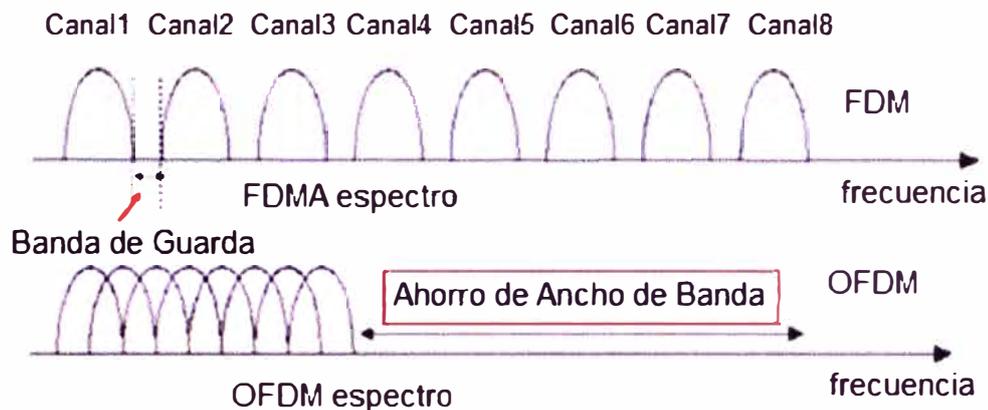


Figura 2.10 Mejora de la eficiencia espectral de OFDM respecto FDM [15]

El concepto de OFDM está basado en distribuir la gran velocidad de datos entre un gran número de portadoras a baja velocidad. La ortogonalidad entre las portadoras se consigue usando la transformada rápida de Fourier (FFT).

El principal problema de OFDM es la interferencia entre símbolos (ISI), que está causada por el "goteo" de un símbolo en el período de otro símbolo debido a la interferencia multitrayecto. Para combatirla se introduce un tiempo de guarda antes del símbolo OFDM, este tiempo debe ser mayor que el retraso debido al multitrayecto. La interferencia entre portadoras se soluciona extendiendo cíclicamente el intervalo de guarda.

OFDM incrementa la robustez del sistema frente al desvanecimiento selectivo en frecuencia o la interferencia de banda estrecha debido al desvanecimiento plano en subcanales de frecuencia.

Otra ventaja del OFDM, que es la causa por la que se ha popularizado en la tecnología WiMAX, es la capacidad para gestionar los diferentes retardos que se producen en señales que padecen multitrayecto. En un canal radio estos efectos se traducen en la no respuesta plana del canal, la aparición de nulos, etc. que normalmente conducen a la pérdida completa de la señal. Además, estos multitrayectos pueden producir interferencia entre símbolos, provocado por los diferentes retardos, que hace que se mezclen símbolos consecutivos. Esto se soluciona mediante la utilización de un periodo de guardia para cada símbolo OFDM, trasladando la misma idea que se utiliza en FDM.

Por lo contrario, presenta las desventajas de ser más sensible que las técnicas tradicionales al desfase en frecuencia o desfase en la sincronización temporal. Además, por su carácter ortogonal, presenta una elevada relación peak-to-average, condicionando el tipo de amplificadores que se pueden utilizar.

OFDMA (WiMAX e) consigue el acceso múltiple asignando diferentes subportadoras OFDM a los distintos usuarios. Esta asignación se mantiene sólo durante un cierto periodo de símbolo, después cambia siguiendo un patrón de saltos conocido por el transmisor y el receptor. Es una técnica similar a CDMA que se utiliza para disminuir la interferencia.

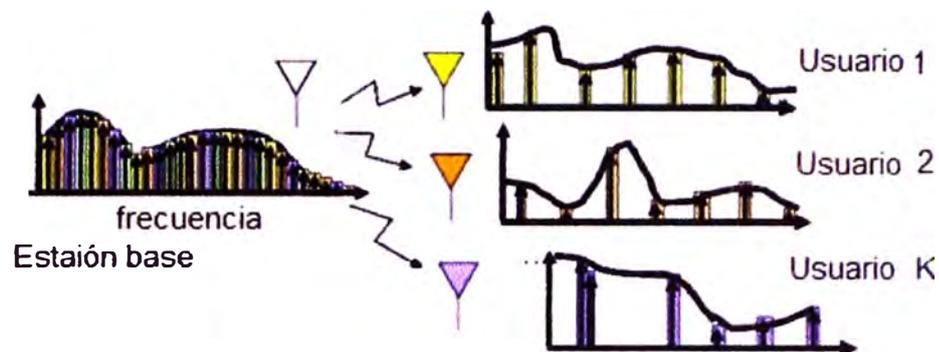


Figura 2.11 OFDMA, técnica de acceso al medio de WiMAX.

Los principales argumentos del uso de OFDMA en la tecnología WiMAX (802.16 e) son:

- ✓ Tolerancia a la interferencia por multitrayecto.
- ✓ Resistencia al desvanecimiento selectivo en frecuencia.
- ✓ Ancho de banda escalable.
- ✓ Gran compatibilidad con las tecnologías de antenas inteligentes avanzadas.

OFDMA permite a múltiples usuarios transmitir en diferentes subportadoras por cada símbolo OFDM. Así, se asegura de que las subportadoras se asignan a los usuarios que ven en ellas buenas ganancias de canal.

En general existen dos tipos de permutaciones de subportadoras: distribuidas (que se comportan mejor en ambientes de movilidad) y adyacentes (para entornos fijos o de bajo movimiento).

2.4.3 Parámetros OFDM en WiMAX.

Las versiones fijas y móviles de WiMAX tienen diferentes implementaciones de OFDM en la capa física PHY en donde esta capa es la interfaz entre el MAC y el medio inalámbrico. Para WiMAX fijo, basado en la norma IEEE 802.16-2004, se usa una capa física basada en OFDM con una FFT de 256 subportadoras de tamaño. Para WiMAX móvil, basado en la norma 802.16-2005, se usa una capa física basada en OFDMA variable. En el caso de WiMAX móvil, el tamaño de la FFT puede variar desde 128 hasta 2048 subportadoras.

2.4.3.1 Capa física WiMAX fijo (OFDM-PHY): Para esta versión el tamaño de la transformada rápida de Fourier (FFT) está fijada en 256 subportadoras, de las cuales 192 son subportadoras para transportar datos, 8 son usadas como subportadoras piloto para propósitos relacionados con la estimación y la sincronización del canal, y el resto son usadas como subportadoras de la banda de guarda. Puesto que el tamaño de la FFT es fijo, el espaciado entre subportadoras varía con el ancho de banda del canal. Cuando se utilizan grandes anchos de banda, el espaciado entre subportadoras aumenta y el tiempo de símbolo disminuye. Que el tiempo de símbolo disminuya significa que será necesario asignar una mayor fracción de tiempo de guarda con el propósito de superar la difusión de retardos. Como muestra la tabla anterior, WiMAX permite una gran cantidad de tiempos de guarda, por eso permite a los diseñadores del sistema realizar intercambios entre la eficiencia espectral y la robustez frente a la difusión de retardo. Para alcanzar la máxima robustez frente a difusión de retardo, se puede usar un 25 por ciento de la banda de guarda.

2.4.3.2 Capa física WiMAX móvil (OFDMA-PHY): El tamaño de la FFT puede variar entre 128 y 2048 subportadoras. En este caso cuando el ancho de banda aumenta, el tamaño de la FFT también se ve incrementado para que el espaciado entre las subportadoras siempre sea 10.94KHz, esto mantiene la duración del símbolo OFDM fijo y por tanto las capas superiores no se tienen que preocupar de esto. El espaciado de 10.94KHz fue elegido como un buen equilibrio para satisfacer el retardo de propagación y el efecto Doppler y así poder operar en entornos fijos y móviles mixtos. Este espaciado entre subportadoras puede soportar un retardo de hasta 20 μ s y una movilidad de hasta 125km por hora cuando opera a 3.5GHz. El espaciado entre subportadoras de 10.94KHz implica que se usen FFT de 128, 512, 1024 y 2048 bits cuando el ancho de banda del canal es 1.25MHz, 5MHz, 10MHz y 20MHz respectivamente, ver tabla 2.4.

La siguiente tabla muestra los parámetros relativos a OFDM para ambas capas físicas, la basada en OFDM y la basada en OFDMA.

2.4.4 Modulación y codificación en WiMAX.

WiMAX soporta una variedad de esquemas de modulación y codificación que permite que el esquema cambie en cada ráfaga básica, dependiendo de las condiciones del canal. La estación base puede medir la calidad del enlace ascendente y descendente de cada usuario, y así asignarle una modulación y una codificación que maximice la tasa de transferencia para la proporción señal/ruido disponible; se muestra en la figura 2.12.

Por lo tanto la modulación y codificación adaptativa incrementan significativamente la capacidad de todo el sistema, ver tabla 2.4, y permite la compensación en tiempo real entre la tasa de transferencia y la robustez de cada enlace.

La siguiente tabla muestra una lista de varios esquemas de modulación y codificación soportados en WiMAX.

Tabla 2.4 Parámetros de la Capa Física

Parámetros	WiMAX-Fijo	WiMAX Móvil			
	OFDM-PHY	OFDMA-PHY			
Tamaño FFT	256	128	512	1024	2048
Número de subportadoras de datos	192	72	360	720	1440
Número de subportadoras piloto	8	12	60	120	240
Número de subportadoras guarda	56	44	92	184	368
Periodo de guarda	1/32, 1/16, 1/8, 1/4				
Tasa Muestreo	Depende del Ancho de banda: 7/6 para 256 OFDM, 8/7 para múltiplos de 1.75MHz, y 28/25 para múltiplos de 1.25MHz, 1.5MHz, 2MHz ó 2.75 MHz				
Ancho de banda del canal (MHz)	3.5	1.25	5	10	20
Espaciado subportadoras (KHz)	15.625	10.94			
Tiempo útil de símbolo(us)	64	91.4			
Tiempo de guarda (asumiendo 12.5%)	8	11.4			
Duración del símbolo OFDM (us)	72	102.9			
Número de símbolos OFDM en tramas de 5 ms	69	48			

En el enlace descendente las modulaciones QPSK, 16 QAM y 64 QAM son obligatorios para WiMAX fijo y móvil; mientras que en el enlace ascendente 64 QAM es opcional. La codificación FEC (Forward Error Correction) es obligatoria si usamos códigos convolucionales. Un total de 52 combinaciones de esquemas de modulación y codificación están definidas en WiMAX.

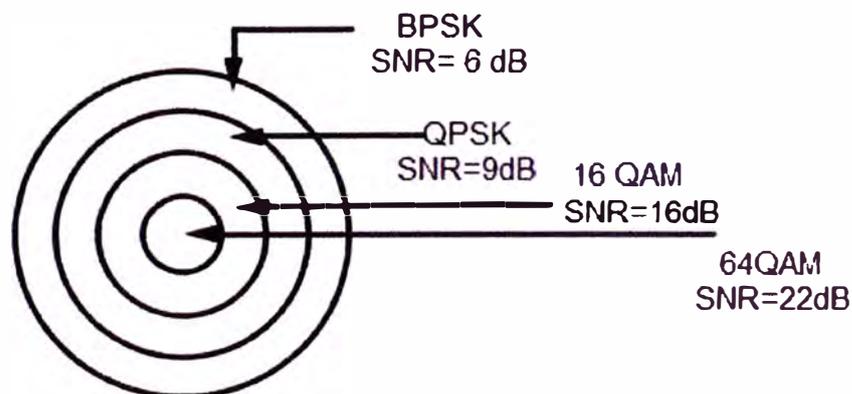


Figura 2.12 Modulación adaptiva al SNR

Tabla 2.5 Modulaciones y codificaciones en WiMAX.

	Dowlink	Uplink
Modulación	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM; BPSK opcional para OFDMA-PHY	BPSK, QPSK, 16QAM; 64QAM opcional
Codificación	Obligatorio: códigos convolucionales de tasas 1/2, 2/3, 3/4, 5/6. Opcional: Turbo códigos convolucionales de tasas 1/2, 2/3, 3/4, 5/6; códigos de repetición de tasa 1/2, 1/3, 1/6. LDPC, códigos RS para OFDM-PHY.	Obligatorio: códigos convolucionales de tasas 1/2, 2/3, 3/4, 5/6. Opcional: Turbo códigos convolucionales de tasa 1/2, 2/3, 3/4, 5/6; códigos de repetición de tasa 1/2, 1/3. LDPC(Low Density Parity Check)

2.4.5.- Calidad de Servicio (QoS) de WiMAX.

Para soportar una amplia variedad de aplicaciones, WiMAX define cinco servicios:

- ✓ Servicio garantizado no solicitado o UGS (Unsolicited Grant Service): Es un servicio diseñado para soportar un tamaño fijo de paquetes a una tasa constante de datos, está orientado a servicios con requisitos estrictos de temporización como son la voz sobre IP (VoIP) sin supresión de silencios y la emulación de T1/E1. Los parámetros de flujo de servicio obligatorios que se definen en este servicio son la tasa máxima de tráfico sostenible, la máxima latencia permitida, el jitter tolerado y la política de petición/transmisión. Aquí la estación base programa periódicamente regiones de transmisión de manera regular, de manera anticipada y del tamaño negociado con anterioridad, durante el establecimiento de la conexión, sin que haya una petición explícita de parte del usuario con requisitos estrictos de temporización.
- ✓ Servicio de consulta en tiempo real o RtPS (Real-time Polling Service): Este servicio está orientado al tráfico en tiempo real con tasa de transmisión variable, como el vídeo MPEG. Los parámetros de flujo de servicio obligatorios que se definen en este servicio son la tasa mínima de tráfico reservada, la máxima tasa de tráfico sostenible, la máxima latencia permitida y la política de petición/transmisión. A las estaciones con tráfico RtPS se les asigna periódicamente una oportunidad de transmisión para solicitar ancho de banda de manera periódica con el fin de satisfacer sus requisitos en tiempo real.
- ✓ Servicio de consulta diferido o NRtPS (Non-Real-time Polling Service): Servicio diseñado para soportar flujos de datos tolerantes a retardos y de tamaño variable pero con un ancho de banda mínimo requerido, tal como FTP. Los parámetros obligatorios de flujo de servicio que se definen en este servicio son la tasa mínima de tráfico reservado,

la tasa máxima de tráfico sostenible, la prioridad de tráfico y la política de petición/transmisión.

- ✓ Servicio de Mejor esfuerzo o BE (Best Effort Service): En este servicio no se garantiza un nivel mínimo de servicio, ni retardo, ni caudal. Es decir este servicio está diseñado para aplicaciones sin requisitos mínimos de ancho de banda. Los parámetros obligatorios de flujo de servicio definidos en este servicio son la tasa máxima de tráfico sostenible, la prioridad de tráfico y la política de petición/transmisión.
- ✓ Servicio extendido en tiempo real y tasa variable o ERT VR (Extended Real-Time Variable Rate Service): Se diseña este servicio para aplicaciones como VoIP con supresión de silencio, es decir con detección de actividad ya que tienen tasas de datos variables pero necesitan una tasa de datos y un retraso garantizado. Este servicio solamente está definido en el estándar IEEE 802.16e- 2005 y no en el IEEE 802.16-2004. Los parámetros obligatorios son la tasa mínima reservada, la máxima latencia soportada, el jitter tolerable, la prioridad de tráfico y la máxima tasa de datos sostenible.

Tabla 2.6 Tipos QoS en WiMAX

Tipo de QoS	Parámetros QoS definidos	Ejemplo de aplicaciones
UGS - Unsolicited Grant Service	Máxima tasa sostenible Máxima latencia tolerada Tolerancia jitter	Voz sobre IP sin supresión de silencios
RtPS - Real time Polling Service	Mínima tasa reservada Máxima tasa sostenible Máxima latencia tolerada Prioridad de tráfico	Flujos de audio y video
NRtPS - Non Real time Polling Service	Mínima tasa reservada Máxima tasa sostenible Prioridad de tráfico	Protocolo de transferencia de ficheros (FTP)
BE- Best Effort service	Máxima tasa sostenible Prioridad de tráfico	Navegación Web, transferencia de datos
Ert VR - Extended Real time Variable Rate service	Mínima tasa reservada Máxima tasa sostenible Máxima latencia tolerada Tolerancia jitter Prioridad de tráfico	VoIP con supresión de silencios

2.4.6 Arquitectura de red WiMAX basada en IP.

El grupo de trabajo del foro WiMAX ha desarrollado un modelo de referencia de la red para el despliegue de estructuras de red WiMAX y para asegurar la máxima flexibilidad y la interoperabilidad entre varios equipos y operadores de WiMAX. Este modelo de referencia provee una arquitectura unificada de la red para soportar despliegues fijos y móviles y un modelo de servicio basado en IP.

En la figura 2.13 vemos una ilustración de lo que sería una red WiMAX basada en IP.

El modelo de referencia de una red WiMAX está compuesto principalmente por tres componentes interconectadas mediante interfaces estandarizadas o puntos de referencia del R1 a R5. Los tres componentes son:

- ✓ MS: Mobile Station, usado en el extremo de la red del usuario para acceder a la red.
- ✓ ASN: Access Service Network, comprende una o más estaciones base para formar el servicio de acceso a la red.
- ✓ CSN: Connectivity Service Network, que provee conectividad IP con las funciones IP del núcleo de la red.

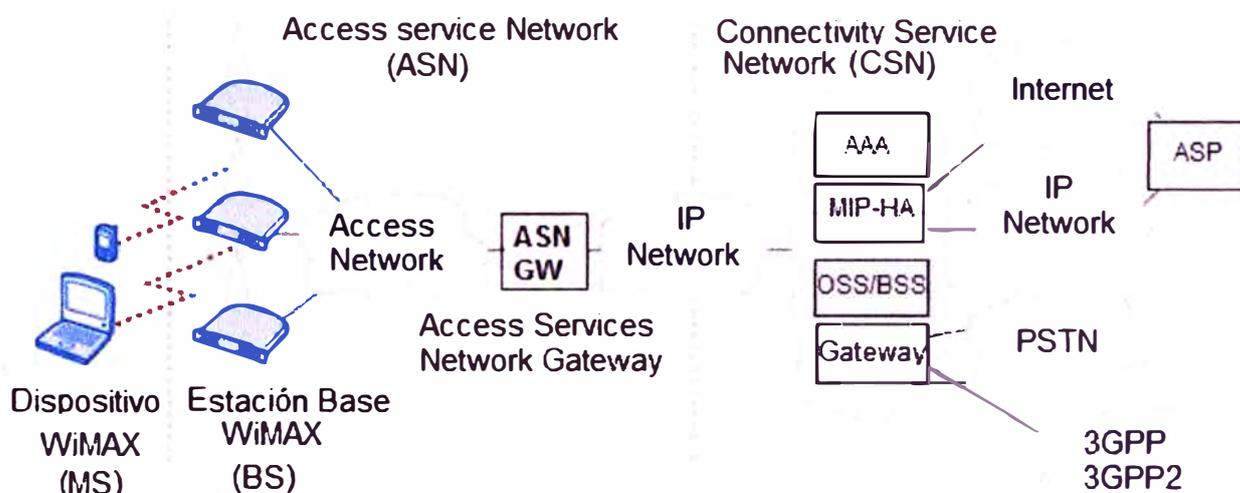


Figura 2.13 Estructura basada en IP de WiMAX

El modelo de arquitectura de red desarrollado por el grupo de trabajo del WiMAX Forum define una serie de entidades funcionales, e interfaces entre dichas entidades (definidos como puntos de referencia).

2.4.6.1 Estación Base (BS): Implementa la capa física y MAC tal como se define en el estándar IEEE 802.16. En una red de acceso WiMAX, una BS está definida por un sector y una frecuencia asignada. En el caso de la asignación multifrecuencia de un sector, dicho sector incluye tantas BS como frecuencias asignadas haya. La conectividad a múltiples ASN-GW debe ser requerida en el caso de carga balanceada o propósitos de redundancia.

2.4.6.2 Access Services Network Gateway (ASN-GW): (Servicio de acceso a redes de puerta de enlace) es una entidad lógica que actúa típicamente como un punto de agregación de tráfico de la capa de enlace dentro del ASN e incluye: Funciones de control entre entidades pares y encaminamiento plano de portadora o funciones de puente.

Una entrada completamente redundante de la red del servicio del acceso (ASNGW) conecta las estaciones bajas de WiMAX con la red de la base. Con una capacidad de

hasta 256 BS por unidad, el ASN-GW puede manejar las conexiones de más de 288.000 suscriptores, con 8.000 de ellos activos simultáneamente. Las funciones principales del ASN-GW son: gestión y paginación de la localización dentro del ASN, gestión de los recursos de radio, claves de encriptación, funcionalidad de cliente de AAA, establecimiento y gestión de la movilidad con las estaciones base, aplicaciones de QoS, funcionalidad de agente externo para Mobile IP y envío a los CSN seleccionados.

2.4.6.3 Servicio de Conexión a la red (CSN): El CSN consiste en unas funciones y equipos que permiten la conectividad IP a los suscriptores WiMAX. Por ello, el CSN incluye las siguientes funciones:

- ✓ Autorización de conexión de usuario en la capa de acceso 3.
- ✓ Administración de la QoS.
- ✓ Soporte de movilidad basado en Mobile IP.
- ✓ Tunelado (basado en protocolos IP) con otros equipos o redes.
- ✓ Facturación de los suscriptores WiMAX.

Esos puntos de referencia logran puntos de interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes. Hay seis puntos de referencias obligatorios (del R1 al R6) y dos opcionales (R7 y R8) ver figura 2.14.

R1: Punto de referencia de la interfaz radio entre el MS y el ASN. Incluye todas las características físicas y MAC de los perfiles de WiMAX. Lleva tráfico de usuario y mensajes de control de usuario.

R2: Es la interfaz lógica entre el MS y el CSN. Contiene los protocolos y otros procedimientos implicados en la autenticación, servicios de autorización y administración de la configuración IP.

R3: Es la interfaz lógica entre el ASN y el CSN. Transporta mensajes del plano de control e información del plano de datos a través de un tunelado entre el ASN y CSN.

R4: Punto de referencia que interconecta dos ASNs (ASN perfil B) o dos ASN-GW (ASN perfiles A o C). Transporta mensajes del plano de control y de datos, especialmente durante el traspaso de un usuario WiMAX entre ASNs/ASN-GWs.

Presenta interoperabilidad entre ASNs de diferentes fabricantes.

R5: Punto de referencia que interconecta dos CSNs. Consiste en el juego de métodos del plano de control y de datos para la comunicación entre el CSN del NSP visitante y el NSP.

R6: Es específico de algunos de los perfiles de ASN. En aquellos en los que el ASN se subdivide en BS y ASN-GW que corresponden con los perfiles A y C. Por tanto, este punto de referencia no es aplicable al perfil B. R6 se encarga de unir el BS y el ASN-GW. Transporta mensajes del plano de control y de datos.

R7 y R8: R7 es una interfaz lógica opcional entre funciones de decisión y aplicación en el ASN-GW. R8 es una interfaz lógica entre estaciones base y transporta flujo de intercambio del plano de control que sirve para permitir un rápido y eficiente traspaso entre estaciones base.

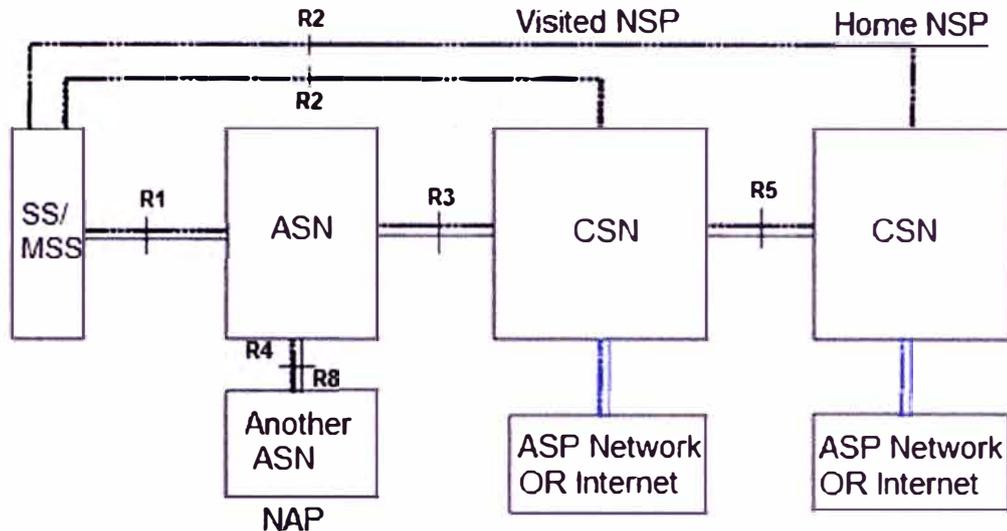


Figura 2.14 Puntos de referencia definidos por el WiMAX Forum.

2.4.7 Ventajas de WiMAX:

- ✓ Gran capacidad de ancho de banda, de manera que 1 sola estación base puede abastecer a más de 50 usuarios.
- ✓ Compatibles con diversas tecnologías, de manera que puede transportar MPLS, ATM, Ethernet, etc.
- ✓ Provee mucha más capacidad de ancho de banda, lo que permite tener acceso a videos, música, juegos etc.
- ✓ Su costo conforme pasa el tiempo estará más accesible, e inclusive posiblemente menos que la que se da por los medios guiados.

2.4.8 Desventajas de WiMAX

- ✓ Equipos relativamente competitivos.
- ✓ Necesitas licencia en algunas bandas del espectro.
- ✓ Susceptible a interferencias de artefactos domésticos.

2.4.9 Seguridad de WiMAX: La tecnología WiMAX en cuestión de seguridad soporta dos algoritmos TDES de 128 bits y RSA de 1024 bits.

Algoritmo TDES de 128 bits: Es un algoritmo simétrico que cifra bloques de texto, es inmune al ataque a la mitad de camino, pues duplica la longitud de la clave y triplica el número de operaciones de cifrado.

Algoritmo RSA de 1024 bits: El segundo es un algoritmo asimétrico cifrador de bloques con una clave pública y otra privada, su funcionamiento se basa en el producto de dos números aleatorios muy grandes para formar la clave del cifrado. [5].

2.4.10 WiMAX en zonas rurales: Resulta una alternativa muy buena para el despliegue rápido de servicios, compitiendo directamente con las infraestructuras basadas en redes de satélites, que son muy costosas y presentan un gran retardo. En la Figura 2.15 se ve cómo trabaja WiMAX

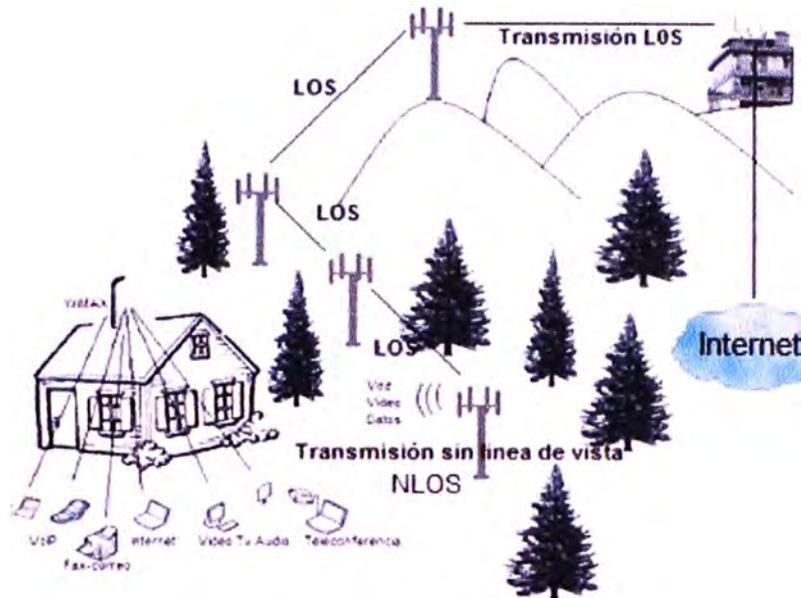


Figura 2.15 Como trabaja WiMAX

2.5 Elección de la tecnología más apropiada para la implementación del proyecto

La tecnología a usar es WiMAX, es una tecnología robusta que satisface de manera eficiente al usuario que requiere voz, video y datos. Presenta menores costos de equipamiento y asegura la interoperabilidad como su nombre mismo lo dice en gran medida con el fin de reducir los riesgos para los operadores a implementar los servicios.

WiMAX fijo: el estándar 802.16d está basado en la modulación OFDM y soporta accesos tanto fijos como móviles, en entornos en los que puede haber, o no, visión directa (LOS/NLOS).

OFDM es una tecnología de modulación y codificación digital. Se ha venido utilizando satisfactoriamente en aplicaciones de acceso por cable, como es el caso de los módems DSL o de la tecnología WiFi. OFDM alcanza alta velocidad y eficiencia espectral a partir del solapamiento múltiple entre distintas portadoras de señal, en lugar de transmitir sólo con una portadora. Es previsible que las futuras tecnologías 4G estén basadas en OFDM. WiMAX funcionaría similar a WiFi pero a velocidades más altas, mayores distancias y para un mayor número de usuarios. WiMAX tiene la capacidad de ofrecer un servicio aún en zonas que son difíciles para la infraestructura de cableado para llegar y la capacidad de superar las limitaciones físicas de la infraestructura de cableado tradicional, es por eso que en este proyecto se utilizará WiMAX ya que el distrito de Tambo tiene demasiados obstáculos como son los cerros y quebradas y carreteras difíciles.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Evaluación socioeconómica del distrito de Tambo

A continuación se detallará las características principales del distrito y formas de desarrollo y medios de comunicación que cuentan.

3.1.1 Ubicación:

El distrito de Tambo se encuentra ubicado en la provincia de La Mar, Región de Ayacucho que corresponde a la parte de la sierra central del Perú. Está a una altura que va desde los 2800 m.s.n.m. hasta los 4600 m.s.n.m. Las coordenadas geográficas de la localidad se encuentran entre 12°56'40" Latitud Sur y 74°01'06" Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, presenta una topografía accidentada con presencia de quebradas abruptas y montañas agrestes, terrenos agrícolas fragmentados y dispersas.



Figura 3.1 Ubicación de Tambo en la Región de Ayacucho [6]

La Mar tiene un total de 85107 habitantes con un densidad poblacional promedio de 19,37 Hab/Km²

3.1.2 Clima y geografía

Su clima es templado-frio, con abundantes lluvias en los meses de verano que es diciembre a abril y ausencia de lluvias en el resto del año, el frio que se siente es mayormente en los meses de junio y julio en las noches y las madrugadas, donde la temperatura suele bajar a varios grados bajo cero, la presencia del sol es todo el año y el aire es completamente seco.



Figura 3.2 Vista satelital del distrito de Tambo [26]

3.1.3 Actividades económicas

Tambo es uno de los distritos de la provincia de La Mar de la región de Ayacucho, donde la actividad económica principal es la agricultura. Está orientada al autoconsumo y también al abastecimiento de otros mercados como: Huamanga, y la selva del valle del Rio Apurímac.

Destaca la producción de la papa nativa, habas, maíz, trigo, cebada, arveja verde, oca, maswa, quinua y tarwi. La localidad de Tambo se dice que es la despensa de Ayacucho; se hizo muy conocido a nivel nacional por la producción, entre muchas, de dos variedades de papa: La amarilla (runtus papa) y las papitas largas harinosas (wira pasña). La agricultura, de Tambo básicamente depende las lluvias y en mínima proporción de riego tecnificado. En el distrito de Tambo la ganadería (vacuna, ovina, caprina y porcina) está orientada al autoconsumo y a la producción local

3.2 Necesidades y servicios a prestar

De todas las tablas comparativas mostradas del Perú correspondientes a la región de Ayacucho, La Mar y en especial las zonas rurales, se comenzará a plantear las necesidades del distrito de Tambo.

3.2.1 Determinación de las demandas y los servicios a ofertar

Se analizará en dos partes, primeramente se plantea la necesidad del distrito de Tambo y en la segunda parte las necesidades de los demás distritos aledaños.

El distrito de Tambo según el INEI tiene 17637 habitantes, de los cuales con la ayuda del mapa de infraestructura de Telecomunicaciones del MTC de libre disponibilidad en su web como se muestra en la figura 3.3 donde el color melón indica las zonas donde se tiene telefonía fija, al año 2012.

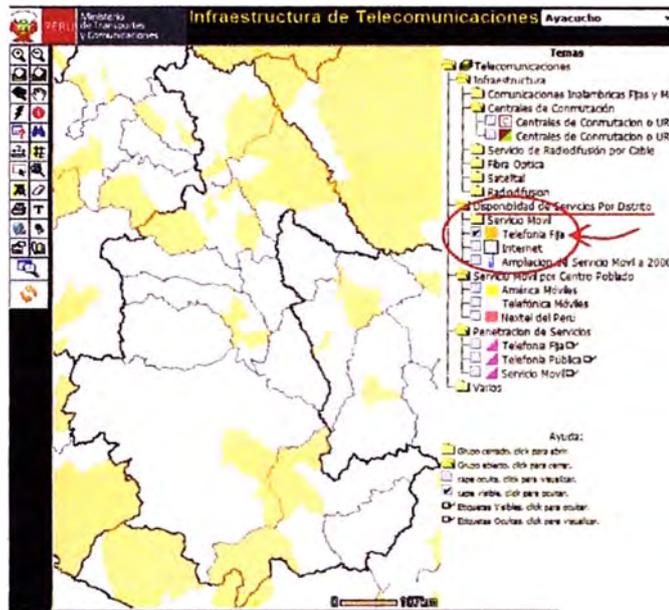


Figura 3.3 Telefonía fija en la región de Ayacucho

A continuación, la figura 3.4 nos muestra los lugares de toda la región donde hay conexiones a internet, estos datos son tomados del MTC al año 2012 en su web en la parte de infraestructura de telecomunicaciones.



Figura 3.4 Internet en la región de Ayacucho

Tabla 3.1 Variaciones porcentuales de los servicios del distrito de Tambo

Centros poblados del Distrito de Tambo	Población	Viviendas	Teléfono fijo	Internet
Tambo	5546	1386	10%	2%
Qarhuapampa	1665	416	3%	0.2%
Vista Alegre	1806	451	4%	0.3%
Ccochcca	375	93	2%	0%
Huitotoccto	214	53	3%	0%
Moya	236	59	2%	0%
Mahuayura	341	85	3%	0%
Challhuamayo Alta	238	59	2%	0%
Challhuamayo Baja	464	116	3%	0%
Unión Minas	154	38	3%	0%
Osno Baja	210	52	2%	0%
Vicos	476	119	2%	0%
Ccescce	151	37	1%	0%
Osno Alta	486	121	2%	0%
Acco	709	177	2%	0%
Masinga Alta	230	57	1%	0%
Pata Pata	238	59	2%	0%
Huayao	471	117	3%	0%
Tantacocha	182	45	3%	0%
Población dispersa	3445	861	3%	0%
Total	17637			

3.2.2 Servicios en el distrito de Tambo y en distritos aledaños

Para la determinación de la demanda de los servicios de telecomunicaciones en Tambo y en los distritos aledaños es necesario conocer los niveles porcentuales actuales con respecto a las necesidades de los servicios de telefonía fija, móvil e internet. En las siguientes tablas 3.1 y 3.2 se puede observar estas necesidades.

Tabla 3.2 Porcentajes de servicios aledaños del distrito de Tambo

	Población	Viviendas	Teléfono fijo	Internet
Ayna	8958	2239	5%	1%
Santa Rosa	13320	3330	7%	1%
San Miguel	21815	5433	10%	3%
Anco	13156	3289	5%	1%
Tambo	17637	4409	12%	3%
Chungi	4985	1246	8%	2%
Chilcas	2080	520	6%	2%
Luis Carranza	3156	789	5%	2%

3.2.3 Oferta del Mercado

WiMAX debe de ser capaz de manejar tasas de transmisión superiores a los 70 Mbps. Por otro lado, esta tecnología cubre un radio de hasta 50 Km, proveyendo de acceso inalámbrico a los centros poblados vecinos del lugar a implementar.

Esta distancia se logra gracias a las frecuencias que son usadas y a la potencia del transmisor.

Ya que la tecnología WiMAX a implementar cumple eficientemente en el diseño por lo estudios hechos y ya explicados en el capítulo 2, se logrará el objetivo de brindar una red de acceso con banda ancha para el MiniTelecentro y aprovechando que WiMAX alcanza distancias de hasta 50 km, también ayudará, para ofrecer servicios con precios accesibles a las diferentes comunidades aledañas, compitiendo en algunos casos con los operadores pero brindando mayor velocidad y mejor calidad de servicio.

A continuación se presenta los precios de los servicios que se brindan el distrito de Tambo.

Actualmente en el distrito de Tambo, Movistar y Claro son las operadoras que ofrecen el servicio de internet móvil de 3G. El hecho de que existan estas operadora, lo que se quiere es ofrecer una alternativa diferente y accesible, calidad y buen servicio; teniendo como principal objetivo la satisfacción del cliente.

En la Tabla 3.3 se puede observar los planes que ofrece Movistar y claro con respecto al Internet móvil con el uso del módem 3G, el cual se conectas a la PC o laptop y se puede navegar en cualquier lugar que te encuentres siempre y cuando estés dentro de la zona de cobertura. Los planes que se muestran cuentan con un cargo fijo mensual que el abonado debe aportar, dependiendo del monto y el plan al que esté sujeto; además, que este tendrá una capacidad de transmisión limitado. En ambos planes se ve que la velocidad de descarga es hasta 2Mbps pero las operadoras siempre te aseguran hasta un mínimo de 10%.

Tabla 3.3 Precios de las operadoras

	Movistar	Claro
Internet Móvil	S/ 50.00	S/ 49.00
Internet en tu celular	S/ 40.00	S/ 40.00
Tv inalámbrica	S/ 60.00	S/ 55.00
Teléfono fijo	S/ 39.00	S/ 35.00

3.2.4 Determinación de los Servicios a Ofrecer

Luego de haber analizado los servicios de telecomunicaciones que actualmente se están brindando en el distrito de Tambo y la necesidad del mercado presente en dicha región se ha llegado a verificar la demanda de servicio de transporte de datos en el departamento de Ayacucho todavía no está completamente satisfecha.

En este caso, el transporte de datos se refiere tanto a servicios voz, video y datos.

Para poder determinar el ancho de banda específico que se ofrecerá y el precio con el que se accederá al mercado tanto para voz, Tv y datos Internet, es necesario analizar la competencia actual en la región de Ayacucho.

El OSIPTEL estableció en el año 2010 el sistema de cargos de interconexión diferenciados debido a lo importante que resulta que los operadores rurales tengan un escenario de competencia que se equipare a los operadores urbanos, permitiéndoles seguir ofreciendo un servicio de calidad en las poblaciones que se encuentran lejos de las ciudades.

Los operadores urbanos pagarán un cargo de interconexión 2,5% más alto. Sin embargo, esto no implica una carga adicional para los operadores urbanos, pues se minimiza por el volumen de tráfico de llamadas que se generan en las urbes en comparación al tráfico rural. [10]

3.3 Cálculo por Capacidad

Para llegar al cálculo por capacidad, primero se requiere determinar el mercado inicial y los planes a ofrecer, el cual se obtendrá según el análisis realizado en la parte de arriba.

Se tiene a la operadora Movistar, la cual se encuentra ofreciendo el servicio de Internet móvil 3G en la región de Ayacucho y que ya cuenta con una cantidad definida de abonados.

Por lo tanto, al ser una operadora entrante en una zona o mercado, con una operadora dominante como Movistar y Claro; los principales pilares deberían ser las tarifas, la calidad y la disponibilidad del servicio. Esto quiere decir que el primer año para poder adquirir un porcentaje del mercado primero se debe ofrecer los servicios con precios tentadores y con alta disponibilidad de servicio.

Para poder hallar la capacidad de cada región, primero se requiere definir los tipos de planes y hacia quien están orientados.

Se puede ofrecer dos tipos de planes para:

Internet Fijo: Internet Premium e internet plus

Internet Premium: Este plan es el para las personas que necesitan mayor descarga y velocidad especialmente para empresarios ya que el costo es el más elevado.

Internet plus: Este plan es para los jóvenes, escolares, y estudiantes ya que por un lado el precio es cómodo y por el otro la capacidad de descarga es más que suficiente.

Por otro lado también se puede ofrecer los planes para Internet en el celular ya que la gran mayoría de habitantes de las zonas rurales o centro poblados cuentan con un celular (INEI) y se le puede brindar, minutos de voz y minutos de video. Se puede ofertar de la siguiente manera:

Plan Premium: Este plan está orientado a las personas empresarias y a toda aquella que pueda adquirirla ya que al ser el precio un poco elevado ofrece el primer año ilimitado en llamadas nacionales, video-llamadas y descarga de datos; pero a partir del segundo año se restringe.

Plan económico: Orientada a jóvenes y personas que por un precio considerable desean tener de todos los servicios una cantidad considerable de minutos y descargas de datos.

En la Tabla 3.4 se muestra los posibles clientes a partir del años 2012 hasta el 2016, estos datos se obtuvieron de la tabla 3.2 y se tomará en cuenta que a partir del segundo año la captación de clientes se incrementará poniendo el peor de los casos de 1000 clientes adicionales al año.

Por otro lado se ha considerado que los posibles usuarios fijos serán del 10 % del total en los respectivos distritos.

Tabla 3.4 Posibles clientes como mínimo

Distritos	Población	Área Urbana	No de Familias
Ayna	8958	2687	896
Santa Rosa	13320	3996	1332
San Miguel	21815	6544	2181
Anco	13156	3947	1315
Tambo	17637	5291	1763
Chungui	4985	1496	499
Chilcas	2080	624	208
Luis Carranza	3156	946	315
	Total	25531	8509

Después de separar los posibles usuarios por distritos, se procede a separar por planes. En primer lugar, se está considerando que los posibles usuarios en cada distrito, el 85% va adquirir el plan de Internet en su Celular, donde el 60% de este va ser para el Plan Premium y el 40% para el Plan económico. Por otro lado, el 11% del total de los posibles usuarios va ser para Internet Móvil, donde el 60% de este va ser para el Plan Internet Premium y el 40% restante para el Plan Internet plus.

En primer lugar, antes de realizar los cálculos de tráfico, se debe tener en cuenta que los días equivalentes en un mes son 27, que las horas equivalentes en un día son 14. Por otro lado, para voz, el factor de concentración (FC) es de 30% y la velocidad de datos es del 64Kbps (AMR+Channel Code); para video llamada el FC es del 10% con una velocidad de 1.5Mbps y, finalmente para datos el FC es de 5% con 600Kbps.

3.3.1 Tráfico de voz

Para hallar el tráfico de voz y con la ayuda nuevamente de la tabla 3.4 donde se tomará el 30% de la población total de cada distrito y este porcentaje dará el área urbana de la cual será la mínima cantidad de usuarios que se debe satisfacer. Luego se considera que tienen un promedio de 3 hijos por familia, se hallará la cantidad total de todas las familias que utilizan el teléfono en de cada distrito.

De todos los posibles usuarios se considerará, que usan el servicio de voz un 50% a una velocidad estándar de 64 kbps para telefonía IP, se muestra en la siguiente Tabla 3.5 la velocidad de datos mínimo para cada centro poblado del distrito de Tambo y de los demás distritos aledaños.

Tabla 3.5 Velocidad de datos para voz

Distritos	Población	Área Urbana	No de Familias	Velocidad de Voz (Mbps)	Velocidad mínima (Mbps)
Ayna	8958	2687	896	57.34	28.67
Santa Rosa	13320	3996	1332	85.24	42.62
San Miguel	21815	6544	2181	139.58	69.79
Anco	13156	3947	1315	84.16	42.08
Tambo	17637	5291	1763	112.83	56.41
Chungi	4985	1496	499	31.93	15.96
Chilcas	2080	624	208	13.31	6.65
Luis Carranza	3156	946	315	20.16	10.08
	Total	25531	8509	544.55	272.26

3.3.2 Tráfico de video

Para hallar el tráfico de video se tiene que tener en cuenta que lo que se quiere es tener niveles de servicio aceptables y se estimará la velocidad de 1.5 Mbps bajo el sistema de video comprimido en MPEG 4, y para obtener una calidad de señal se considera una ocupancia por familia del 20%. Ver tabla 3.6

Tabla 3.6 Estimación del Tráfico de video

Distritos	Población	Área Urbana	No de Familias	Velocidad de Video (Mbps)	Velocidad (Mbps)
Ayna	8958	2687	896	1344	268.8
Santa Rosa	13320	3996	1332	1998	399.6
San Miguel	21815	6544	2181	3271.5	654.3
Anco	13156	3947	1315	1972.5	394.5
Tambo	17637	5291	1763	2644.5	538.9
Chungi	4985	1496	499	748.5	149.7
Chilcas	2080	624	208	312	62.4
Luis Carranza	3156	946	315	472.5	94.5
	Total	25531	8509	12763.5	2552.7

3.3.3 Tráfico de datos

Para determinar el tráfico de datos, se tomará los valores típicos de velocidades que se utiliza para el correo electrónico, internet, descargas de archivos, etc., la velocidad a considerarse de 600Kbps y una utilización de 20% por familia. En la tabla 3.7 se observa el tráfico de datos probable.

Tabla 3.7 Tráfico de datos

Distritos	Población	Área Urbana	No de Familias	Velocidad de Datos (Mbps)	Velocidad (Mbps)
Ayna	8958	2687	896	537.60	107.52
Santa Rosa	13320	3996	1332	799.2	158.84
San Miguel	21815	6544	2181	1308.60	261.72
Anco	13156	3947	1315	789	157.8
Tambo	17637	5291	1763	1057.80	211.56
Chungi	4985	1496	499	299.40	59.88
Chilcas	2080	624	208	124.80	24.96
Luis Carranza	3156	946	315	189	37.8
	Total	25531	8509	5105	1021

En la siguiente tabla 3.8 se muestra la demanda total de los distritos aledaños:

Tabla 3.8 Demanda total

Distritos	Población	No de Familias	Velocidad Voz(Mbps)	Velocidad Video(Mbps)	Velocidad Datos(Mbps)	V.Total (Mbps)
Ayna	8958	896	28.67	268.8	107.52	405
S. Rosa	13320	1332	42.62	399.6	158.84	600
S. Miguel	21815	2181	69.79	654.3	261.72	985
Anco	13156	1315	42.08	394.5	157.8	594.38
Tambo	17637	1763	56.41	538.9	211.56	806.87
Chungi	4985	499	15.96	149.7	59.88	225.54
Chilcas	2080	208	6.65	62.4	24.96	94.01
Carranza	3156	315	10.08	94.5	37.8	142.38
	Total	8509	272.26	2552.7	1021	3853.18

3.3.4 Cálculo de tráfico del MiniTelecentro

Primeramente se sabe que el ancho de banda para VoIP es de 64Kbps, para videoconferencias es de 1.5Mbps y en promedio para una buena conexión a Internet es de 1Mbps. Cabe considerar un factor de concentración, con respecto a VoIP este factor es del 20% por la pérdida que se da cuando el paquete atraviesa las capas del modelo OSI; asimismo, se tiene un factor de 50% para el acceso a Internet y del 100% para videoconferencia

Tabla 3.9 Calculo del tráfico para el diseño

Servicio	Equipos	BW(Kbps)	BW(Kbps)	Factor	BW(Mbps)
Internet	24 Pc	1024	24576	0.5	12.00
VoIP	4 Tel IP 6Pc	64	640	0.2	0.160
Video-confer	1Pc	1536	1536	1	1.5
				BW Total	13.660

Se observa que el mínimo ancho de banda del MiniTelecentro es de 13.600 Mbps

Ahora se tiene cuanto es el máximo ancho de banda del MiniTelecentro

Tabla 3.10 Ancho de banda del MiniTelecentro

Servicio	Equipos	Bw (Kbps)	BW (Mbps)
Internet	24Pc	1024	24.00
VoIP	4Tel IP 6Pc	640	0.625
Video-conferencia	1Pc	1536	1.5
		BW Total en Mbps	26.125 Mbps

3.4 Diseño de la Red de Transporte

Primeramente una red está compuesta por un CPD (centro de procesamiento de datos), la red de Transporte y por la Red de Acceso como se muestra en la figura 3.5, en donde la red de Transporte es la encargada de transportar información del usuario desde un punto a otro u otros puntos de forma bidireccional o unidireccional y que permite la comunicación entre la Red de Acceso y los sistemas de conmutación de voz y datos, esta red consistirá de un sistema de microondas desde la ciudad de Huamanga hasta el distrito de Tambo.

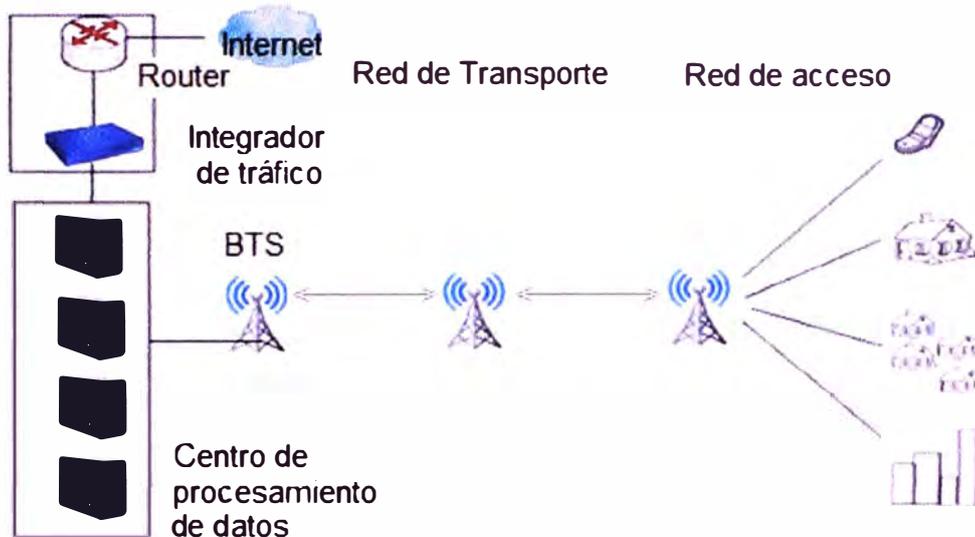


Figura 3.5 Arquitectura de una Red inalámbrica

3.4.1 Análisis de radio-propagación para los enlaces de la red de transporte

Para el diseño se debe tener en cuenta los valores de pérdida por propagación en el espacio libre ver figura 3.6, así como también el valor de la potencia recibida, la cual deberá ser mayor que el valor de la sensibilidad del receptor [12].

Pérdidas por espacio libre:

$$LP = 92.46 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dBm} \quad (3.1)$$

Donde:

f : frecuencia en GHz

d : distancia en Km.

Potencia recibida o potencia en el receptor:

$$PRx = PTx - LTx + GTx - LP + GRx - LRx \quad (3.2)$$

Donde:

PRx : Potencia recibida

PTx : Potencia transmitida.

LTx : Pérdidas por cables y conectores del lado del transmisor.

GTx: Ganancia de la antenna del transmisor.

LP : Pérdidas por espacio libre.

GRx: Ganancia de la antenna del receptor.

LRx: Pérdidas por cables y conectores del lado del receptor.

Pux: Potencia umbral de recepción (sensibilidad del receptor)

Margen de Umbral (Mu): es la diferencia entre la potencia recibida por el equipo y la sensibilidad que éste soporta (Pu).

$$Mu = Pr - Pu \quad (3.3)$$

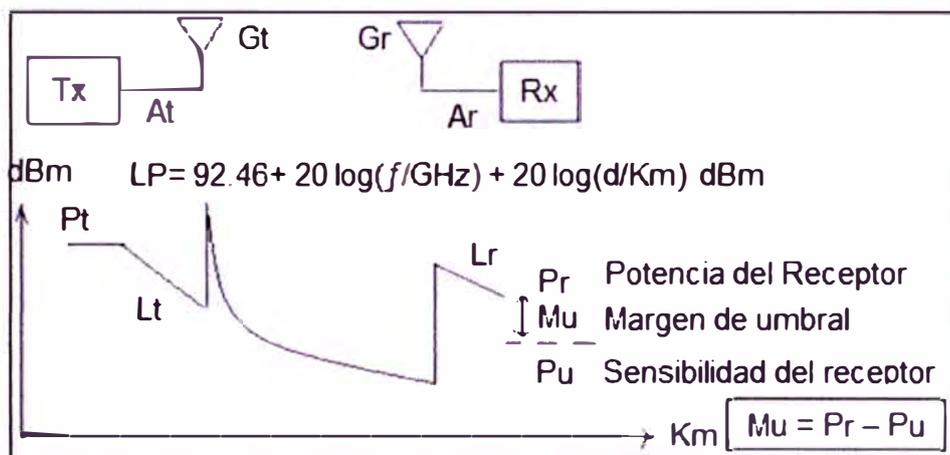


Figura 3.6 Pérdidas en el espacio libre

Para el cálculo con se considera las mismas características técnicas para todas las estaciones, cabe señalar que estas características son tomadas de los equipos de las diferentes marcas en el mercado: Andrew, RFS, NEC, Alcatel, Alvarion y Albentia.

$$Pt = 100\text{mW}/20\text{dBm}$$

$$Pr = 100\text{mW}/20\text{dBm}$$

$$Gt = Gr = 40 \text{ dBi}$$

Sensibilidad (Pu) menor a -77.5 dBm (según especificaciones del equipo)

Lt, Lr=4 dB (atenuación del cable Tx y Rx) en promedio

Polarización: Vertical

Clima Continental Sub-tropical

Para el diseño del cable y conectores se tomará en cuenta la figura 4.3 donde se muestra la atenuación del cable en las torres.

Atenuación por el cable en las estaciones repetidoras:

$$LT = L + MS \quad (3.4)$$

$$L = a + b + c + d + e \quad (3.5)$$

a, b, c, d, e, en metros.

LT = Longitud Total del cable.

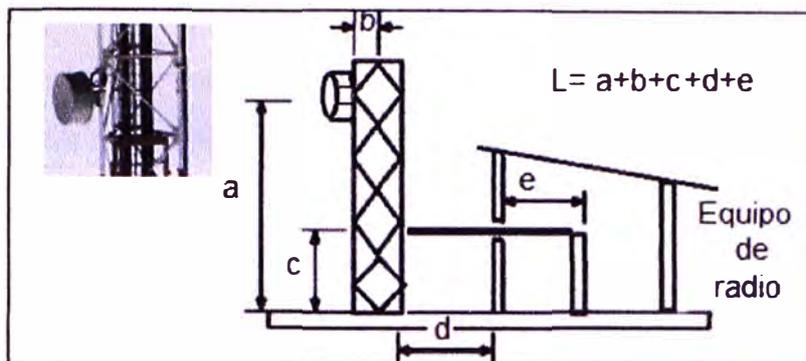


Figura 3.7 Atenuación por el cable

MS = Margen de seguridad

TE : Longitud Total por Estación

a: Altura de la Torre

fa :Factor de atenuación

En la tabla 3.11 se muestra los valores de la atenuacion de la repetidora

Tabla 3.11 Tabla Atenuaciones por longitud de cable en las repetidoras

Repetidor	a	b	c	d	e	L	MS	TE	Factor de Atenuación	Atenuación
Repetidor1	15	1	2	5	3	25	3	28	0.15 dB/m	4.2
Repetidor2	15	1	2	5	3	25	3	28	0.15 dB/m	4.2
Repetidor3	15	1	2	5	3	25	3	28	0.15 dB/m	4.2
Repetidor4	15	1	2	5	3	25	3	28	0.15 dB/m	4.2

3.4.2 El Software Libre Radio Mobile para los enlaces de Microondas

El empleo de software especializado para el diseño de radio enlaces es de gran ayuda, si bien no son 100% exactos pueden ser muy aproximados a la realidad ya que combinan información de relieve, clima, y las características de los sistemas a ser implementados, a continuación se presenta los datos calculados con el programa Radio Mobile [13].

Se trata de software libre, por tal motivo nos permite hacer cálculos con valores de frecuencia tanto libres como licenciadas.

Elección del espectro para la red de Acceso

En el Perú Las bandas de 4 400 - 5 000 MHz, 5 925 - 6 425 MHz, 6 430 - 7 110 MHz, 7 125 - 8 275 MHz, 10 700 - 11 700 MHz, 12 750 - 13 250 MHz, 14 400 - 15 350 MHz, 17 700 - 19 700 MHz, 21,2- 23,6 GHz y 37 - 38,6 GHz, pueden ser utilizadas para radioenlaces digitales para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, según los planes de canalización correspondientes.(PNAF-2009) [14]

Como la red a diseñar es de aproximadamente de 30 km y que la trayectoria en la línea de vista (LOS) es complicada por la cantidad de cerros que presenta los diferente distritos y que se tomará en cuenta dichas zonas para el enlace de microondas, se bosquejará un

primer enlace vía Radio Mobile, que va desde el punto inicial que se encuentra en Ayacucho y el punto final que se encuentra en Tambo; se observa en la Figura 3.8 que hay obstrucciones por la geografía del lugar.

Para ver con exactitud dónde se podrán ubicar las repetidoras, sin necesidad de que esta tenga gran altura y aprovechar los cerros grandes que hay en los diferentes tramos, y con el Google Earth, se obtendrá con exactitud sus coordenadas que ayudará para el diseño de la red.

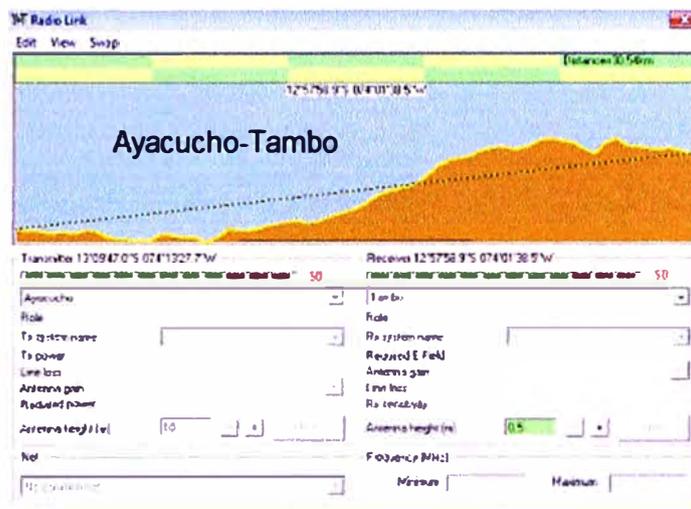


Figura 3.8 Enlace con obstáculos desde Ayacucho-Tambo [28]

Primeramente los puntos encontrados pertenecen a los distritos de Muyurina, Quinua, Huamanguilla, o sea los enlaces serán de Ayacucho a Muyurina, Muyurina a Quinua, Quinua a Zanja de Huamanguilla y finalmente de Zanja de Huamanguilla al distrito de Tambo, cabe señalar que la confiabilidad del sistema por utilización del software de Radio Mobile es de 98 a 99.9%

3.4.3 Topología inicial

Se muestra una topología inicial ver figura 3.9, donde los puntos de referencia serán exactamente donde se encuentran los distritos en mención.



Figura 3.9 Topología inicial del enlace [26]

En la tabla 3.12 se muestra la ubicación exacta de los puntos donde se colocarán las torres, estos emplazamientos han sido obtenidos por el Google Earth.

Tabla 3.12 Puntos Iniciales

Distritos	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altura
Ayacucho	13°09'47.03"	74°13'27.70"	2729
Muyurina	13°05'11.97"	74°10'53.80"	2934
Quinua	13°02'18.91"	74°06'35.35"	3910
Zanja de Huamanguilla	13°0'13.21"	74°04'5.27"	4331
Tambo	12°57'49.42"	74°01'24.61"	3591

Utilizando el Radio Mobile a continuación se presenta los resultados obtenidos en cada tramo.

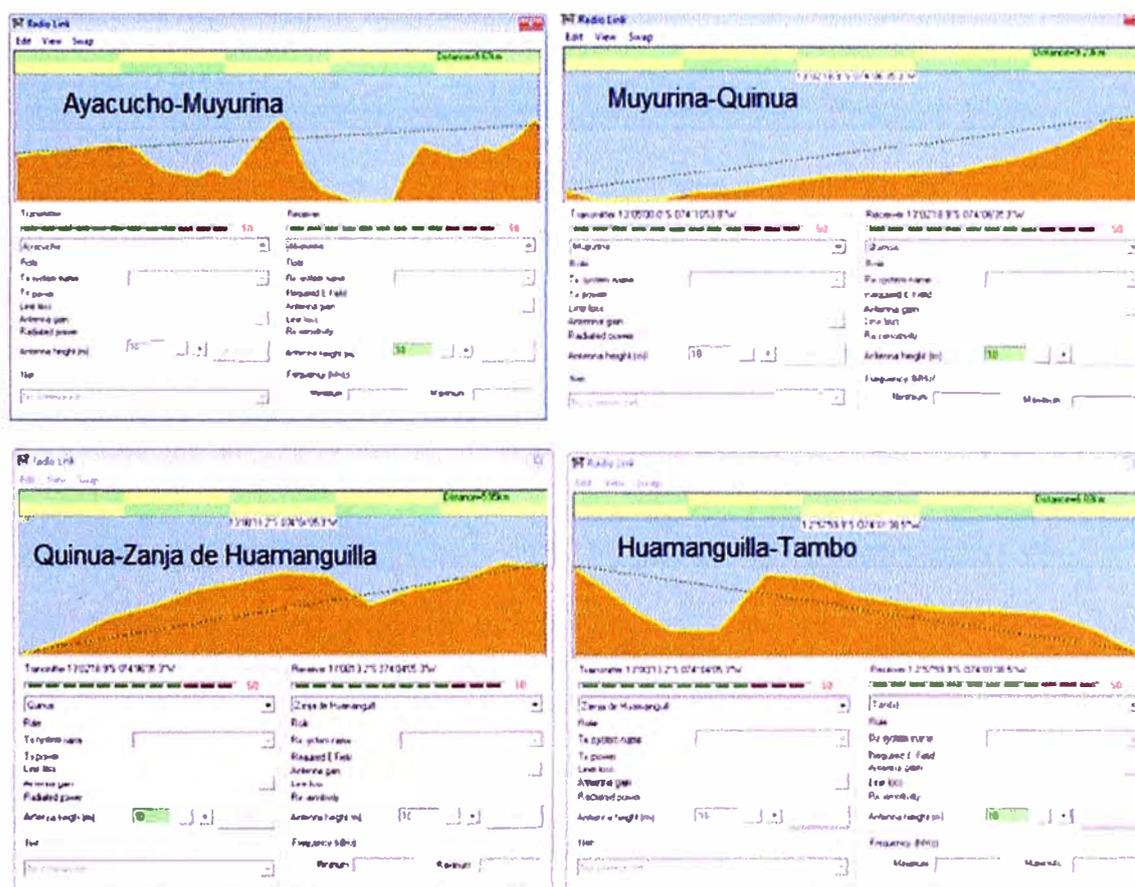


Figura 3.10 Resultados del Radio Mobile.

En la figura 3.10 se observa que el enlace Ayacucho-Muyurina no es eficiente por los obstáculos que hay entre la transmisión y la recepción, la señal no es limpia o sea no hay una línea de vista libre(LOS), en el tramo Muyurina - Quinua el Radio Mobile nos muestra una LOS al inicio pero al finalizar no, y esto obligaría a colocar torres de gran altura, lo cual no es conveniente para el diseño; para los tramos Quinua-Zanja de Huamanguilla y Zanja de Huamanguilla a Tambo ocurre lo mismo, no hay Línea de vista directa (NLOS).

3.4.4 Consideraciones a tomar en cuenta en el diseño:

- Se debe tener en cuenta la potencia de transmisión permitida por el MTC.
- Las torres inicialmente estarán en los lugares señalado en la nueva Tabla 3.13.
- La línea de vista de transmisor y receptor tiene que ser directa y sin obstáculos (LOS)
- Se tiene que hacer un diseño tal que se respete la primera zona de Fresnel.

Se llama zona de Fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética, acústica, etc. y un receptor, ver Figura 3.11, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180°.

La primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero se debe determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora. [11]

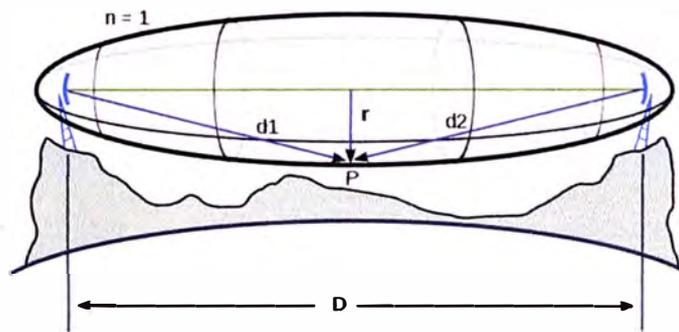


Figura 3.11 Zona de Fresnel

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (3.6)$$

Donde:

r_n = radio de la enésima zona de Fresnel en metros ($n=1,2,3\dots$).

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en metros.

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en metros.

λ = longitud de onda de la señal transmitida en metros.

Aplicando la fórmula se obtiene del radio de la primera zona de Fresnel (r_1 de la fórmula superior), conocida la distancia entre dos antenas y la frecuencia en la cual transmiten la señal, suponiendo al objeto situado en el punto central. En unidades del SI:

$$r_1 = 8.657 \left(\sqrt{\frac{D}{f}} \right) \quad (3.7)$$

Donde:

r_1 = radio en metros (m).

D = distancia en kilómetros (km) ($d_1 = d_2$, $D = d_1 + d_2$). (3.8)

f = frecuencia de la transmisión en (GHz) ($\lambda = \frac{c}{f}$) (3.9)

3.4.5 Topología propuesta

El software de Radio Mobile nos indicó que la topología que se planteó en la figura 3.9 no es la más apropiada. Ahora con la ayuda de Google Earth, se muestra los nuevos emplazamientos, ver tabla 3.13 y la topología propuesta en la figura 3.12.

Tabla 3.13 Valores tomados de Google Earth

Distritos	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altura (Metros)
Ayacucho	13°09'47.03"	74°13'27.70"	2729
Castillo de Muyurina	13°07'27.45"	74°12'09.50"	2917
Muyurina	13°05'11.97"	74°10'53.80"	2934
Quinua	13°02'18.91"	74°06'35.35"	3910
REFQuinua1	13°01'58.7"	74°06'13.6"	4095
REFQuinua2	13°01'02.6"	74°05'13.4"	4344
REFTambo	12°59'04.7"	74°03'15.8"	3910
Tambo	12°57'49.42"	74°01'38.5"	3591



Figura 3.12 Topología de la red [26]

En la tabla 3.14 se muestra los nombres de los puntos donde se ubicarán las repetidoras cerca de los distritos en mención, y con la ayuda de Google Earth las distancias que las separan.

Tabla 3.14 Distancias de los enlaces

	ENLACES	Distancia
1	Ayacucho-Castillo Muyurina	4,91 Km
2	Castillo Muyurina-Muyurina	4,76Km
3	Muyurina-Quinua	9,43Km
4	Quinua-REFQuinua1	0.90Km
5	REFQuinua1-REFQuinua2	2.50Km
6	REFQuinua2-REFTambo2	2.50Km
7	REFTambo2-REFTambo1	2.50 Km
8	REFTambo1-Tambo	3.56Km

Radio enlace Ayacucho-Castillo de Muyurina

En el radio enlace de Ayacucho al Castillo de Muyurina, Figura 3.13 se observa que hay Línea directa visible (LOS) limpia y se respeta la primera zona de Fresnel ya que tiene un Worst (peor Fresnel) de 0.7 y como ya se explicó al inicio del capítulo en consideraciones de diseño, este tiene que ser mayor o igual a 0.6, para que el enlace sea eficiente.



Figura 3.13 Enlace Ayacucho-Castillo de Muyurina

En la figura 3.14 se muestra todos los enlaces restantes, en donde se puede observar que todo los tramos tienen LOS y se está respetando la primera zona de Fresnel. Sin embargo tenemos demasiado enlaces y lo que se quiere es tener lo menos posible.



Figura 3.14 Enlaces de los tramos restantes

3.4.6 Observaciones del diseño

El diseño cumple con lo requerido pero se presenta un inconveniente, muchas repetidoras, por ende el costo del proyecto sería elevado; se planteará uno nuevo donde las repetidoras serán menos, y para eso se buscará nuevas ubicaciones estratégicas respetando las condiciones de diseño de enlaces, como, LOS, Zona de Fresnel etc.

Luego de ubicar los puntos, quedará definida y a partir de ahí se comenzará a diseñar la red troncal, y la red de acceso.

En la siguiente tabla 3.15 se ve los emplazamientos de las repetidoras, con menor número de torres que la anterior.

Tabla 3.15 Ubicación final de las repetidoras

Ubicación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altura
Ayacucho	13°09'47.03"	74°13'27.70"	2752
Repetidor1	13°01'28.30"	74°14'41.10"	3311
Repetidor2	12°56'42.78"	74°09'11.82"	4388
Repetidor3	12°55'24.14"	74°07'07.37"	4412
Repetidor4	12°53'59.74"	74°02'24.42"	3961
Tambo	12°56'55.95"	74°01'46.31"	3399

En la figura 3.15 se puede observar la topología final del diseño en 3D, que nos da nuestros emplazamientos y las distancias precisas entre ellas, posteriormente con el Radio Mobile se mostrará los enlaces de microondas, respetando todas las consideraciones y recomendaciones de diseño que nos da la UIT y que se detallará más adelante con respecto a las bandas de frecuencias para los enlaces de microondas y con la que se podría trabajar para determinadas distancias en el diseño de la red.



Figura 3.15 Topología final [26]

Como se ve, las distancias aumentan pero las repetidoras disminuyen ya que el trayecto es más largo, ver tabla 3.16.

Tabla 3.16 Distancias de los enlaces

N° de enlaces	Enlaces	Distancia
1	Ayacucho-Repetidor1	15.55Km
2	Repetidor1-Repetidor2	13.26Km
3	Repetidor2-Repetidor3	4.44Km
4	Repetidor3-Repetidor4	8.91Km
5	Repetidor4-Tambo	5.56Km

3.4.7 Diseño de la red de transporte(Troncal)

Consideraciones a tener en cuenta para los equipos de radioenlace de Microondas

- Enlaces punto a punto en modo dúplex (1+1)
- La señal de banda base contiene la información del usuario.
- Ancho de banda limitado, depende del esquema de modulación empleado.
- Se modula una portadora de RF y se transmite.
- Los enlaces van de 300 MHz a 60 GHz

3.4.8 Uso del Espectro Radioeléctrico

En la Tabla 3.17 siguiente se presenta un resumen de cómo está distribuido en el Perú el espectro Radioeléctrico PNAF [14].

Tabla 3.17 Espectro Radioeléctrico [24]

Frecuencia	Longitud de onda	Aplicación
10 KHz	30 Km	Bajas frecuencias para comunicaciones submarinas
100 KHz	3 Km	Radiodifusión de ondas largas.
1 MHz	300 m	Radiodifusión AM
10 MHz	30 m	Ondas cortas de radio (Ionosfera)
100 MHz	3 m	Transmisión FM
150 MHz	2m	Radio Móvil
300 MHz	1 m	Enlaces de microondas para difusión de TV UHF y UHF punto a punto
3-60 GHz	10 cm - 0.5 cm	Enlaces de microondas

Ahora teniendo en cuenta las recomendaciones que se tiene sobre qué frecuencia utilizar en un enlace de microondas en determinadas distancias, y que se muestra a continuación, se escogerá la frecuencia conveniente para el diseño.

Tabla 3.18 Frecuencia recomendadas para determinadas distancias. UIT

Banda de frecuencia del enlace	Rangos de distancias recomendados
7 GHz	25 km a 60 Km
13/15/18 GHz	15 Km a 30 Km
23/26 GHz	4 Km a 15 Km
38 GHz	< 5 Km

En la red Troncal (transporte) como se ve en la figura 3.5 es el nexo de unión entre el centro de procesamiento de datos y la Red de acceso, se debe tener en cuenta que por allí concentran la comunicación de todos los usuarios que se conectan a la red de acceso. Por tal motivo se necesitará un ancho de banda necesario y una frecuencia de enlace que pueda soportar todas las capacidades, voz, dato y video.

Tabla 3.19 Designaciones de las Bandas [24]

Bandas	Rangos	Característica de Propagación
2 GHz	1.7 - 2.7 GHz	Ahora designado como bandas móviles para PCS y DECT
4 GHz	3.8 - 4.2 GHz	Bandas típicas del operador, de alta capacidad
6 GHz	5.9 - 7.1 GHz	Bandas típicas del operador, de alta capacidad
7/8 GHz	7.1-8.5 GHz	Longitudes medias para altas capacidades
11 GHz	10.7-11.7 GHz	Bandas tradicionales públicas del operador de alta capacidad
13 GHz	12.7 - 13.3 GHz	Típicamente bajas capacidades a medio
15 GHz	14.4 - 15.4 GHz	Todas las capacidades
18 GHz	17.7 -19.7 GHz	Banda tradicional del operador público bajas para capacidades a medio
23 GHz	21.2 - 23.6 GHz	Todas las capacidades
26 GHz	24.5 - 26.5GHz	Todas las capacidades
38	37 - 39.5 GHz	Todas las capacidades

Se puede observar que en la topología final las distancias de las repetidoras están entre 4.4 a 15 Km y teniendo en cuenta la designación de frecuencias en tabla 3.19 recomendadas por la UIT, se escogerá la frecuencia de 23 GHz, además que tenga una configuración 1+1 para el radio enlace de microondas [24].

En la red de Acceso se tendrá conexiones Punto MultiPunto (para el MiniTelecentro y para los pobladores), en la banda de 5.7 GHz. (5725 - 5850 MHz) y que no requiere licencia, eliminando el pago por utilización del espectro en la tecnología WiMAX ver Figura 3.16. También se puede dar cobertura a más usuarios e inclusive para los demás

distritos mediante una estación base con una conexión Punto Multipunto en zonas estratégicas, ya que WiMAX alcanza grandes distancias y no necesita línea de vista directa y aprovecha el multicamino como se explicó en el capítulo 2 en el marco teórico.

Tabla 3.20 Frecuencias de Trabajo

Tramo	Distancia	Frecuencia MHz
Ayacucho-Repetidor1	15.55Km	22546 a 22778
Repetidor1-Repetidor2	13.26Km	22602 a 22834
Repetidor2-Repetidor3	4.44Km	22658 a 22890
Repetidor3-Repetidor4	8.91Km	22714 a 22946
Repetidor4-Tambo	5.56Km	22770 a 23002

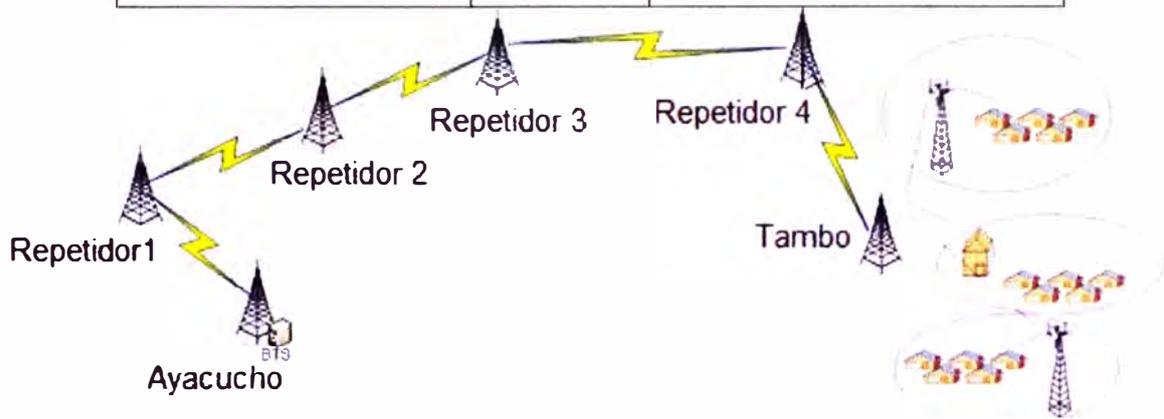


Figura 3.16 Topología final

3.4.9 Utilización de software Link Planner de Motorola para el diseño final

Utilizando el software Link Planner de Motorola, que es similar al Radio Mobile, se observa, que las coordenadas que se usarán para el enlace de microondas es la adecuada. Se presenta todos los resultados a continuación, posteriormente se observará que cuando se utilice el software de Radio Mobile los resultados serán idénticos.

En la figura 3.17 se muestra la Topología con el software libre de Motorola Link Planner, en la figura 3.18 todos los enlaces.

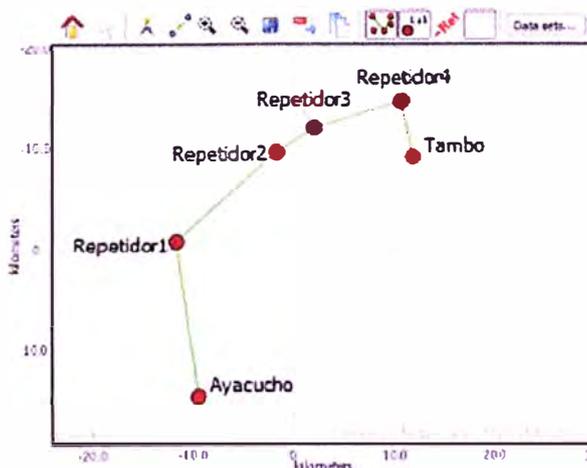
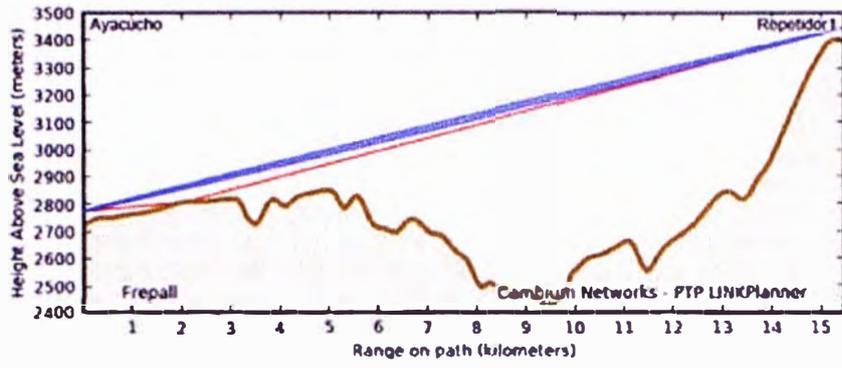
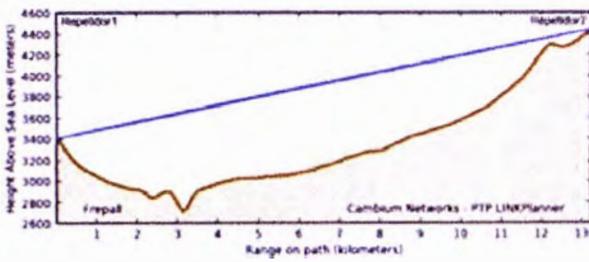


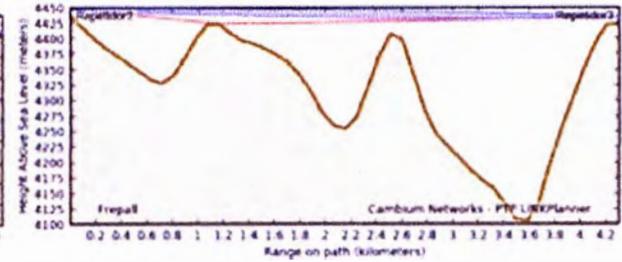
Figura 3.17 Topología con Link Planner [27]



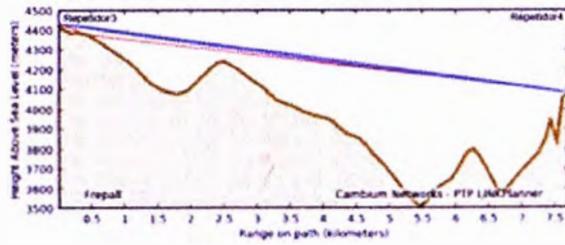
Enlace de Ayacucho-Repetidor1



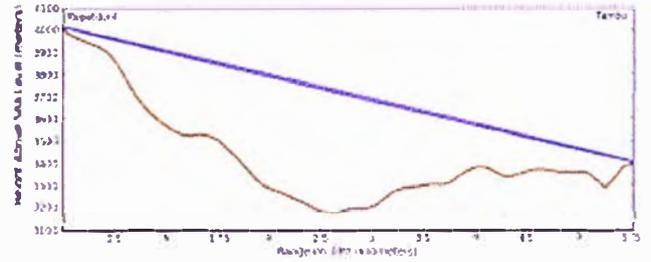
Enlace de Repetidor1-Repetidor2



Enlace de Repetidor2 - Repetidor3



Enlace de Repetidor3 - Repetidor4



Enlace de Repetidor4 - Tambo

Figura 3.18 Enlaces con Link Planner [27]

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados del software Radio Mobile

Teniendo en cuenta todos los criterios y consideraciones señalados anteriormente se presenta los resultados del software Radio Mobile:

a) Enlace de Ayacucho - Repetidor1

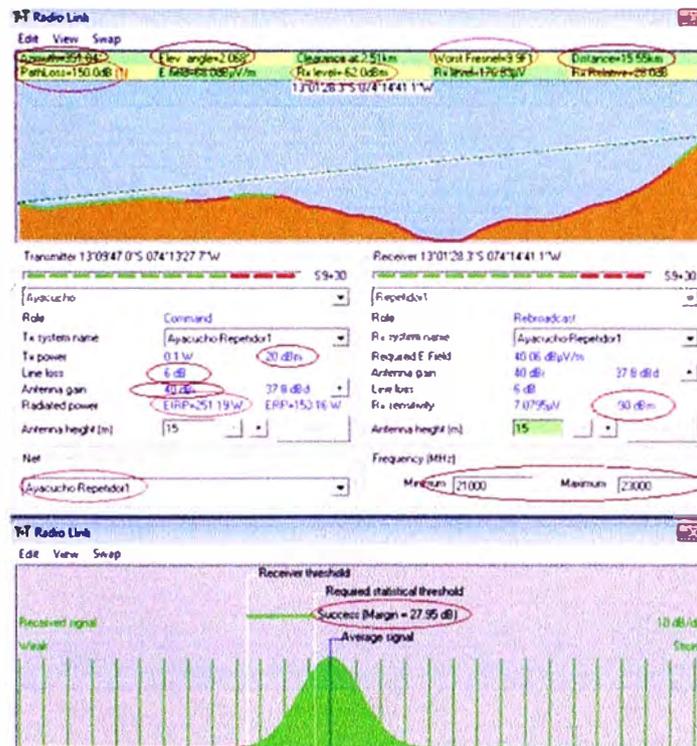


Figura 4.1 Ayacucho - Repetidor1

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre Ayacucho y Repetidor1 que se muestran en la figura 4.1 por el software del Radio Mobile son los siguientes:

La calidad de enlace, está garantizada por la existencia de línea de vista (LOS).

De la misma figura se observa que los emplazamientos para el diseño, cumple con lo requerido y esto facilita en parte el diseño de las torres (las alturas de las repetidoras) ya que no se necesitará que sean de gran altura y esto en el proyecto ahorra costos, a continuación se mostrará todos los valores obtenidos:

La calidad de enlace, está garantizada por la existencia de línea de vista(LOS).

El despeje es eficiente del 60% de la primera zona de Fresnel.

La instalación de las antenas tendrán la siguiente dirección:

El ángulo de azimuth será de 351.84° , donde nos indica la dirección que tendrá el enlace desde Ayacucho hasta el Repetidor1, como se sabe este ángulo se mide desde el Norte geografico y en sentido horario.

El ángulo de elevación es de 2.068° con respecto al plano horizontal.

La altura de la antena estará a 15m con respecto al emplazamiento en el Repetidor1.

La atenuación por el cable que tendrá la torre es de 6 dB

La ganancia de la antena es de 40dBi

La distancia del enlace es de 15.55 Km.

EIRP = 251.19 W / 55 dBm (Potencia radiada isotrópicamente equivalente).

La pérdida de propagación total del sistema L_p :

$L_p = 150.0$ dB (Potencia de pérdida por el el espacio libre)

$P_r = -62.0$ dBm (Potencia recibida)

$P_u = -90.0$ dBm (Sensibilidad del receptor)

$M_u = 27.95$ dB (Margen de Umbral: diferencia entre la potencia recibida por el equipo y la sensibilidad que éste soporta). Y se tiene que la potencia recibida en el receptor siempre tiene que ser mayor que la sensibilidad que este soporta.

Enlace de Repetidor1 - Repetidor2

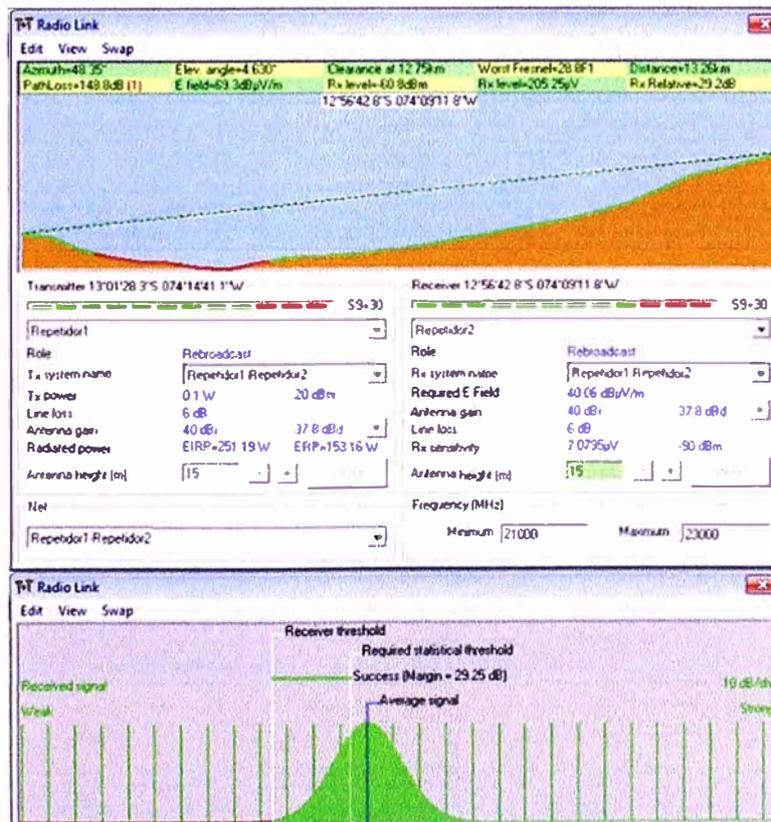


Figura 4.2 Repetidor1 - Repetidor2

De los resultados radioelectricos de propagación del enlace entre las repetidoras 1 y 2 que se muestran en la figura 4.2 por el software del Radio Mobile se obtiene lo siguiente:

La calidad de enlace, está garantizada por la existencia de línea de vista(LOS).

El despeje eficiente del 60% de la primera zona de Fresnel.

La instalación de las antenas tendrán la siguiente dirección:

El ángulo de azimuth es de 48.35° donde nos indica la dirección que tendrá el enlace desde el Repetidor1 hasta el Repetidor2.

El ángulo de elevación es de 4.630° con respecto al plano horizontal.

La altura de la antena estará a 15m con respecto al emplazamiento en el Repetidor2.

La atenuación por el cable que tendrá la torre es de 6 dB

La ganancia de la antena es de 40 dBi

La distancia del enlace es de 13.26Km.

EIRP = 251.19 W / 55 dBm (Potencia radiada isotrópicamente equivalente).

La pérdida de propagación total del enlace L_p es:

$L_p = 148.8$ dB (Potencia de pérdida por el el espacio libre)

$P_r = -60.8$ dBm (Potencia recibida)

$P_u = -90.0$ dBm (Sensibilidad del receptor)

$M_u = 29.25$ dB (Margen de Umbral: diferencia entre la potencia recibida por el equipo y la sensibilidad que éste soporta).

Enlace de Repetidor2 - Repetidor3

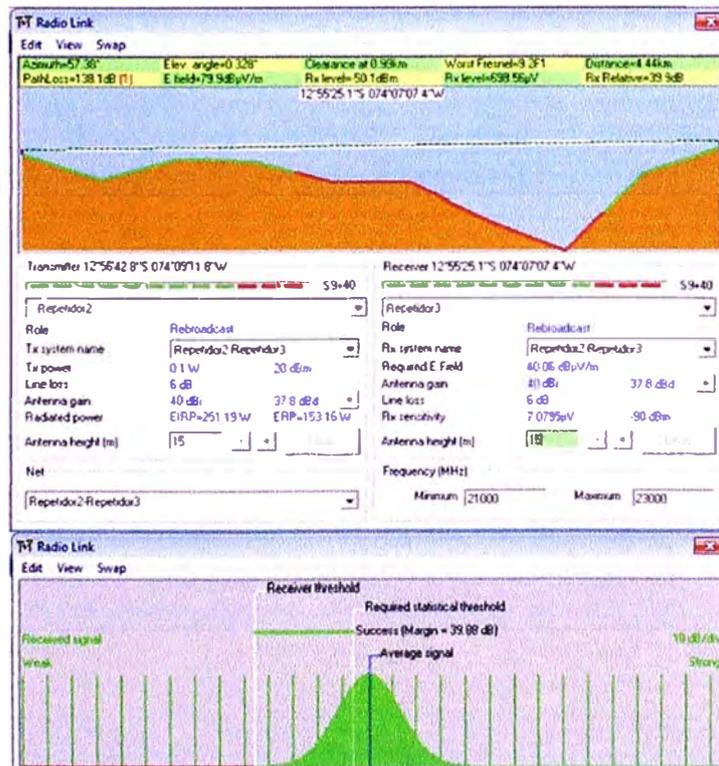


Figura 4.3 Repetidor2 - Repetidor3

De los resultados entre las repetidoras 2 y 3 que se muestran en la figura 4.3 por el software se obtiene lo siguiente:

Está garantizada por la existencia de línea de vista(LOS).

El despeje eficiente del 60% de la primera zona de Fresnel.

La instalación de las antenas tendrán la siguiente dirección:

El ángulo de azimuth es de 57.38° desde el Repetidor2 hasta el Repetidor3.

El ángulo de elevación de 0.328° con respecto al plano horizontal.

La altura de la antena estará a 15m con respecto al emplazamiento en el Repetidor2.

La atenuación por el cable que tendrá la torre es de 6 dB

La ganancia de la antena es de 40 dBi

La distancia del enlace es de 4.44Km.

EIRP = 251.19 W / 55 dBm (Potencia radiada isotrópicamente equivalente).

La pérdida de propagación total del enlace es:

$L_p = 138.1$ dB (Potencia de pérdida por el el espacio libre)

$P_r = -50.1$ dBm (Potencia recibida)

$P_u = -90.0$ dBm (Sensibilidad del receptor)

$M_u = 39.88$ dB

Enlace de Repetidor3 - Repetidor4

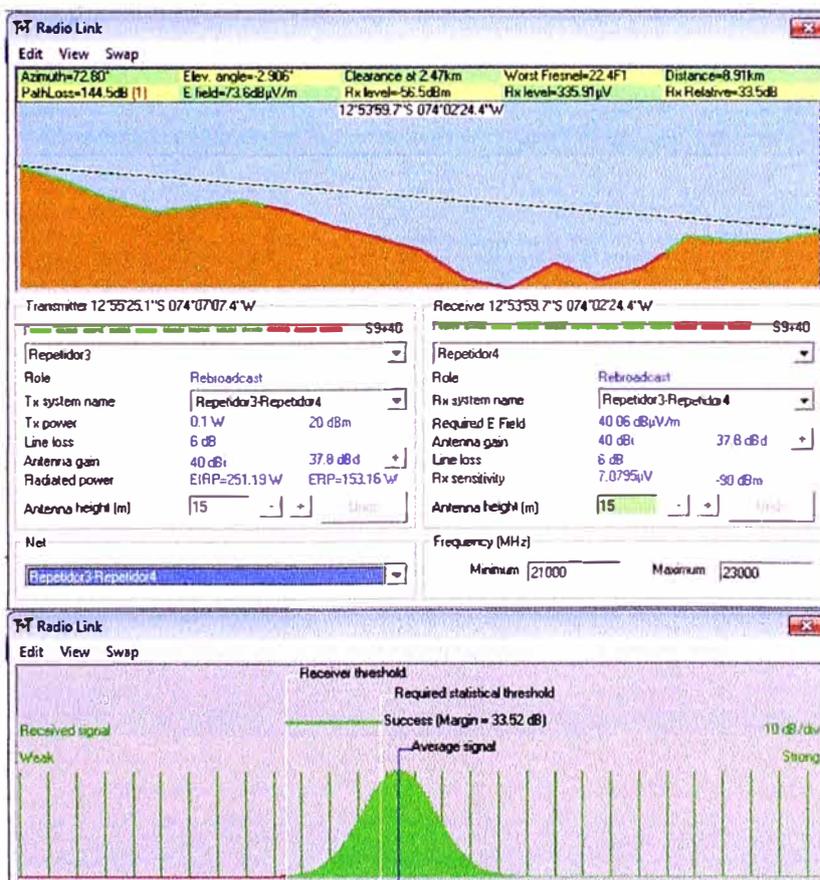


Figura 4.4 Repetidor3 - Repetidor4

Entre las repetidoras 3 y 4 que se muestran en la figura 4.4 se obtienen los siguientes resultados:

Es eficiente el enlace por la existencia de línea de vista (LOS).

El despeje eficiente como en los anteriores casos es del 60% de la primera zona de Fresnel.

La instalación de las antenas tendrán la siguiente dirección:

El ángulo de azimuth es de 72.80° .

El ángulo de elevación de 2.906° con respecto al plano horizontal.

La altura de la antena a 15m con respecto al emplazamiento en el Repetidor3.

La atenuación por el cable que tendrá la torre es de 6 dB.

La ganancia de la antena es de 40 dBi.

La distancia del enlace es de 8.91 Km.

EIRP = 251.19 W / 55 dBm

La pérdida de propagación total del enlace es:

$L_p = 144.5$ dB (Potencia de pérdida por el espacio libre)

$P_r = -56.5$ dBm (Potencia recibida).

$P_u = -90.0$ dBm (Sensibilidad del receptor)

$M_u = 33.52$ dB.

Enlace de Repetidor4 - Tambo

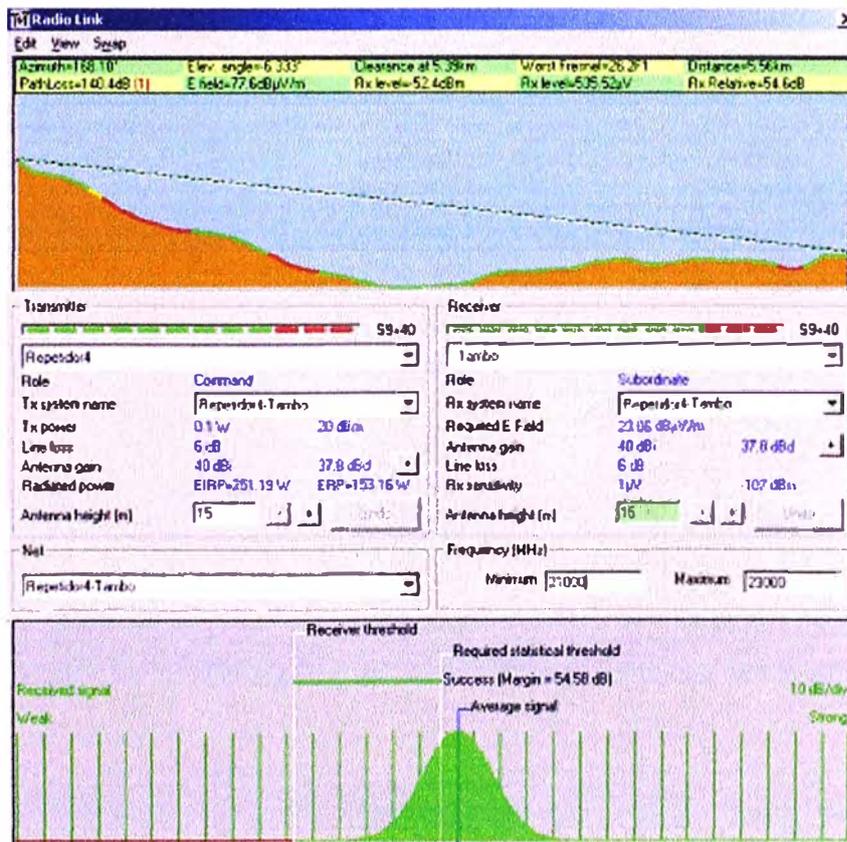


Figura 4.5 Repetidor4 – Tambo [28]

Entre las repetidoras que se encuentran entre Repetidor4 y Tambo que se muestran en la figura 4.5 se obtienen los siguientes resultados:

Es eficiente el enlace por la existencia de línea de vista (LOS).

El despeje eficiente del 60% de la primera zona de Fresnel.

La instalación de las antenas tendrán la siguiente dirección:

El ángulo de azimuth es de 168.10° .

El ángulo de elevación de 6.323° con respecto al plano horizontal.

La altura de la antena a 15m con respecto al emplazamiento en el Repetidor4.

La atenuación por el cable que tendrá la torre es de 6 dB.

La ganancia de la antena es de 40 dBi.

La distancia del enlace es de 5.56 Km.

EIRP = 251.19 W / 55 dBm (Potencia radiada isotrópicamente equivalente).

La pérdida de propagación total en el enlace es:

$L_p = 140.4$ dB (Potencia de pérdida por el espacio libre)

$P_r = -52.4$ dBm (Potencia recibida).

$P_u = -90.0$ dBm (Sensibilidad del receptor)

$M_u = 54.58$ dB.

Enlace PMPTambo – MiniTelecentro

La Estación Base WiMAX se ubicará en el emplazamiento denominado Tambo y desde ese lugar se dará cobertura al distrito de Tambo.

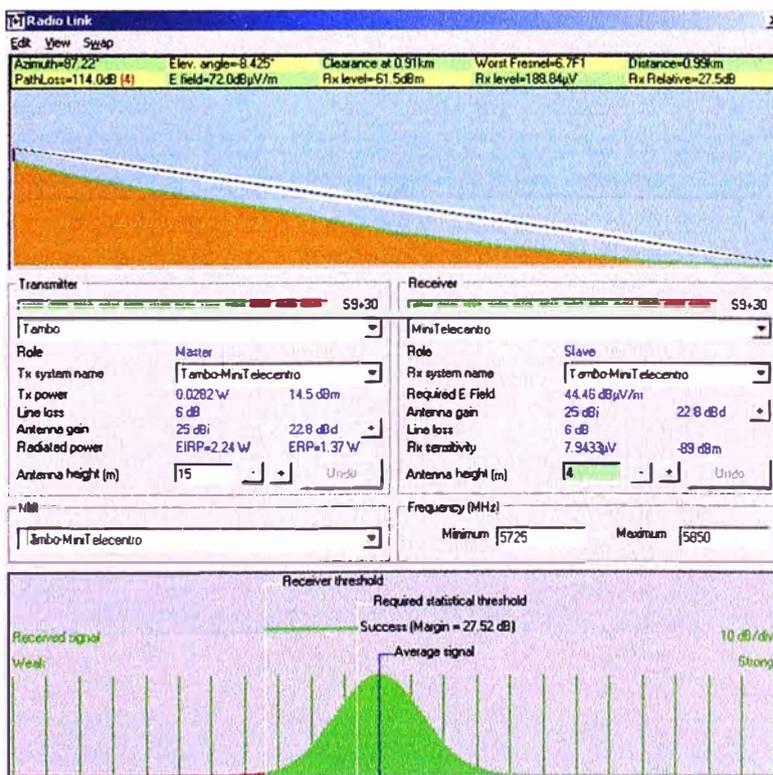


Figura 4.6 Enlace Tambo al MiniTelecentro [28]

Cobertura de la señal de WiMAX para Tambo

En la siguiente figura 4.7 mediante el simulador de Radio Mobile se ve la zona de cobertura que brinda nuestra Estación Base WiMAX fija, que puede ser de la marca Alvarion o Albentia en Tambo, se ha utilizado un enlace Punto Multi Punto donde va permitir enviar una transmisión eficiente al MiniTelecentro, a los pobladores y a los demás centros poblados que se encuentran a su alrededor, ya que WiMAX abarca distancias grandes.

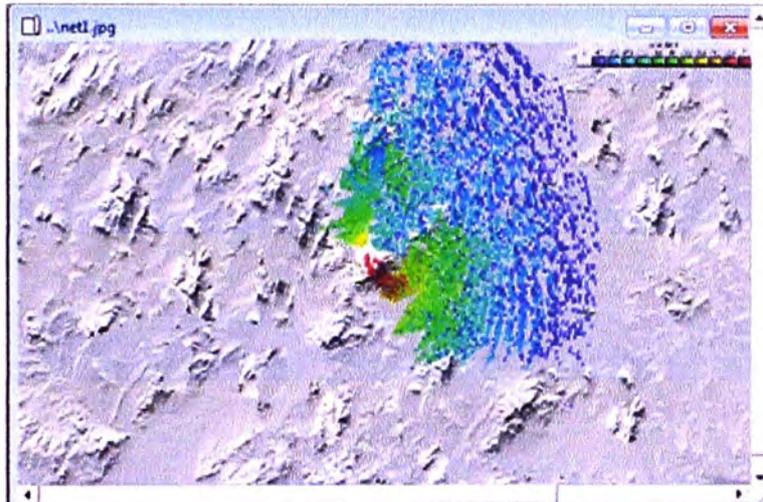


Figura 4.7 Cobertura de la señal de WiMAX para Tambo [28]

4.2 Características técnicas de los equipos

A continuación se mostrarán los principales equipos así como sus respectivas especificaciones técnicas tanto de la Red de Transporte como de la Red de Acceso.

4.2.1 Equipamiento de la red de transporte

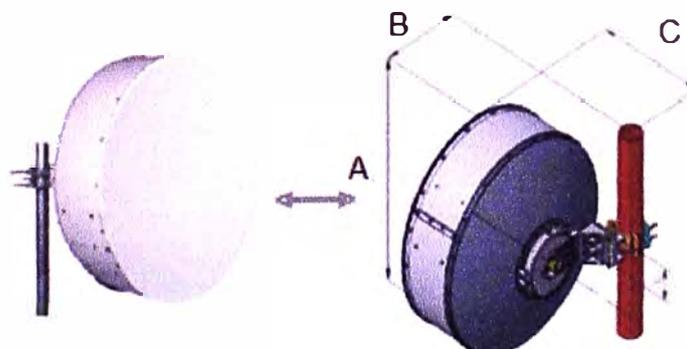


Figura 4.8 Antena de Microondas VHLPX3-23

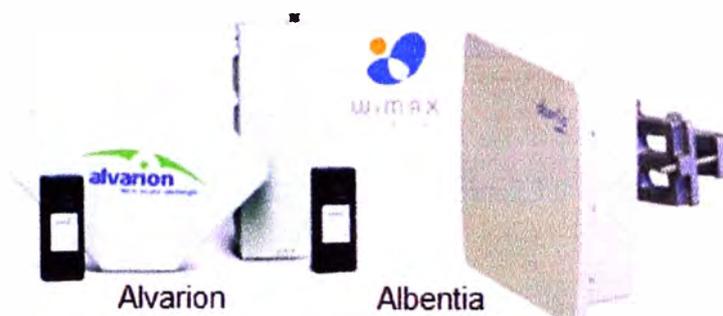
Las antenas que se instalarán en los emplazamientos para los enlaces de microondas en el presente diseño, se ha tenido en cuenta a dos fabricantes importantes en este rubro como son ANDREW y RFS, en la siguiente tabla 4.1 se muestra las especificaciones de los equipos cuya imagen se ve en la figura 4.8.

Tabla 4.1 Especificaciones técnicas de las antenas Punto a punto

Especificaciones	Andrew	RFS
Modelo	VHLPX3-23-1GR	SB2-220ZD
Tipo de antena	Punto a punto	Punto a punto
Ganancia(dBi)	45.0	41
Potencia Tx	20 dBm a 23GHz.	20dbm-23GHz.
Frecuencia	21.2-23.6 GHz.	21.2-23.6 GHz.
Sensibilidad Rx	-75 dBm	-75dBm
Capacidad	64Mbps-1Gbps	24Mbps-1Gbps
Temperatura(soporta)	-40°C a 50°C	40°C a 50°C
Peso neto Kg	24 kg	24 kg
Dimensiones(metros)	A=1m,B=0.445m, C=0.58m,D=0.16m	A=1m,B=0.445m, C=0.58m,D=0.16m

4.2.2 Equipamiento de la Red de Acceso

En el mercado hay una gran variedad de empresas dedicadas a la implementación de la red de acceso, tomaremos las 2 más importantes para nuestra estación base WiMAX de las marcas de Alvarion y Albentia.

**Figura 4.9 Equipos WiMAX para la Red de Acceso****Tabla 4.2 Especificaciones técnicas de los equipos de la red de acceso**

Especificaciones	Alvarion (WiMAX)	Albentia (WiMAX)
Modelo	BreezeNETB	ARBA-550
Banda de F	5.725-5.800GHz.	5.725-5.825GHz.
Ganancia SB	90° a 16dBi	90° a 16 dBi
Potencia Tx	20dBm	20dBm
Sensibilidad Rx	-75 dBm a -89dBm	-71dBm a -80dBm
Capacidad	432Mbps	432Mbps
Peso neto	2.9 kg	3.2Kg
Dimensiones	40,2x32.9x5.9 cm	39,5x26.5x9.5 cm
Temperatura de operación	-40°C a 55°C	-40°C a 55°C

4.2.3 Descripción de la estación suscriptor indoor de WiMAX en el MiniTelecentro.

Se trata de Subscriber Unit (SU-I) del suministrador RedMAX, diseñado para ofrecer fiabilidad, rentabilidad y gran ancho de banda a la conectividad inalámbrica de banda ancha.

Como líder en Productos WiMAX Forum Certified, Redline ha diseñado su RedMAX SU-I para cumplir con los estándares IEEE 802.16d, proporcionando el máximo rendimiento de WiMAX a los usuarios finales.

La muy baja latencia de RedMAX Redline SU-I garantiza una entrega segura en servicios Sensibles al retraso tales como vídeo, voz sobre IP (VoIP), y datos de tráfico con prioridades.

El SU-I RedMAX soporta interfaces de VoIP para ofrecer servicios de voz y datos de calidad de tráfico con acuerdos de nivel de servicio y calidad de servicio (QoS).



Figura 4.10 Estación suscriptor SU-I (indoor)

4.3 Diseño de la red interna del MiniTelecentro

En esta parte del diseño se detalla sobre la infraestructura del MiniTelecentro y la red de área local (LAN) con la que contará el MiniTelecentro.

4.3.1 Cableado Estructurado para el MiniTelecentro

A continuación se mencionan los componentes de una manera general para el cableado estructurado del diseño de la red. Cabe resaltar que no se presenta cableado vertical en el presente diseño, pues el local cuenta con un solo nivel.

- a. Instalaciones de Entrada: En la entrada se tiene una instalación inalámbrica donde se tendrá un equipo receptor con tecnología WiMAX ubicado en un punto estratégico de la azotea. A partir de este punto se extiende la conexión hasta la sala de equipos.
- b. Sala de Equipos: En esta sala se ubicarán todos los equipos, ya sean dispositivos, hardware como Reuter, Switch, Servidores y un Armario de Telecomunicaciones.

c. Cableado Horizontal: Es el cableado que se extiende desde la sala de equipos hasta el área de trabajo además debe incluir las conexiones a los diferentes ambientes del local en donde se brindarán los servicios ya definidos. Las especificaciones son las mismas que las mencionadas anteriormente.

d. Área de trabajo: comprende el cableado desde la toma de conexión hasta las computadoras, teléfonos IP, Impresoras, etc.

4.3.2 Consideraciones para la red

Se Utilizaremos una topología tipo estrella y se cumplirá con las normas ANSI/TIA/EIA-568-B para cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales. Se utilizará el protocolo de red Ethernet, para nuestra red. Se dispondrá de un Firewall para la protección de la red de intentos de acceso no autorizados, desde redes externas.

4.3.3 Diseño de la red interna LAN del MiniTelecentro

Con la tecnología inalámbrica implementada en este caso WiMAX en el MiniTelecentro mediante un terminal de acceso se obtendrá el Internet que va directamente a un Router, ver figura 4.11, que es un dispositivo que proporciona conectividad a nivel de red (nivel tres en el modelo OSI), su función principal consiste en enviar o encaminar paquetes de datos escogiendo el mejor trayecto para enviar los datos de una red a otra, es decir, interconectar subredes, entendiendo por subred un conjunto de máquinas IP que se pueden comunicar y que por lo tanto tienen prefijos de red distintos. Después se cuenta con un elemento muy importante que es el Firewall que está diseñada para bloquear el acceso no autorizado, permitiendo al mismo tiempo comunicaciones autorizadas bajo políticas de seguridad.

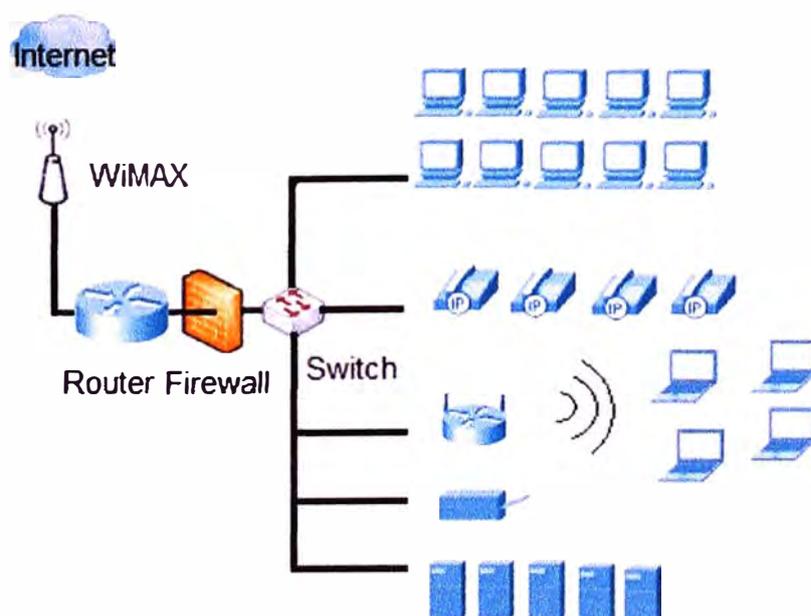


Figura 4.11 Esquema básico de un red LAN

El Switch es un dispositivo digital lógico de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI, su función es interconectar dos o más segmentos de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red.

El Mini Telecentro tiene que tener una buena distribución de la red para que se pueda brindar buena calidad de servicio y para eso en el diseño es necesario segmentar la red y dividirla en dos subredes, para eso se necesitará 3 Switch de tal manera que se pueda dar prioridades o restricciones a los diferentes servicios.

La segmentación de la red se muestra en la figura 4.12 en este caso se segmentará en 5 redes virtuales o VLANs (Virtual Local Area Network), que son segmentos de red que se configuran con el software de Cisco Packet Tracer, para separar los diferentes ambientes del MiniTelecentro y administrar eficientemente la red.

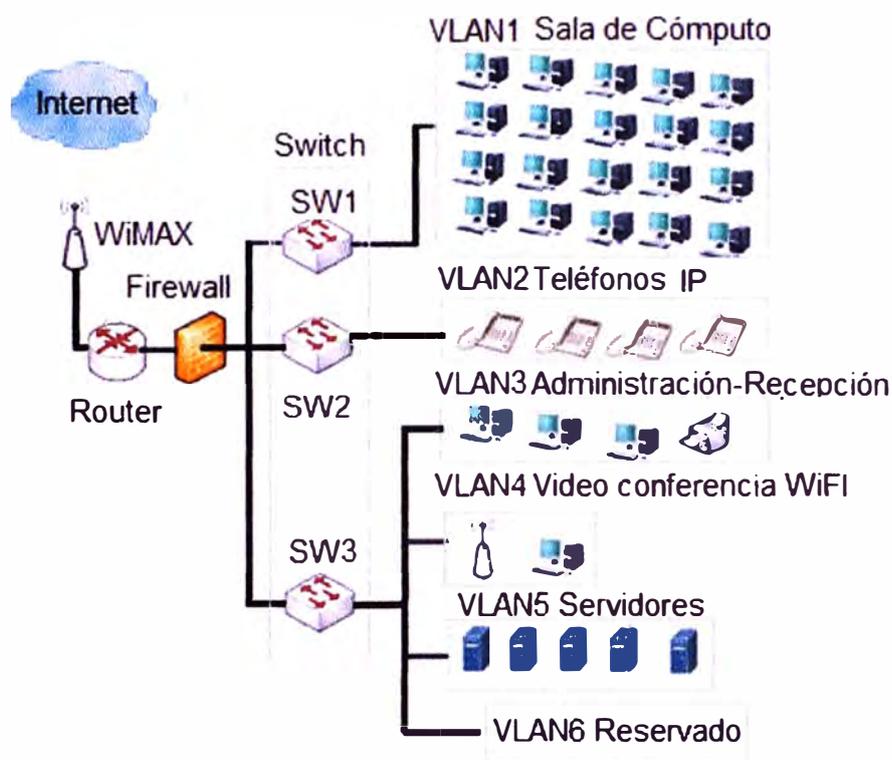


Figura 4.12 Segmentación de la red

4.3.4 Equipamiento del MiniTelecentro

Para equipar el MiniTelecentro de acuerdo a la red diseñada anteriormente, se tendrá que ubicar en lugares específico para su instalación, ventilación y mantenimiento. Por lo expuesto habrá 5 ambientes que se denominaran: Sala de cómputo, Sala de equipos, Sala de videoconferencia, Administración y recepción y una Cabina para los teléfonos IP. Para la asignación de las direcciones IP que son simplemente unas etiquetas numéricas que identifica, de manera lógica y jerárquica, a un interfaz de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo IP (Internet

Protocol), que corresponde al nivel de red del Modelo OSI. Cada dirección IP de 32 bits se divide en una parte de red y una parte de host. Un bit o una secuencia de bits al principio de cada dirección, determina la clase de la misma. Las direcciones IP son únicas.

Tabla 4.3 Distribución de equipos del MiniTelecentro

Nombres	Equipos	Ubicación
Servidores	5	Sala de equipos
Router	1	Sala de equipos
Switch	3	Sala de equipos
Firewall	1	Sala de equipos
Acces Point	1	Sala de videoconferencia
Teléfono IP	4	Cabina de teléfonos
Impresora/escáner /fotocopia	1	Sala de computo
Pc	24	Sala de computo, videoconferencia recepción

Para la asignación de las direcciones IP tendremos que conocer que clase elegir.

En la siguiente tabla 4.4 se muestra las clases de direcciones existentes.

Tabla 4.4 Clase de direcciones [17]

Clases de dirección IP	Intervalo de la dirección IP	Rango y Utilización
Clase A	1 a 126	Comprobación de Bucles 1.0.0.0 hasta 127.0.0.0.
Clase B	128 a 191	128.0.0.0 hasta 191.255.0.0
Clase C	192 a 223	192.0.0.0 hasta 223.255.255.0
Clase D	224 a 239	Multicast 224.0.0.0 hasta 254.0.0.0
Clase E	240 a 255	Investigación

La dirección IP privada que nos brinda el proveedor de servicios de internet (ISP) es de clase C 192.168.1.0 y una Máscara de Sub red de 255.255.255.0. El IP 192.168.1.0 define a red y la última dirección 192.168.1.255 se utiliza para direcciones de Broadcast.

De la figura 4.10 se observa que la red se encuentra dividida en 5 VLANs o redes virtuales, por lo cual, se dividirá la red en 8 subredes que son suficientes para cubrir las 5 subredes requeridas y se dejará los restantes por si se desea aumentar en el futuro. De las 256 direcciones (0-255) al dividir las entre 8 subredes, se tiene que tendrán 32 direcciones, de las cuales solamente 30 se utilizarán dejando el primero y el último por lo ya explicado anteriormente.

En la tabla 4.5 se tiene todas las subredes con sus respectivas IP.

Tabla 4.5 Subdivisión de la red

Red	Subred	Primer host	Ultimo host	Broadcast
0	192.168.1.0	192.168.1.1	192.168.1.30	192.168.1.31
1	192.168.1.32	192.168.1.33	192.168.1.62	192.168.1.63
2	192.168.1.64	192.168.1.65	192.168.1.94	192.168.1.95
3	192.168.1.96	192.168.1.97	192.168.1.126	192.168.1.127
4	192.168.1.128	192.168.1.129	192.168.1.158	192.168.1.159
5	192.168.1.160	192.168.1.161	192.168.1.190	192.168.1.191
6	192.168.1.192	192.168.1.193	192.168.1.222	192.168.1.223
7	192.168.1.224	192.168.1.225	192.168.1.254	192.168.1.255

La distribución de las sub redes según el espacio será de la siguiente manera:

Tabla 4.6 Distribución de los equipos

Sub redes	Dirección IP	Distribución	Espacio
1	192.168.1.(32-63)	VLAN1:	Sala de computo
2	192.168.1.(64-95)	VLAN2	Teléfonos IP
3	192.168.1.(96-127)	VLAN3	Administración
4	192.168.1.(128-159)	VLAN4	Video /Accen point
5	192.168.1.(160-191)	VLAN5	Sala de Equipos/server
6	192.168.1.(192-223)	VLAN6	Futuro

4.3.5 Simulación utilizando el software de Cisco: Packet Tracer:

Packet Tracer es un simulador que permite realizar el diseño de topologías, la configuración de dispositivos de red, así como la detección y corrección de errores en sistemas de comunicaciones. Ofrece como ventaja adicional el análisis de cada proceso que se ejecuta en el programa de acuerdo a la capa de modelo OSI que interviene en dicho proceso; razón por la cuál es una herramienta de gran ayuda en el estudio y configuración de redes de comunicaciones y aplicaciones.

Esta herramienta nos permitirá crear la topología de la red del MiniTelecentro, configurar dispositivos, insertar paquetes y simular una red con múltiples representaciones visuales. Este simulador nos ayudará de una manera práctica, construir las redes virtuales VLAN que se muestra en la figura 4.13, y sus configuraciones de IP y para eso se necesita configurar los Switch y el Router.

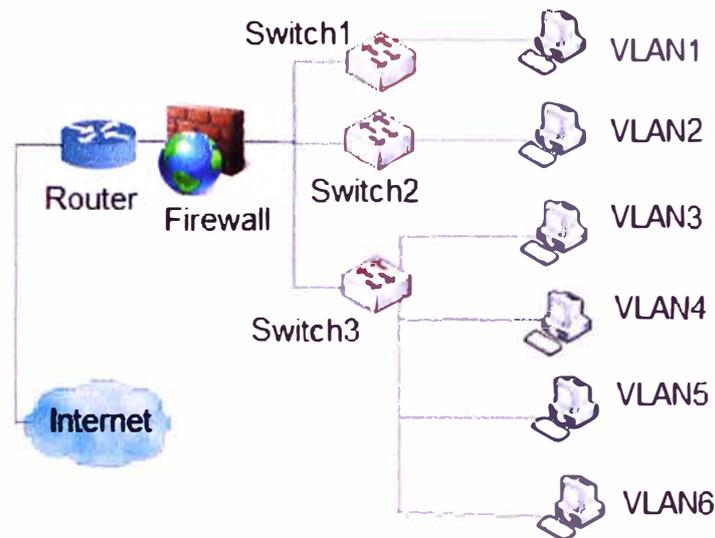


Figura 4.13 Las redes VLAN

En las figuras 4.14 y 4.15, se muestra las ventanas donde se asignará las direcciones IP donde y haremos el mismo procedimiento para el resto de ordenadores.

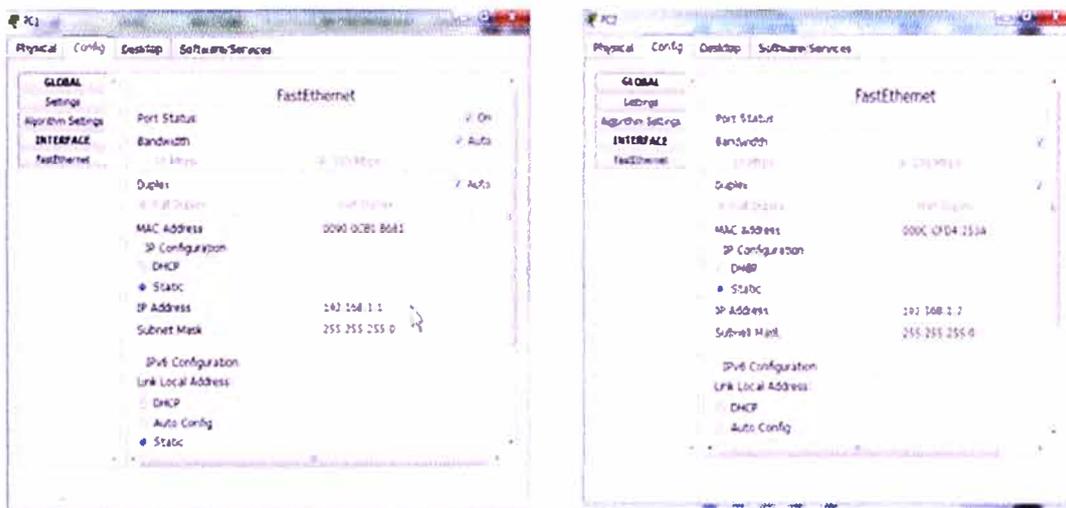


Figura 4.14 Configuración de los IP

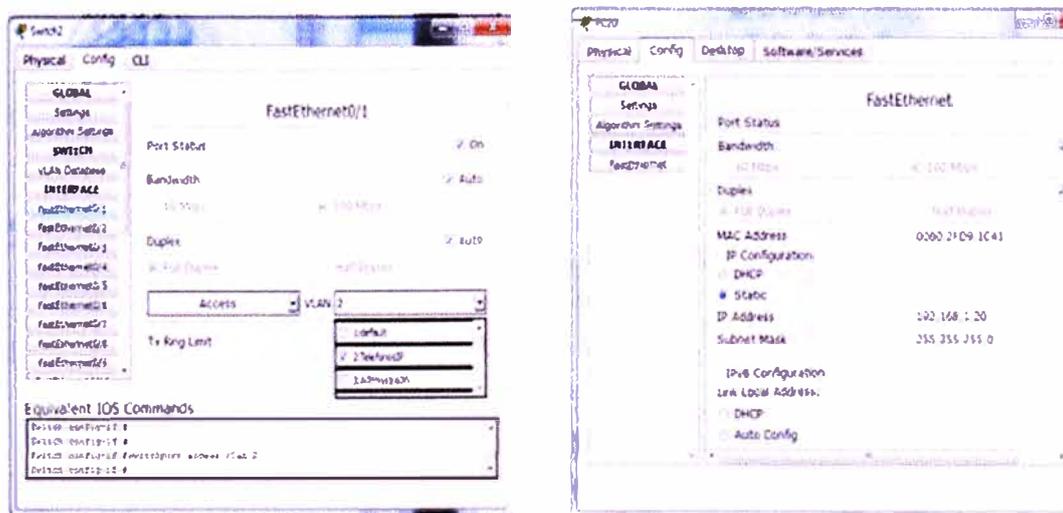


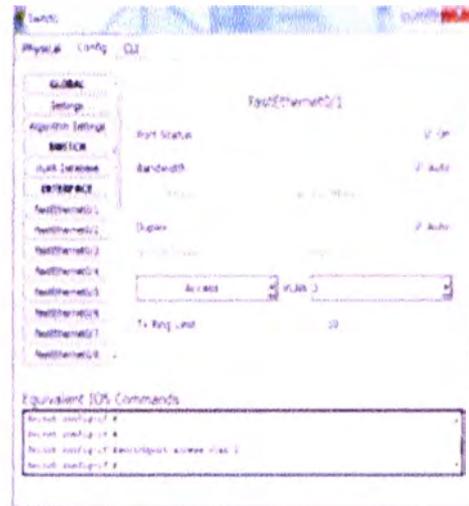
Figura 4.15 Configuración de las VLAN [29]

En la figura 4.16 se configura todas las VLANS

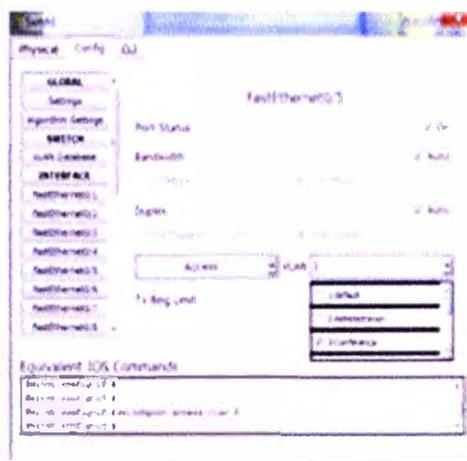
Configuración de la Mascara de Red



Configuración de la subred VLAN2



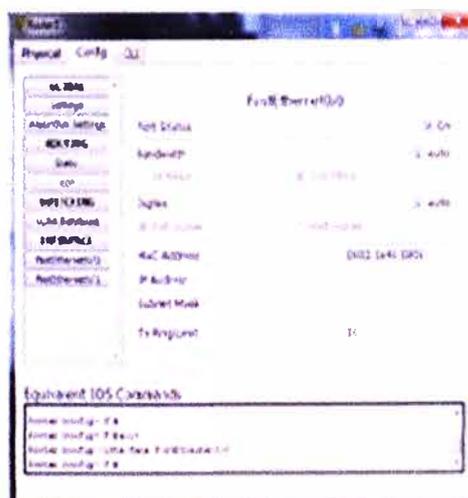
Configuración de la subred VLAN3



Configuración de la subred VLAN4



Configuración de los IP



Configuración del Router

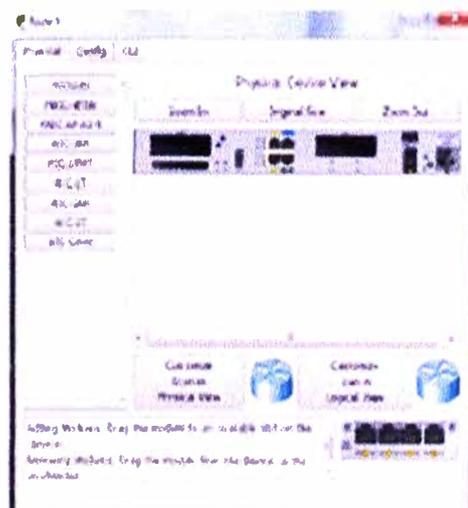
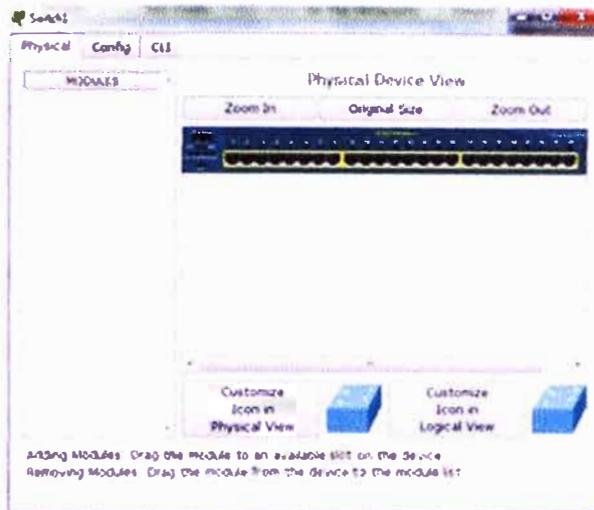
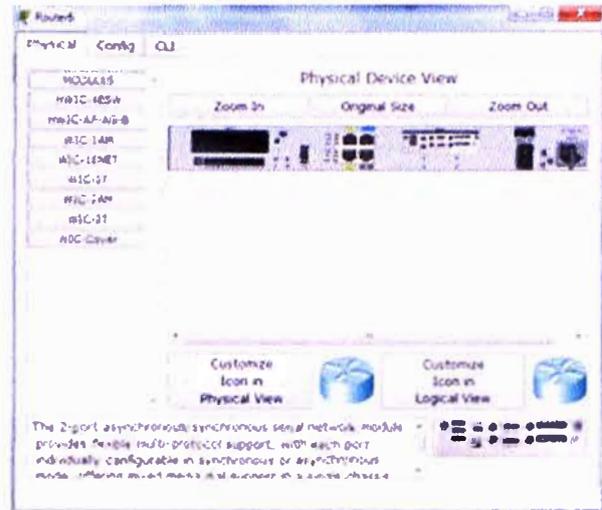


Figura 4.16 Configuración de las VLANS [29]

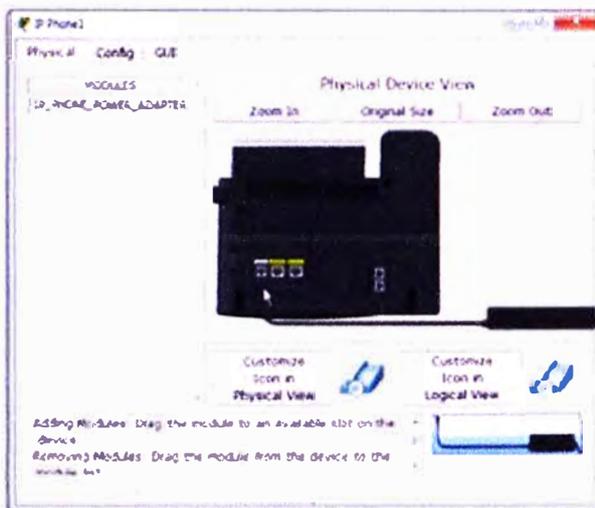
En la figura 4.17 se presenta las configuraciones del Switch, Router, los Teléfonos IP, los servidores, el Accen Point, el Router inalámbrico con su respectiva contraseña, las tarjetas inalámbricas etc.



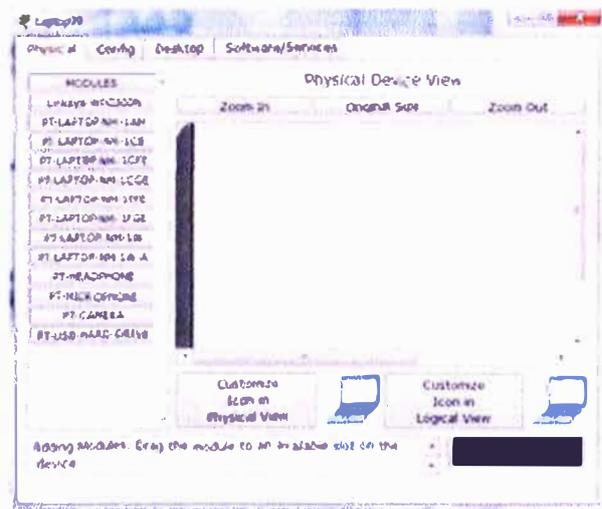
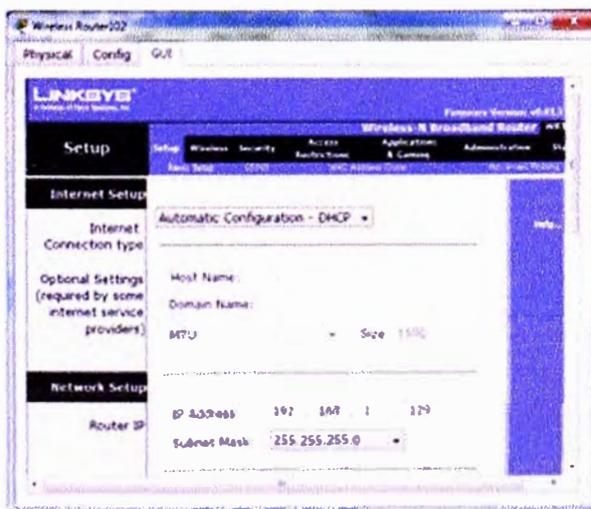
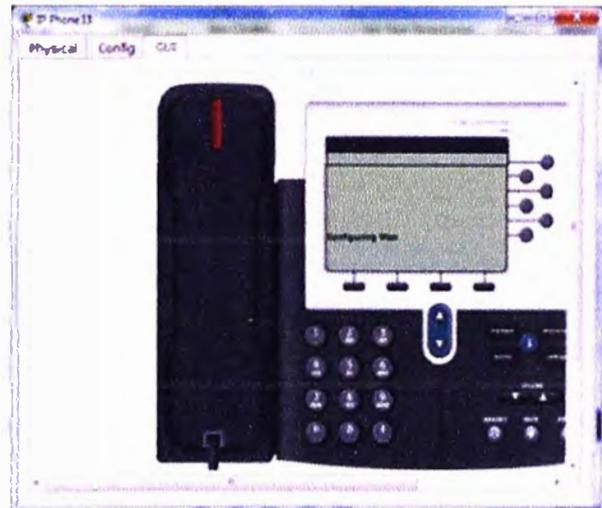
Configuración del Switch



Configuración del Router



Configuración del Telefono IP



Configuración Inalámbrica del Accen point y WiFi

Figura 4.17 Configuraciones de los equipos [29]

En la figura 4.18 se observa la implementación lógica de la red interna del MiniTelecentro, con las especificaciones anteriormente mencionadas en la tabla 4.5 y la figura 4.12.

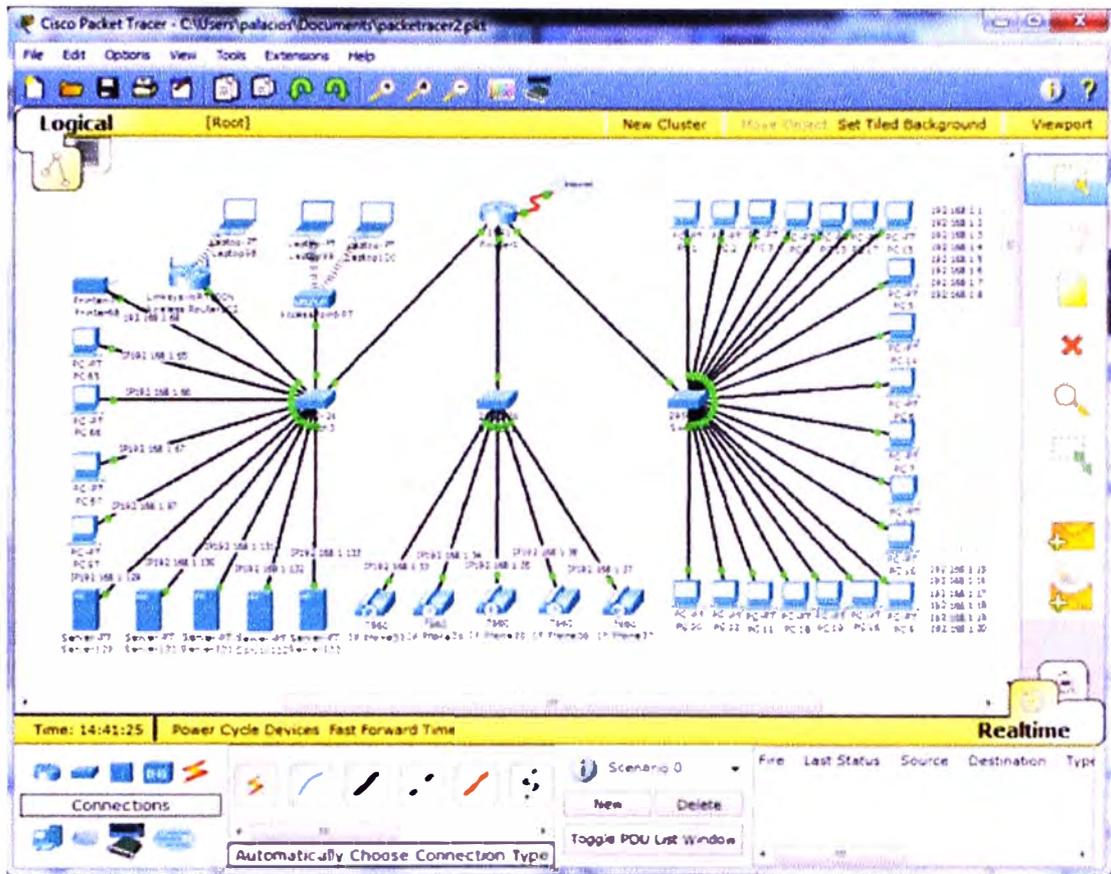


Figura 4.18 Implementación de la red interna del MiniTelecentro

4.4 Resultados del simulador Packet Tracer

En la caja de comandos se observa que cuando se realiza una prueba de envío de paquetes, la pantalla negra de la línea de comando del simulador de cisco, (ver figura 4.19), nos muestra que existe una transferencia de archivos enviados de 4 paquetes y recibidos también de 4, por lo tanto la configuración de la red ha sido una prueba exitosa.

```

Cisco Packet Tracer PC Command Line 1/0
PC1 ping 192.168.1.3

Pinging 192.168.1.3 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=3ms TTL=128

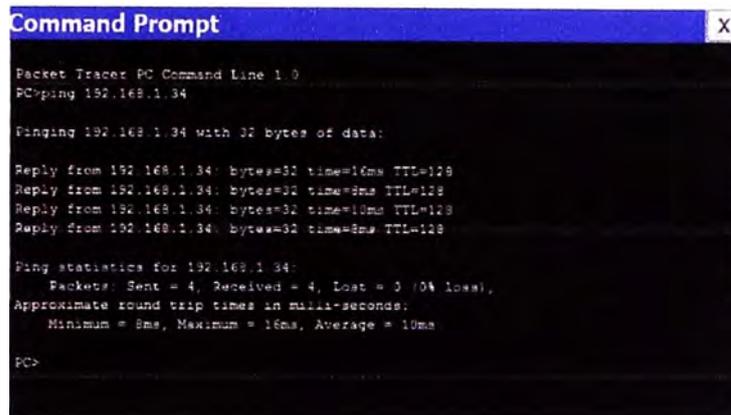
Ping statistics for 192.168.1.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 4ms, Average = 4ms

PC1>
  
```

Figura 4.19 La caja de comandos del simulador

Haciendo otra prueba de envíos de paquetes ver la figura 4.20:

En la figura se aprecia al simulador haciendo la conexión del equipo que tiene el IP 192.168.1.34 y la comprobación de los paquetes de información, que llegan de un sitio a otro con los tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos y mostrando el resultado de los paquetes enviados y recibidos, donde también se muestra que se obtiene cero paquetes perdidos.



```

Command Prompt
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.1.34

Pinging 192.168.1.34 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.34: bytes=32 time=16ms TTL=128
Reply from 192.168.1.34: bytes=32 time=8ms TTL=128
Reply from 192.168.1.34: bytes=32 time=10ms TTL=128
Reply from 192.168.1.34: bytes=32 time=8ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.34:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 8ms, Maximum = 16ms, Average = 10ms

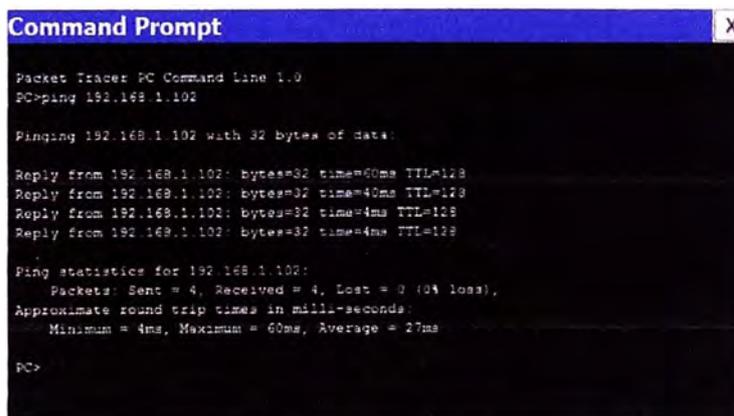
PC>

```

Figura 4.20 Envío de paquetes

Cuando las direcciones IP están bien asignadas, bastará usar el comando ping para verificar los envíos; es común hacer esta verificación, en este caso se usó ping 192.168.1.34.

Ahora hacemos una comprobación de comunicación de datos del IP 192.168.1.101 al IP 192.168.1.102 que pertenece a la VLAN3 y el resultado es el que se muestra en la figura 4.21 el cual nos dice de que la comunicación es correcta.



```

Command Prompt
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.1.102

Pinging 192.168.1.102 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.102: bytes=32 time=60ms TTL=128
Reply from 192.168.1.102: bytes=32 time=40ms TTL=128
Reply from 192.168.1.102: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 192.168.1.102: bytes=32 time=4ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.102:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 4ms, Maximum = 60ms, Average = 27ms

PC>

```

Figura 4.21 Resultado de los datos de envío.

4.5 Costo del proyecto

En este capítulo se divide en 2 partes los costos del proyecto: la infraestructura de toda la red y del MiniTelecentro.

4.5.1 Parte 1 Costo de la Red

En esta parte se verá los costos de los equipos que hacen la transmisión de los enlaces de microondas desde Ayacucho hasta el distrito de Tambo.

4.5.1.1 Costos de Equipos

En la tabla 4.7 se muestra los costos de los equipos para el sistema de comunicación, de lo cual no se tomará en cuenta el costo del software del radio enlace, ya que este es gratuito y libre en el internet.

Tabla 4.7 Costos del Equipamiento

Equipos	Precio Unitario	Cantidad	Sub total (USD)
Antenas 23Ghz polarización vertical Para Microondas	4000	10	40000
IDU-ODU conectores (Hembra y Macho)	67.5	10x(2) +10(2) = 40	2700
Kit de montaje para ODU 1+1 y antena	270	10	2700
Latiguillo de guía de onda 23 GHz de 1m	630	10	6300
Radomo aerodinámico para la antena 120mm	540	10	5400
Terminal WiMAX Base para PmP Alvarion + WiMAX suscriptor	26000	1	26000
Subtotal			83100

4.5.1.2 Costos de Infraestructura (Red Troncal)

En la tabla 4.8 están los costos de la infraestructura e instalaciones donde se pondrán los equipos.

Tabla 4.8 Infraestructura

Descripción	Precio Unitario	cantidad	Sub total(USD)
Estructura metálicas Triangular 30m	15 000	5	75 000
Cimentación de las torre	8 000	5	40 000
Instalaciones eléctricas	2 000	5	10 000
Otros	5000	5	25 000
Subtotal			150000

4.5.1.3 Costo de las celdas Fotovoltaicas y las Baterías

Tabla 4.9 Celdas y baterías

Celdas Fotovoltaicas BOSH		
Celda fotovoltaica Por unidad USD	Cantidad	Total USD
800	76	60800
Baterías Enerjet		
Baterías Por unidad USD	Cantidad	Total USD
200	12	2400
	Total USD	63 200

4.5.1.4 Costo de toda la red (parte 1)

En esta parte la tabla 4.10 nos muestra el costo de toda la red.

Tabla 4.10 Costo de la Red

Descripción	Costo (USD)
Costo de la Red	83100
Costo de la Infraestructura	150000
Costo de las celdas y baterías	63200
Total de la parte 1	296100

4.5.2 Parte 2 Costo de MiniTelecentro

En esta parte se verá los costos de construcción del espacio donde funcionará el MiniTelecentro con sus servicios básicos de agua, desagüe y luz. También los precios de los equipos, cables, sistemas de protección, sistemas de seguridad, aire acondicionado, etc.

4.5.2.1 Costo de la construcción del MiniTelecentro

En esta parte la tabla 4.11 nos muestra el costo de la construcción y el diseño arquitectónico del MiniTelecentro

Tabla 4.11 Costo de la construcción y diseño

Descripción	Costo (USD)
Materiales de construcción	72000
Instalaciones eléctricas y sanitarias	8000
Sistema contra incendios	2400
Cableado estructurado	2000
total	84400

4.5.2.2 Equipos de escritorio

En la tabla 4.12 se encuentra la lista de los precios de los equipos recomendables para el proyecto.

Tabla 4.12 Costos de los equipos del MiniTelecentro

Equipo	Marca	Especificaciones	Cantidad	Precio	Total
PC	Exsus	Coreli5/4Gb/160Gb	24	600	14 400
Monitor	AOC	LED de 23"	24	200	4800
Audífono/micro	Genius	Hs 300 HD	24	16	384
Cámara	Genius	Faccam 300 10pix	24	20	480
Impresora/fotocopiadora	Hp	Multifuncional	1	500	500
Router	Cisco	ISR 2801	1	1600	1600
Servidores	Hp	Servidor ML110G5	5	400	2000
Teléfonos IP	Cisco	7960 sip	4	150	600
Firewall	D-Link	DFL-800	1	1000	1000
Switch	Cisco	1300	2	800	1600
Radio VHF/HF	Motorola	Pro5150	1	120	120
Micrófono	kenwood	Mc-60A	1	80	80
Access Point	Cisco	Aironet	1	230	230
Proyector mult	Dlp	ViewSonic	1	560	560
Ecram	3M	70x70	1	80	80
Modem	Emax	Em120	1	60	60
				Total USD	28 500

4.5.2.3 Costo del sistema de protección

A continuación la tabla muestra los costos del sistema de protección para el proyecto.

Tabla 4.13 Costo de protección

Descripción	Costo USD
Sistema de Puesta a tierra	500
Sistema de Pararrayos	1200
Total USD	1700

4.5.2.4 Sistemas de seguridad

Tabla 4.14 Costos del Sistema de seguridad

Equipos	Precio(USD)
4 cámaras de seguridad y 1 monitor	2000
Grabador para las 4 Cámaras	1800
Rejas puertas y ventanas eléctricas	5000
Total USD	8800

4.5.2.5 Costo total del MiniTelecentro (parte 2)

En esta parte la tabla 4.15 nos muestra el costo total del MiniTelecentro

Tabla 4.15 Costos total del MiniTelecentro

Infraestructura	Costo (USD)
Construcción del MiniTelecentro	84400
Equipos del MiniTelecentro	28500
Sistemas de protección	1700
Sistemas de seguridad	8800
Costo total (parte2)	123400

4.5.3 Costo total sin incluir la mano de obra calificada y de profesionales

Y por último en la tabla 4.16 se muestra el costo total del proyecto sin considerar la mano de obra calificada y de Profesionales a cargo.

Tabla 4.16 Costo total

Nombre	Costo (USD)
Toda la Red	296100
El MiniTelecentro	123400
Total	419500

4.5.4 Costo de profesionales y mano de obra calificada.

El proyecto estará a cargo de un profesional en telecomunicaciones con experiencia en radio enlaces y también de personal técnico para las instalaciones de las torres. Haciendo una estimación de que el salario de la dirección técnica es de 15% del costo del proyecto de la red, y el 10% para la mano de obra calificada. Tenemos:

Tabla 4.17 Costo de profesionales (parte1)

	Estimado	Costo parte1	Pago USD
Profesionales a cargo	15%	296100	44415
Mano de obra calificada	10%	296100	29610
		Pago 1	74025 USD

De la misma forma para la construcción del MiniTelecentro se necesitará de un arquitecto para los planos y de un albañil con sus respectivos ayudantes para la construcción, luego se necesitará de personal técnico para el cableado estructurado de toda la red

Tabla 4.18 Costo de profesionales (parte2)

	Estimado	Costo parte2	Pago USD
Profesional a cargo	15%	123400	18510
Mano de obra calificada	10%	123400	12340
		Pago 2	30850 USD

Tabla 4.19 Costo total de profesionales y mano de obra calificada

Profesional y mano de obra calificada (parte1)	74 025
Profesional y mano de obra calificada (parte2)	30850
Total	104875 USD

4.5.5 Costo total del proyecto

En la tabla 4.19 se ve el costo total de toda la obra, incluyendo el costo de los profesionales, mano de obra calificada e IG.V.

Tabla 4.19 Costo Total de todo el proyecto

Costo del Proyecto	419500
Costo de Profesionales y mano de obra calificada	104875
Total del proyecto sin IG.V	524375
Total del Proyecto con IG.V	624006 USD

4.5.6 Tiempo estimado para la ejecución del proyecto**Tabla 4.20 Tiempo estimado del proyecto**

Actividades	Tiempo en meses			
	1	2	3	4
Trámite de licencias y permisos en MTC	√			
Adquisición de equipos	√			
Prueba de equipos en gabinete	√	√		
Capacitación Técnica de fabricante		√		
Transporte de equipos		√		
Trámite de licencias en la municipalidad	√	√	√	√
Construcción de Repetidor 1		√		
Construcción de Repetidor 2		√		
Construcción de Repetidor 3		√		
Construcción de Repetidor 4			√	√
Construcción de Staciónbase en Tambo			√	
Instalación de equipos en R1-R2			√	
Instalación de equipos en R2-R3			√	
Instalación de equipos en R3-R4			√	
Instalación de equipos en R4-Tambo			√	
Construcción del MiniTelecentro		√	√	√
Instalación de equipos en MiniTelecentro			√	
Medición de cobertura niveles de señal			√	√
Optimización de parámetros y pruebas				√
Inicio de operaciones				√

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Es necesario la utilización de redes inalámbricas que no necesitan un medio físico como medio de transmisión, en este caso el medio de transmisión es el espacio libre.
2. Existe un ahorro significativo en la implementación de este servicio para las zonas donde no hay factibilidad de poder llegar con enlaces de fibra óptica o cobre.
3. Para nuestra red de transporte debido a su alta capacidad de transmisión hemos utilizado las microondas y para nuestra red de acceso la tecnología WiMAX.
4. Es importante contar con línea de vista (LOS) entre los puntos de transmisión como en el de recepción, es por ello la utilización de las repetidoras en los emplazamientos para el proyecto. Además de contar con un futuro mercado compuesto por las poblaciones ubicadas a lo largo de la red de transporte.
5. La tecnología que se usa en la red de acceso de este proyecto que es la WiMAX nos permite realizar una instalación sencilla, porque se utiliza una antena colocada en un lugar estratégico del MiniTelecentro o del suscriptor, también nos brinda la flexibilidad y bajo costo por utilización de la banda no licenciada.
6. Los resultados obtenidos por el software Cisco Packet Tracer verifican de forma óptima la red interna del MiniTelecentro.

RECOMENDACIONES

1. El Personal que esté a cargo del MiniTelecentro, además de tener conocimiento de la parte informática, debe tener cualidades y/o ser capacitado en temas referentes al trato hacia otras personas.
2. La Construcción del MiniTelecentro tiene que estar en un lugar estratégico, para su fácil ubicación y visibilidad de parte de la población, puede estar cerca de un colegio.
3. Por lo visto en el Costo del Proyecto, se debería disponer de una cuantiosa inversión, por lo que es importante la participación del estado peruano, ya que el estado promueve y financia el Acceso Universal mediante el FITEL.

4. Dar a conocer a la población a partir de charlas y cursos de capacitación sobre los beneficios y ventajas acerca del uso de los servicios de comunicaciones como herramienta para su desarrollo y de sus actividades económicas.
5. Por otro lado, los servicios de telecomunicaciones debe ser una fuente de información cultural, agroindustrial, educativa, así como también para compartir información con otras comunidades, la difusión de su cultura y el desarrollo de nuevas fuentes de negocio.
6. Con la llegada de la Fibra Óptica a través del proyecto FOA (Fibra óptica de los andes) para la región de Ayacucho a fines de este mes de abril, se podría utilizar este mismo proyecto y ofrecerle a cada cliente velocidades superiores a los 6Mbps.

ANEXO A
GLOSARIO DE TERMINOS

Acceso Universal: conjunto de servicios públicos de telecomunicaciones esenciales para cualquier persona natural o jurídica y está sujeto al principio de no discriminación.

Alfabetización digital: significa tener el conocimiento y la habilidad de usar las computadoras y la tecnología de manera efectiva

Asterisk: es un programa de software libre (bajo licencia GPL) que proporciona funcionalidades de una central telefónica (PBX). Como cualquier PBX, se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a un proveedor de VoIP o bien a una RDSI tanto básicos como primarios.

Brecha digital: Comunidades que tienen accesibilidad a Internet y aquellas que no.

Broadcast: Es una forma de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo.

Células: Se realiza a través del reparto de una zona en varias células (áreas más pequeñas), de forma hexagonal, para poder abarcar todo el espacio. En cada célula existe una estación base transmisora, con lo cual, se pueden tener múltiples canales para el uso de decenas de celulares de manera simultánea. Cuando un usuario pasa de una célula a otra deja la frecuencia que estaba utilizando, para el uso de otro celular, y toma la frecuencia libre de la célula a la que pasó

Conectividad: es la capacidad de un dispositivo (ordenador personal, periférico, PDA, móvil, robot, electrodoméstico, automóvil, etc.) de poder ser conectado, generalmente a un ordenador personal u otro dispositivo electrónico, sin la necesidad de un ordenador, es decir en forma autónoma.

Delay: retraso de la señal.

DOWLING (enlace o conexión de bajada) es el término utilizado para representar el enlace entre un satélite y la Tierra.

EIRP: Potencia Isotrópica Efectiva Radiada es la potencia aparente transmitida hacia el receptor, si se asume que la señal se irradia igualmente en todas direcciones, tal como una onda esférica que procede de un punto fuente; en otras palabras, el producto aritmético de la potencia suministrada a una antena y su ganancia.

Estación terrenas: Las estaciones terrenas en un sistema de comunicaciones satelitales que cumple una función muy importante con respecto a todo el sistema, este es el que trabaja la informaciones ya sea recibirla o transmitirla, utilizando como mediador los satélites, estas estaciones terrenas no solo cumplen su objetivo de transmisión de información, sino que también tiene funciones de control.

Factibilidad: Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas.

Inbound: es la transferencia de información desde VSAT al HUB.

Jitter: El jitter suele considerarse como una señal de ruido no deseada. En general se denomina jitter a un cambio indeseado y abrupto de la propiedad de una señal. Esto puede afectar tanto a la amplitud como a la frecuencia y la situación de fase. El jitter es la primera consecuencia de un retraso de la señal. La representación espectral de las variaciones temporales se denomina ruido de fase.

LAN: (Local Area Network) Una red de área local, o red local, es la interconexión de varios ordenadores y periféricos.

MAN: Red de área metropolitana (Metropolitan Area Network) es una red de alta velocidad (banda ancha) que da cobertura en un área geográfica más extensa que un campus, pero aun así limitado. Por ejemplo, una red que interconecte los edificios públicos de un municipio dentro de la localidad por medio de fibra óptica.

Multicamino: La propagación multicamino puede producir en las comunicaciones digitales una interferencia intersimbólica. Puede haber una superposición entre los símbolos al recibir la señal digital. Para corregirlo se lleva a cabo el uso de ecualizadores, multiplexación OFDM, o rake receivers, un conjunto sub-receptor de radio, que analizando el retraso de cada onda y la correlación entre ellas puede recuperar los símbolos originales.

Outbound indica la transferencia de información desde el HUB a un VSAT.

Proxy: Un proxy, en una red informática, es un programa o dispositivo que realiza una acción en representación de otro, esto es, si una hipotética máquina A solicita un recurso a una C, lo hará mediante una petición a B; C entonces no sabrá que la petición procedió originalmente de A. Esta situación estratégica de punto intermedio suele ser aprovechada para soportar una serie de funcionalidades: proporcionar caché, control de acceso, registro del tráfico, prohibir cierto tipo de tráfico, etc.

Receptor Rake: permite demodular las señales de banda estrecha cuyo espectro ha sido expandido y obtener de esta forma una diversidad de recepción, también es capaz de recoger todo la energía dispersa.

Red interna del MiniTelecentro: Es el diseño de la red LAN dentro del MiniTelecentro en el cual indica la cantidad y el tipo de equipos que se van a utilizar.

Reúso de Frecuencias: Un sistema siempre toma ventaja del reúso de frecuencia para hacer más eficiente la utilización del ancho de banda disponible, debido a que esta técnica proporciona una capacidad más alta del sistema sin tener que incrementar los recursos de frecuencia usados por el sistema. El reúso de frecuencia hace posible utilizar simultáneamente las mismas ranuras de tiempo para enviar o recibir mensajes hacia o desde múltiples equipos de comunicación portátiles a través de una zona o subzona.

Roaming: En redes inalámbricas, **roaming** se refiere a la capacidad de cambiar de un área de cobertura a otra sin interrupción en el servicio o pérdida en conectividad. Permite a los usuarios seguir utilizando sus servicios de red inalámbrica cuando viajan fuera de la zona geográfica en la que contrataron el servicio, por ejemplo, permite a los usuarios de teléfonos móviles de España seguir utilizando su móvil cuando viajan a otro país.

Router: Es un dispositivo que se encarga de examinar los paquetes entrantes basándose en direcciones de la capa 3, elegir la mejor ruta para ellos a través de la red y luego conmutarlos al puerto de salida apropiado. El router es el dispositivo regulador de tráfico más importante en las redes grandes.

SCPC: Single Channel Per Carrier o en castellano un solo canal por portadora, es una tecnología de transmisión en la cual una sola señal es enviada para cada frecuencia concreta, sobre un ancho de banda más estrecho. La instalación de la plataforma SCPC permite que el cliente establezca un canal de comunicación fiable y seguro entre la oficina Central y el lugar remoto, donde quiera que se encuentren.

Servidores: En informática, un servidor es una computadora que forma parte de una red, provee servicios a otras computadoras denominadas clientes.

Subneteo: Es dividir una red primaria en una serie de subredes, de tal forma que cada una de ellas va a funcionar luego como una red individual a nivel de envío y recepción de paquetes, aunque todas pertenezcan a la misma red principal y por lo tanto, al mismo dominio.

Switch: Son dispositivos de la capa de enlace de datos que permiten interconectar múltiples segmentos LAN físicos en redes sencillas más grandes. Los switches toman decisiones basándose en las direcciones MAC (control de acceso al medio).

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de Telecomunicaciones de la ONU encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

Última Milla: Es el nombre que se le da a WIMAX por el gran alcance que tiene de hasta 50KM y no necesita tener línea de vista ya que emplea el sistema punto multipunto.

UPLINK (enlace o conexión de subida) es el término utilizado en un enlace de comunicación para la transmisión de señales de radio (RF) desde una estación o terminal ubicado en la Tierra a una plataforma en suspensión o movimiento ubicada en el espacio, como por ejemplo un satélite. Un uplink es el inverso de un downlink.

WAN: Una red de área amplia, con frecuencia denominada WAN, acrónimo de la expresión en idioma inglés wide area network, es un tipo de red de computadoras capaz de cubrir distancias desde unos 100 hasta unos 1000 km.

ANEXO B
ACRÓNIMOS UTILIZADOS

ACRÓNIMOS

AAA: Authentication, Authorization and Accounting.

AMC: Adaptative Modulation and Coding

ASN: Access Service Network.

ASN-GW: Access Service Network Gateway.

BE: Best Effort service.

BSC: Base Station Controller

CCC: Central de Conmutación y Control

CSN: Connectivity Service Network.

DNS: Domain Name System

EIRP: Equivalent Isotropically Radiated Power

ERB: Estación Radio Base

ERT VR: Extended Real-Time Variable Rate Service.

ERTIC Escuela Regional de Tecnologías de la Información y Comunicaciones

EVDO: Evolution Data Only

FEC: Forward Error Correction.

FTP: File Transfer Protocol.

HLR: Home Location Register

IPTV: Internet Protocol Television

ISI: Interferencia Intersímbolos

MPLS Multiprotocol Label Switching

MS: Mobile Station.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

NGN: Next Generation Networking

NRtPS: Non-Real-time Polling Service.

PSTN: Public Switched Telephone Network

QSPK: Quadrature Phase Shift Keying

RF: Radio frecuencia

RtPS: Real-time Polling Service.

SDH: Synchronous Digital Hierarchy

SSID (Service Set IDentifier)

UGS: Unsolicited Grant Service.

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

VLR: Visitor Location Register

VoIP: Voz Sobre Protocolo de Internet

WLAN: Wireless Local area Network

ANEXO C
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Generalmente en las zonas rurales especialmente donde se ubicarán las repetidoras no hay conexión eléctrica, por lo tanto se tendrá que diseñar un sistema basado en la energía solar o energía eólica, en este diseño se utilizará la primera, con celdas fotovoltaicas y baterías.



Figura C.1 Celdas solares en Zonas Rurales

Funcionamiento de la celda

Las celdas fotovoltaicas conocidas también como celdas solares están hechas de materiales semiconductores, en especial de silicio, el mismo que se emplea en la industria de la microelectrónica. Se emplea una delgada rejilla semiconductor para poder originar un campo eléctrico, positivo en un lado y negativo en el otro, claro está; cuando la energía proveniente de los rayos solares llega a la celda fotovoltaica, los electrones son golpeados y sacados de los átomos del material semiconductor. Los materiales semi conductores se hacen de Germanio (Ge) o Silicio (Si). Lo más habitual es el Silicio porque es más barato.

Tanto el Ge como el Si, tienen una estructura de 4 electrones de valencia y si se dopan, se sustituyen algunos átomos de la masa de Si, por otro material, que tenga 5 electrones de valencia se crea un semiconductor de tipo N y si le se le mete un material que tenga 3,



Figura C.2 Funcionamiento de la celda

se crea un semiconductor del tipo P.

Si se inyecta energía a ese semiconductor, como la que producen los rayos del Sol, el material N, tiene tendencia a dejar libres electrones y el P a absorber electrones. Si se juntan, se produce circulación de electrones del N al P, es decir, corriente eléctrica.

Estas uniones N-P, forman las células fotovoltaicas. Si se juntan muchas células fotovoltaicas, conectadas en serie, se obtendrá la suma de los pequeños potenciales de cada una que en total, darán una diferencia de potencial (voltios) grande y se habrá hecho un Panel Fotovoltaico.

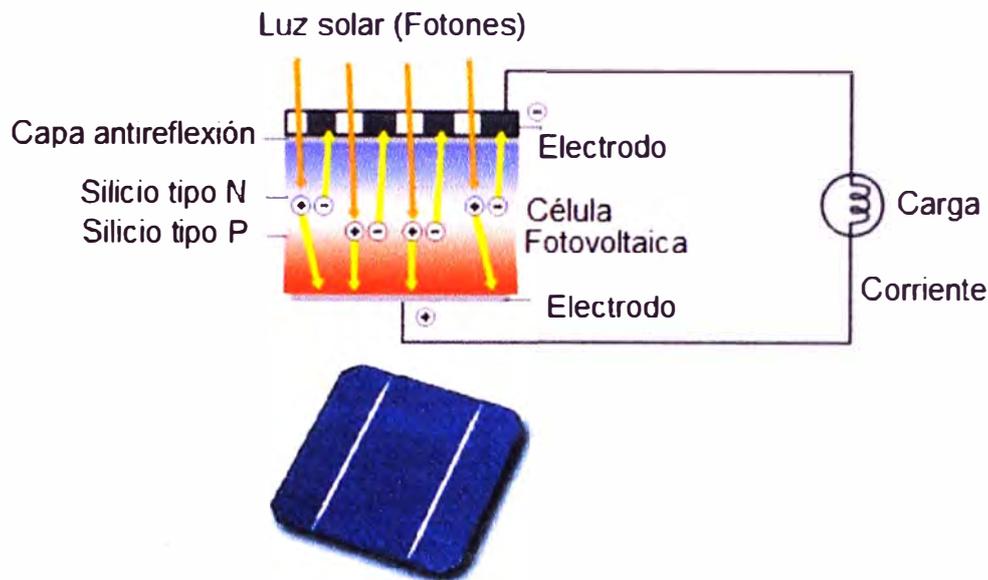


Figura C.3 Funcionamiento de una celda Fotovoltaica

Si se asocian varios paneles fotovoltaicos, se tendrá un montaje generador de electricidad a partir de los rayos del Sol.

La electricidad se obtiene se ponen a los semiconductores tanto positivos como negativos formando un circuito eléctrico, es entonces cuando los electrones son capturados en forma de corriente eléctrica. Las celdas son aquellas que, juntas, forman un panel fotovoltaico, pero un arreglo de varias celdas conectadas eléctricamente unas con otras en una estructura generan un módulo fotovoltaico.

Los módulos son construidos con el objetivo de brindar un determinado nivel de voltaje, un ejemplo es un sistema de 12 voltios; la corriente que se produzca dependerá siempre de cuanta luz el módulo capte. Los sistemas de este estilo puede funcionar aisladamente o conectados en red; con respecto a estos último, los mismos interaccionan a través de una interfaz electrónica, es decir, un inversor, que transforma la corriente continua en alterna. Los esquemas básicos de instalaciones fotovoltaicas se muestran en la figura C.4, ahora se diseñará los paneles solares o módulos solares para los equipos donde no hay energía eléctrica.

Generalmente en las zonas rurales especialmente donde se ubicarán las repetidoras no hay conexión eléctrica, por lo tanto se tendrá que diseñar un sistema basado en la

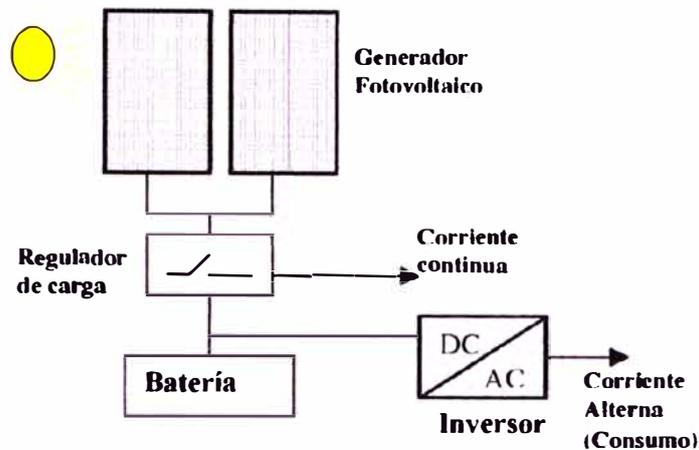


Figura C.4 Partes de una celda. [25]

energía solar o energía eólica, en este diseño se considerará la primera, con celdas fotovoltaicas y baterías.

Tabla C.1 Estimación de las repetidoras

Equipo	Repetidoras	Potencia(W)	Rendimiento	Utilización	Consumo(W.h/día)
Red	2 por torre	250	100	24h/día	12 000
Transporte	(total 8)				
Total					12000W.h/día

Para el cálculo del número de celdas o módulos solares y las baterías para cada torre se necesitará los siguientes parámetros.

Tabla C.2 Parámetros de los equipos

Equipos	Parámetros
Tensión del sistema (VS)	48 VDC
Tensión nominal de la celda fotovoltaica(VM)	24 VDC
Corriente de la celda(CM)	4.75A
Consumo total (E)	12000 W.h
Pérdidas total del sistema(e1)	15%
Profundidad de descarga de la batería(DOD)	60%
Días de autonomía de la batería (A)	3
Irradiante(G) (Ayacucho)	4.89
Energía fotovoltaica (E%)	100%

El irradiante G se toma de la siguiente tabla C.3 del Ministerio de Energía y Minas

Tabla C.3 Promedio Anual de Irradiación solar diaria en el Perú

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	MEDIA ANUAL kWh/m ²
Huanuco	Huanuco	Huanuco	4.5
Junin	Chanchamayo	Humaya	4.7
Junin	Huanuco	Huachac	4.9
Huancavelica	Castrovirreyna	Aconococha	4.8
Ayacucho	Huamanga	Ayacucho	4.89
Apurimac	Abancay	Abancay	4.7
Cuzco	La Convencion	Santa Ana	4.0
Cuzco	Cuzco	San Jeronimo	4.7
Hoquegua	Mariscal Nieto	Moquegua	5.4
Tacha	Tarata	Paucarani	5.4

De la tabla C.3 se tiene que la irradiación solar diaria en Ayacucho-Huamanga-La Mar – Tambo es de $G = 4.89 \text{ kWh/m}^2$

Para hallar la cantidad de celdas consiste en dividir la cantidad de potencia que se necesita entre la energía que proporciona cada celda fotovoltaica.

De este modo el número de celdas necesarias para proporcionar la potencia requerida viene dado por la siguiente fórmula

$$\text{No de celdas} = \frac{E\%.E.(1+e1)}{G.CM.VM} \quad (C.1)$$

$$\text{No de celdas} = \frac{1 \times 12000 \times (1+0.15)}{4.89 \times 4.75 \times 24}$$

$$\text{No de celdas} = 18.71$$

Redondeando No de celdas=19 por torre.

Para hallar la cantidad de baterías necesarias y tomando como el peor de los casos en donde no hay sol por 3 días seguidos, se empleará la fórmula siguiente que consiste en dividir el consumo que se necesita en caso de que no haya sol, entre la descarga de la batería.

$$\text{Capacidad} = \frac{E.A}{DOD.VS} \quad (C.2)$$

$$\text{Capacidad} = \frac{12000 \times 3}{0.6 \times 48}$$

$$\text{Capacidad} = 1250 \text{ Ah}$$

La capacidad comercial estándar es de 300 Ah, 600Ah o sea se necesita de 5 baterías de 300Ah en cada torre.

Tabla C.4 Total de celdas para el proyecto

Torres	Celdas	Baterías (300Ah)
1	19	3
Total (4)	76	12

Para la red se necesitará de 76 celdas fotovoltaicas y 12 baterías

BIBLIOGRAFIA

- [1] INICTEL-UNI Promueve Telecentros
<http://www.telecentros.pe/objetivos.php>
- [2] Centro Especializado en Tecnologías de Información y Comunicación para personas con discapacidad <http://cetic.inictel.net/>
- [3] Marlad, Gerard. VSAT NETWORKS.
Segunda Edición 2009
- [4] Juan José García Ruiz de Angulo “Los Satélites de Comunicaciones”,
Universidad autónoma de Barcelona-España, 2008.
- [5] IEEE 802.16-2004 —IEEE Recommended Practice for Local and metropolitan area networks Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access SystemsII. October 2004.
- [6] Mapa satelital de la localidad de Tambo
http://www.viasatelital.commapasla_mar_tambo.htm
- [7] Población, servicios de comunicaciones, etc. INEI
<http://proyectos.inei.gob.pe/mapas/bid/>
- [8] Metas y estrategias Fitel 2012-2016
<http://www.fitel.gob.pe/archivos/FI508bd1d568167.pdf>
- [9] FITEL
http://www.pcm.gob.pe/Transparencia/Resol_ministeriales/2011/DS-066-2011-PCM.pdf
- [10] Información de Osiptel
www.osiptel.gob.pe
- [11] José Miguel Miranda “Ingeniería de microondas”
Segunda edición España 2002
- [12] Ignacio García Merino “Simulación de un enlace de microondas utilizando Radio Mobile”, Universidad Politécnica de Madrid – España 2009
- [13] Percy Fernández Philco “Temas Normativos y regulatorios sobre las telecomunicaciones en el Perú “Universidad Nacional de Ingeniería-Perú, 2011.

- [14] Percy Fernández Philco. "Planificación de Redes de Telecomunicaciones". Universidad Nacional de Ingeniería Lima-Perú, 2012
- [15] Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation, WiMAX Forum, August 2006
- [16] Cysco Systems" Seguridad Inalámbrica" 2004 Academia de Networking de Cisco Systems: Guía del primer año. CCNA 1 y 2.Tercera edición 2012
- [17] Antonio Ricardo Castro Teleinformática para Ingenieros en Sistemas de Información. Lechtaler. Editorial Reverté 2010
- [18] Wayne Tomásí "Sistemas de Comunicación" Cuarta Edición 2003 QPSK y QPSKW
- [19] Algoritmos RSA
<http://h2non.wordpress.com/2007/04/14/algoritmos-de-la-criptologia-informatica/>
- [20] Quobis Networks. "WiMAX: la revolución inalámbrica". Usa, 2006
- [21] Familia de Estaciones Base WiMAX
<http://www.albentia.com/Docs/ARBA-550%20Datasheet-Oct12sp.pdf>
- [22] Telefónica lleva la red de fibra óptica a Tarapoto 2013
http://www.telefonica.com.pe/news/shtml/NP_11012013.shtml
- [23] Servicios de banda Ancha Rural (BAR).
<http://www.fitel.gob.pe/antiguaweb/contenido.php?ID=30>
- [24] Marcial Antonio López Tafur "Sistemas de comunicaciones por Microondas" Universidad Nacional de Ingeniería Lima-Perú 2012
- [25] Javier María Méndez Muñiz "Energía Solar Fotovoltaica" Segunda Edición ECA Instituto de Tecnología y Formación S.A.U-España
- [26] Google "Software libre Google Earth"
Página oficial: <http://www.google.com/intl/es/earth/index.html>
- [27] Roger Coudé "Software Libre de Radio Mobile"
Página oficial <http://www.cplus.org/rmw/>
- [28] Motorola Solutions "Software Libre PTP Link Planner"
Página oficial:
<http://www.motorolasolutions.com/US-EN/Business+Product+and+Services/Wireless+Broadband+Networks/One+Point+Wireless+Suite/PTP+LINKPlanner>
- [29] Cisco "Software Cisco Packet Tracer"
Página oficial:
http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course_catalog/PacketTracer.html