



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSTGRADO

**TESIS FINAL
PREVIO A LA OBTENCION DEL GRADO DE
MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO DE UNA RED WIMAX PARA
DOTAR DEL SERVICIO DE TELEFONIA
FIJA AL SITIO GALAYACU, PROVINCIA DE
EL ORO”**

**AUTOR:
ING. NESTOR TALLEDO AGUILAR**

**TUTOR:
DR. HECTOR SANCHEZ PAZ
PROFESOR TITULAR**

**DIRECTOR:
MSC. MANUEL ROMERO PAZ**

**PROMOCION:
2010-2012**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Magíster **Néstor Antonio Talledo Aguilar** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, 20 de agosto del 2014

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Héctor Ramón Sánchez Paz

REVISORES:

MSc. Néstor Zamora Cedeño.

MSc. Orlando Philco Asqui.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, NÉSTOR ANTONIO TALLEDO AGUILAR

DECLARO QUE:

La tesis “**Diseño De Una Red Wimax Para Dotar Del Servicio De Telefonía Fija Al Sitio Galayacu, Provincia De El Oro**” previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 20 de agosto del 2014

EL AUTOR

Ing. Néstor Antonio Talledo Aguilar



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

YO, NÉSTOR ANTONIO TALLEDO AGUILAR

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución de la Tesis de Maestría titulada: **“Diseño De Una Red Wimax Para Dotar Del Servicio De Telefonía Fija Al Sitio Galayacu, Provincia De El Oro”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 20 de agosto del 2014

EL AUTOR

Ing. Néstor Antonio Talledo Aguilar

AGRADECIMIENTOS

A Dios por iluminarme y llenar mi vida de dicha y bendiciones.

A mi familia, especialmente a mí querida esposa y mis padres, por el apoyo incondicional que me dieron a lo largo de la maestría.

A mi Tutor de Tesis, Dr. Héctor Sánchez Paz, por su valiosa enseñanza, guía, paciencia y participación en todo el proceso de desarrollo y revisión de la tesis.

Al Director de la Maestría, Msc. Manuel Romero Paz, por su valioso aporte y guía desde el inicio de la maestría.

A todos mis profesores y compañeros de la maestría, por sus sabias enseñanzas y por compartir sus conocimientos, los cuales fueron de utilidad para la realización del presente trabajo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivos mis más sinceros agradecimientos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y este título a Dios, a mi esposa, a mis padres y a mis seres queridos, por ser quienes han estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten.

RESUMEN

El presente trabajo titulado “Diseño de una Red Wimax para dotar del servicio de telefonía fija al Sitio Galayacu, Provincia de El Oro”, tiene como objetivo principal la elaboración de un diseño de red que permita brindar del servicio de telefonía fija a los moradores del sitio a través de una red de acceso inalámbrico con tecnología Wimax, permitiendo además que un operador como Ecuadortelem S.A. pueda cumplir brindando su cobertura de servicio de telefonía fija en una zona rural dentro de su área de concesión conforme lo exige el Plan de Servicio Universal, tal como lo indica su contrato de concesión. Para lo cual se realizó un análisis y planteamiento del problema a través de metodologías de investigación definiendo el objetivo antes mencionado. Además se analizó a fondo la tecnología Wimax, sus estándares, características, capas, arquitectura, antenas y el ente regulador de este estándar de transmisión inalámbrico que se escogió para el presente trabajo, todo esto para poder realizar el presente diseño de red en el cual se describe la arquitectura, infraestructura y gestor de red seleccionado y sus costos de implementación.

PALABRAS CLAVE: Wimax, telefonía fija rural, acceso inalámbrico.

ABSTRACT

This paper entitled "Design of a Wimax Network to provide a fixed telephone service in Galayacu town, El Oro", has as main objective the development of a network design to provide fixed telephone service to the habitants of the town through a wireless network with Wimax technology, therefore allows one operator as Ecuadortelecom S.A. to provide coverage of fixed telephone services in a rural area within your concession area as required by the Universal Service Plan, as indicated by its concession contract. For this reason an analysis and approach of the problem through research methodologies was carried out by defining the above objective. Also was analyzed thoroughly the Wimax technology, your standards, characteristics, layers, architecture, antennas and the regulator of the wireless transmission standard that was chosen for this work, all this in order to make this network design describing your architecture, infrastructure and network manager selected, and implementation costs.

KEYWORDS: Wimax, rural telephony, wireless access.

INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
INDICE GENERAL.....	ix
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE TABLAS.....	xv
CAPITULO 1: GENERALIDADES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. PROBLEMA	3
1.5. OBJETO	4
1.6. OBJETIVOS.....	4
1.6.1. General.....	4
1.6.2. Específicos.....	4
1.7. CAMPO DE ACCIÓN	4
1.8. IMPACTO SOCIAL.....	4
1.9. HIPÓTESIS	5
1.10. RESULTADO	5
1.11. METODOLOGÍA.....	5
CAPITULO 2: WIMAX.....	6
2.1. WIMAX.....	6

2.2. ESTÁNDARES WIMAX.....	6
2.2.1. IEEE 802.16	7
2.2.2. IEEE 802.16a.....	7
2.2.3. IEEE 802.16e.....	7
2.2.4. IEEE 802.16m	8
2.3. CARACTERÍSTICAS DE WIMAX.....	8
2.3.1. Capa física basada en OFDM	9
2.3.2. Grandes picos de tasas de datos.....	9
2.3.3. Escalabilidad en el ancho de banda y la tasa de datos soportada	9
2.3.4. AMC (<i>Adaptive Modulation and Coding</i> o Modulación y codificación adaptativa)	10
2.3.5. Retransmisiones en la capa de enlace.....	10
2.3.6. Soporta multiplexaciones en tiempo (TDD) y en frecuencia (FDD).....	10
2.3.7. Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA).....	11
2.3.8. Soporta técnicas avanzadas de antenas.....	11
2.3.9. Soporta calidad de servicio QoS (<i>Quality of service</i>).....	11
2.3.10. Seguridad robusta	11
2.3.11. Soporta movilidad	11
2.3.12. Arquitectura basada en IP (Internet Protocol).....	12
2.4. CAPA FÍSICA DE WIMAX.....	12
2.4.1. Parámetros OFDM en Wimax	12
2.4.2. Subcanales en OFDMA	14
2.4.3. Modulación y codificación	15
2.5. CAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO EN WIMAX.....	17
2.5.1. Mecanismos de Acceso al medio	19
2.5.2. Calidad de Servicio (QoS).....	20
2.6. ARQUITECTURA DE RED WIMAX	23

2.7. ANTENAS	27
2.7.1. Antenas inteligentes o <i>Smart Antennas</i>	27
2.7.2. Diversidad.....	28
2.8. WIMAX FORUM: IMPULSORES DETRÁS DE WIMAX	30
CAPITULO 3: DISEÑO DE RED, INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS	32
3.1. INTRODUCCIÓN.....	32
3.2. ARQUITECTURA	32
3.3. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS	34
3.3.1. Gabinete externo.....	34
3.3.2. Estación Base.....	39
3.3.3. Estaciones Móviles o CPE.....	46
3.3.4. Radioenlace	52
3.3.5. Switch.....	58
3.3.6. Banco de rectificadores	63
3.3.7. Banco de baterías.....	66
3.4. UBICACIÓN DE ESTACION BASE Y ENLACE.....	67
3.5. GESTOR DE RED <i>ALVARISTAR</i>	70
3.5.1. Arquitectura	71
3.5.2. Funciones de Gestión	73
3.6. COSTOS DE IMPLEMENTACION DE LA RED.....	75
CONCLUSIONES:.....	76
RECOMENDACIONES:	78
BIBLIOGRAFIA:.....	80
GLOSARIO:.....	83
ANEXOS: IMÁGENES DEL SITIO Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS	95
ANEXO A: ESTACIÓN MOVIL Y PARTES ALVARION.....	96
ANEXO B: CPE ALVARION	107

ANEXO C: ALVARISTAR.....	112
ANEXO D: SHELTER OUTDOOR KNURR.....	114
ANEXO E: SWITCH HUAWEI.....	117
ANEXO F: BANCO DE RETIFICADORES Y MÓDULOS ELTEK.....	119
ANEXO G: BANCO DE BATERIAS POWERSAFE	125
ANEXO H: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO GALAYACU.....	127
ANEXO I: FOTOS DEL SITIO GALAYACU Y UBICACIÓN DE EB.....	128

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: EFECTO DE LA SUBCANALIZACIÓN	15
FIGURA 2.2: MODULACIÓN ADAPTATIVA AL SNR.....	16
FIGURA 2.3: ESTRUCTURA DE UNA RED WIMAX BASADA EN IP	24
FIGURA 2.4: PUNTOS DE REFERENCIA DEFINIDOS POR EL WIMAX FORUM	26
FIGURA 2.5: PROCESO DE CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS WIMAX.....	31
FIGURA 3.1: CONFIGURACIÓN DE ANTENAS EN CUARTO ORDEN DE DIVERSIDAD.....	32
FIGURA 3.2: DISEÑO DE LA RED WIMAX	33
FIGURA 3.3: UBICACIÓN Y COBERTURA DE LA ESTACIÓN BASE WIMAX...34	
FIGURA 3.4: VISTA EXTERNA DEL GABINETE ESCOGIDO.....	35
FIGURA 3.5: VISTA DE BANDEJA PARA BANCO DE BATERÍAS	36
FIGURA 3.6: SENSOR DE APERTURA DE PUERTA	36
FIGURA 3.7: LINTERNA Y SENSOR DE HUMO DEL GABINETE.....	37
FIGURA 3.8: BASE DEL GABINETE	37
FIGURA 3.9: VISTA EXTERIOR DEL GABINETE ABIERTO Y CERRADO.....	38
FIGURA 3.10: MICRO ESTACIÓN BASE DE ALVARION.....	39
FIGURA 3.11: COMPARACIÓN DE TAMAÑO ENTRE EQUIPOS DE ALVARION	40
FIGURA 3.12: PUERTOS E INDICADORES DE LA MICRO ESTACIÓN BASE ALVARION	40
FIGURA 3.13: ODU ALVARION.....	43
FIGURA 3.14: PUERTOS E INDICADORES DE UNA ODU ALVARION	43
FIGURA 3.15: ANTENA DE DOBLE POLARIZACIÓN ALVARION.....	44
FIGURA 3.16: CONFIGURACIÓN DE CUARTO ORDEN DE DIVERSIDAD.....	45
FIGURA 3.17: VISTA DEL CPE INDOOR.....	47
FIGURA 3.18: VISTA DE COMPONENTES DEL CPE INDOOR.....	50
FIGURA 3.19: VISTA DE PUERTOS DEL CPE INDOOR.....	50
FIGURA 3.20: INDICADORES LED DEL CPE INDOOR.....	51
FIGURA 3.21: COMPONENTES DEL OPTIX RTN 600	52
FIGURA 3.22: IDU 605	53

FIGURA 3.23: FUNCIONAMIENTO DE LA MODULACIÓN ADAPTATIVA.	54
FIGURA 3.24: VISTA DE AMBOS LADOS DE UNA ODU.	55
FIGURA 3.25: COMPONENTES DE UNA ODU.	55
FIGURA 3.26: VISTA DE UN HYBRID COUPLER.	56
FIGURA 3.27: INTERFACES DE UN HYBRID COUPLER.	57
FIGURA 3.28: VISTA DE UNA ANTENA DE MICROONDAS.	58
FIGURA 3.29: VISTA DEL HUAWEI CX200C.	59
FIGURA 3.30: MÓDULOS DEL HUAWEI CX200.	59
FIGURA 3.31: MÓDULO DE PODER DC DEL HUAWEI CX200C.	60
FIGURA 3.32: DIAGRAMA DE MÓDULOS DE PODER DC DEL HUAWEI CX200C.	61
FIGURA 3.33: FAN FRAME DEL HUAWEI CX200C.	61
FIGURA 3.34: VISTA FRONTAL DEL FAN FRAME DEL HUAWEI CX200C.	62
FIGURA 3.35: VISTA FRONTAL DE LA SCU DEL HUAWEI CX200C Y SUS INTERFACES.	63
FIGURA 3.36: VISTA FRONTAL DEL FLATPACK S 1U2R DE ELTEK.	64
FIGURA 3.37: VISTA FRONTAL DEL SMARTPACK S DE ELTEK.	64
FIGURA 3.38: VISTA FRONTAL DEL FLATPACK S HE DE ELTEK.	65
FIGURA 3.39: VISTA DE UNA POWERSAFE SBS C11F.	66
FIGURA 3.40: RUTA DEL ENLACE EN RADIO MOBILE.	68
FIGURA 3.41: COORDENADAS DE LOS SITIOS EN RADIO MOBILE.	69
FIGURA 3.42: SIMULACIÓN DEL ENLACE EN RADIO MOBILE.	69
FIGURA 3.43: COORDENADAS DEL CLIENTE DE PRUEBAS EN RADIO MOBILE.	70
FIGURA 3.44: SIMULACIÓN DEL ENLACE CON EL CLIENTE DE PRUEBA EN RADIO MOBILE.	70
FIGURA 3.45: NIVEL DE INFRAESTRUCTURA DEL ALVARISTAR.	72
FIGURA 3.46: ARQUITECTURA DEL ALVARISTAR.	73
FIGURA 3.47: GESTOR DE ALARMAS DEL ALVARISTAR.	73
FIGURA 3.48: GESTOR DE EQUIPOS DEL ALVARISTAR.	74

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: EVOLUCIÓN DE ESTÁNDARES WIMAX.....	8
TABLA 2.2: PARÁMETROS PARA CAPAS FÍSICAS.	13
TABLA 2.3: MODULACIONES Y CODIFICACIONES EN WIMAX.....	16
TABLA 2.4: TIPOS DE QoS	22
TABLA 3.1: DETALLE DE PUERTOS E INDICADORES DE LA MICRO ESTACIÓN BASE ALVARION	41
TABLA 3.2: COMUNICACIÓN ENTRE LA MICRO ESTACIÓN BASE Y LAS UNIDADES EXTERNAS.....	42
TABLA 3.3: RANGOS DE FRECUENCIA DE ODU SEGÚN SU BANDA DE OPERACIÓN	42
TABLA 3.4: DETALLE DE PUERTOS E INDICADORES DE UNA ODU ALVARION	44
TABLA 3.5: ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DE ANTENA DE DOBLE POLARIZACIÓN ALVARION.....	45
TABLA 3.6: RADIOESPECIFICACIONES DE LA MICRO ESTACIÓN BASE	46
TABLA 3.7: MODELOS DE CPE SI 2000 CON FRECUENCIA DE 3.5 GHZ	48
TABLA 3.8: RADIOESPECIFICACIONES DEL CPE INDOOR	48
TABLA 3.9: ESPECIFICACIONES DE TELEFONÍA DEL CPE INDOOR.....	49
TABLA 3.10: ESTADOS DEL LED DE PODER DEL CPE INDOOR.....	51
TABLA 3.11: ESTADOS DE LOS LEDS DE INTENSIDAD DE SEÑAL DEL CPE INDOOR.....	52
TABLA 3.12: CARACTERÍSTICAS DEL OPTIX RTN 605 2F.	53
TABLA 3.13: CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE ODU.	54
TABLA 3.14: DESCRIPCIÓN DE INTERFACES DE UNA ODU.	56
TABLA 3.15: DESCRIPCIÓN DE INTERFACES DE UN HYBRID COUPLER.	57
TABLA 3.16: ESPECIFICACIONES FÍSICAS DEL HUAWEI CX200C.....	60
TABLA 3.17: DESCRIPCIÓN DE INDICADORES DEL FAN FRAME DEL HUAWEI CX200C.....	62
TABLA 3.18: CONSUMO DC MÁXIMO DE LOS EQUIPOS.	65
TABLA 3.19: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES BASE.	67
TABLA 3.20: COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE RED.	75

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Los diferentes sistemas y redes de telecomunicaciones sobre todo las inalámbricas han experimentado un gran crecimiento en los últimos años, destacando las redes de tecnología celular y las redes *wifi* (*Wireless Fidelity*). Actualmente en el país según los reportes mensuales de estadísticas de servicios de telecomunicaciones de la Supertel (Superintendencia de Telecomunicaciones) de mayo del 2014, hay más de una línea celular por cada ecuatoriano, mientras que en el caso de telefonía fija hay 1 línea por cada 7 ecuatorianos. Además el crecimiento de las redes *wifi* a nivel nacional es considerable, en muchos de los aeropuertos, centros comerciales, restaurantes y hogares se cuenta con una red *wifi* que provee servicios de internet, intranet, entre otros. Estas tendencias reflejan las ventajas que brindan las redes inalámbricas, las cuales promueven el uso de nuevas redes como Wimax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) por ejemplo que permite mayores prestaciones que una red *wifi*. La nueva generación de productos certificados por el *Wimax Forum*, organismo regulador reconocido por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), para equipos Wimax, ofrecen redes de gran capacidad para aplicaciones que no requieren línea de vista NLOS (*Non line of sight*) entre equipos.

El estándar 802.16a puede alcanzar una velocidad de comunicación de hasta 70 Mbps, operando en un rango de frecuencias de 2 a 11 GHz y de 124 Mbps en frecuencias hasta los 60 GHz, esto dentro de un radio de cobertura alrededor de los 7 Km.

Wimax permite dar servicio a varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda y además soporta tráfico continuo o por paquetes de información, siendo independiente de protocolo. Una de las ventajas con las que cuenta Wimax, es poder brindar servicios de bandas ancha a costos relativamente bajos, en contraste con el despliegue de redes cableadas (cobre o fibra óptica), escenario que se presenta cuando la densidad de población es baja o existen usuarios dispersos, situación que ocurre mucho en zonas rurales.

1.2. ANTECEDENTES

Desde los inicios de la humanidad un tema fundamental con respecto al desarrollo y progreso de los pueblos ha sido la necesidad de comunicación. En los últimos años los avances de la tecnología han permitido contar con redes de telecomunicaciones de altas prestaciones y excelente rendimiento. Sin embargo, aún existen en el país sectores en donde no se tienen servicios de telecomunicaciones, lo que limita en cierta medida el desarrollo de los pueblos de manera integral.

El sitio Galayacu perteneciente a la parroquia Progreso, correspondiente al cantón Pasaje de la provincia de El Oro, cuenta con una población aproximada de 700 habitantes, la cual no ha visto satisfechas sus necesidades en cuanto a los servicios de telecomunicaciones prestados por las diferentes operadoras de telefonía fijas y móviles que se encuentran dentro del mercado ecuatoriano, razón por la cual dicho sector demanda de manera altiva a quien corresponda hacer valer sus derechos, de poder contar con servicios básicos de buena calidad y a costos razonables como lo es la telefonía fija, considerada un servicio básico como el agua y la electricidad. Cabe señalar que en la parte alta del sitio Galayacu, se tiene una ligera cobertura por parte de la operadora CLARO, subsidiaria del conglomerado América Móvil, representado en el país por CONECCEL S.A.; la cual consideran insuficiente los habitantes del sitio en cuestión. Además, el Artículo 24 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, establece: “Los prestadores de servicios de telecomunicaciones deberán asumir, de conformidad con los términos de sus respectivos títulos habilitantes, la provisión de servicios en las áreas rurales y urbano-marginales que abarca el territorio de su concesión”.

Por otro lado, dotar de servicios de telecomunicaciones a través de medios físicos en zonas rurales no es rentable ni factible económicamente, puesto que la cantidad de usuarios no justifica la inversión necesaria para brindar cobertura en dichas zonas.

Wimax es una especificación para redes metropolitanas inalámbricas de banda ancha que está asociado a los estándares 802.16x de la IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Inicialmente fue expuesta como una solución de última milla en redes metropolitanas MAN (*Metropolitan Area Network*) para prestar servicios de

telecomunicaciones a nivel comercial. En la actualidad con Wimax se desarrollan soluciones a la falta de servicios de telecomunicaciones en distintas áreas, como son en conjuntos residenciales, campus Universitarios, etc. Puede entregar todos los niveles de servicio necesarios para un operador.

En la provincia de El Oro solo se ha implementado la tecnología Wimax en la ciudad de Machala, a través de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, en el año 2009 y por Ecuadortelecom S.A. también subsidiaria del conglomerado América Móvil en el 2010, a nivel de zonas rurales no se ha implementado dicha tecnología en la provincia, y posiblemente en ninguna parte del país.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las operadoras del país tienen por obligación como parte del Plan de Servicio Universal, dar cobertura a zonas rurales del área de concesión de sus servicios (Plan de Servicio Universal). Caso contrario dicha concesión puede ser revertida. En el Ecuador existen algunas operadoras de telefonía fija como lo es el caso de Ecuadortelecom S.A., que en algún momento deberá ampliar su cobertura a zonas rurales para comenzar a cumplir con esta obligación. El sitio Galayacu carece del servicio de telefonía fija, lo cual no permite que los ciudadanos de este sector del país puedan contar con los servicios básicos mínimos para el “buen vivir” que profesa nuestra carta magna, a más de no permitir la interacción con el resto del mundo a través de las Telecomunicaciones, actividad necesaria para el desarrollo de los pueblos.

Los medios de transmisión que disponen las operadoras para dar solución a esta problemática son los medios guiados (cables) y no guiados (inalámbricos), sin embargo la opción más viable debido a la poca inversión y buen rendimiento que podría presentar la red sería el uso de medios no guiados. En este punto, el problema se presenta, en elegir una tecnología inalámbrica adecuada para este tipo de usuarios, como lo es la tecnología Wimax.

1.4. PROBLEMA

Carencia de telefonía fija en el sitio Galayacu.

1.5. OBJETO

Redes de telefonía.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. General

Diseñar una red Wimax que permita ofrecer el servicio de telefonía fija para los moradores del sitio Galayacu.

1.6.2. Específicos

1. Analizar la tecnología Wimax y caracterizar sus beneficios para servicios de telefonía fija en zonas rurales.
2. Elegir los equipos que se van a usar en el diseño de la red Wimax.
3. Diseñar una red Wimax que supla la necesidad del servicio de telefonía fija del sitio.
4. Diseñar una red Wimax que supla la necesidad de un operador como Ecuadortelecom S.A. de poder brindar telefonía fija en una zona rural para cumplir con el Plan de Servicio Universal.

1.7. CAMPO DE ACCIÓN

El campo de acción de la presente investigación son las redes inalámbricas, específicamente las de la tecnología Wimax, la cual brinda varias ventajas para brindar servicios de telecomunicaciones en zonas donde usuarios están dispersos o alejados, en la cual los medios cableados presentan varias limitantes.

1.8. IMPACTO SOCIAL

Al diseñar e implementar la red Wimax para dotar de telefonía fija al sector Galayacu se solucionaría la problemática de los pobladores del sitio, brindándoles un servicio económico y de calidad, en contraste a la parcial cobertura de telefonía móvil que se presenta en el sector. Además dicha solución estaría a la vanguardia tecnológica en el campo de servicios de telecomunicaciones en zonas rurales, siendo una de las pioneras a nivel nacional, lo cual dejaría sentado un precedente para la ampliación de coberturas a zonas rurales por parte de las operadoras telefónicas existentes en el país.

1.9. HIPÓTESIS

El diseño de una Red Wimax, permitirá dotar del servicio de telefonía fija al sitio Galayacu, con lo cual se mejora la calidad de vida de las personas que habitan en el sitio antes mencionado

1.10. RESULTADO

Diseño de una red Wimax para el servicio de telefonía fija, para el sitio Galayacu.

1.11. METODOLOGÍA

En el presente trabajo hemos utilizado los siguientes métodos de investigación:

- El método de análisis y síntesis, para analizar las diferentes marcas de equipos de redes Wimax y sus prestaciones, además los posibles tipos de configuraciones para determinar cuál sería el mejor diseño.
- El método de observación, para la formulación del problema, comprobación de la hipótesis y para predecir las tendencias sobre el servicio para el cual se diseñaría la red.
- El método estadístico, para organizar y clasificar los indicadores de la encuesta realizada a una muestra de pobladores del sitio Galayacu para determinar la cantidad de usuarios interesados en obtener el servicio.

CAPITULO 2: WIMAX

2.1. WIMAX

Es el acrónimo de *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (Interoperabilidad mundial para acceso por microonda), es un estándar de transmisión de datos que utilizan las ondas de radio en frecuencias que van desde los 2,3 hasta 3,5 GHz; en el Ecuador las frecuencias comunes para este tipo de tecnología comprenden desde los 3,0 a 3,5 GHz. Conocida como tecnología de última milla, permite la recepción de datos a través de microondas y la transmisión por ondas de radio.

El estándar sobre el cual se rigen sus normas y procedimiento se enmarca en el IEEE 802.16 de transmisión inalámbrica de datos que proporciona accesos concurrentes en áreas de hasta 50 Km con línea de vista LOS (*Line of Sight*) dependiendo de las condiciones de propagación y del modo de transmisión y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no implica tener línea de vista con la estación base. Una de las ventajas de dicha tecnología es la de brindar servicios de banda ancha en zonas donde la implementación de redes cableadas representan costos no sustentables debido a la baja densidad de población (zonas rurales).

Soporta la provisión simultánea de diferentes tipos de servicios como datos, acceso a Internet, datos, video y permite realizar transmisiones radioeléctricas en diferentes frecuencias, con licencia a 3,5 GHz y libre a 5,4 GHz, además de poder realizar comunicaciones punto a punto o punto multipunto.

El organismo que certifica el cumplimiento de interoperabilidad entre equipos de distintos fabricantes es el *Wimax Forum*. En Wimax se han dado dos enfoques, uno dedicado para acceso fijo, que es el que más desarrollo tiene en la actualidad y otro que habla de movilidad completa, aunque este no ha tenido gran desarrollo.

2.2. ESTÁNDARES WIMAX

El proyecto del estándar IEEE 802.16 se inició en 1988, pero, el trabajo principal se desarrolló entre los años 2000-2003, un estándar para una nueva tecnología inalámbrica de banda ancha, el objetivo del proyecto fue desarrollar un estándar aplicable en el

ámbito metropolitano para el acceso en banda ancha, inalámbrico, masivo y a los menores precios posibles.

Wimax engloba tres versiones del estándar IEEE802.16, cada una de ellas con sus propias características y campo de aplicación.

2.2.1. IEEE 802.16: Se publicó en abril del 2002 como un estándar orientado a conexión inalámbrica fija, en condiciones de línea de vista directa para la última milla. Se aplica a conexiones punto-multipunto, con antenas direccionales y sin movilidad. Esta versión del estándar se ha diseñado para bandas entre 10 GHz y 66 GHz. La capa MAC de 802.16 en cada estación base distribuye dinámicamente el ancho de banda disponible en los enlaces ascendente y descendente entre las estaciones de abonado mediante acceso múltiple por división en el tiempo.

2.2.2. IEEE 802.16a: Fue publicada en el 2003, siendo esta versión la que ha sido rápidamente adoptada como tecnología predominante en BWA (*Broadband Wireless Access*). Se aplica a conexiones inalámbricas en la banda de 2 a 11 GHz donde existen segmentos de banda que no requieren licencia de operación, las denominadas bandas de frecuencia no licenciadas. Normalmente se utilizan en conexiones punto-multipunto así como la posibilidad de redes de malla, y no se requiere línea de vista directa entre las estaciones de base y el equipo Terminal del cliente final.

2.2.3. IEEE 802.16e: Agrega movilidad posibilitando comunicaciones en vehículos moviéndose con una velocidad máxima de 130 Km/h. Esta norma trabaja en la banda 2-6 GHz tanto licenciado como no licenciado.

A pesar de que, incluso con la versión móvil 802.16.e, Wimax no se puede facilitar una cobertura tan amplia como la que proporciona las soluciones 2G/3G, la tecnología permite mayores velocidades y una cobertura suficiente que podría ser una alternativa o complemento a las redes celulares en ciertas zonas.

Un aspecto importante del 802.16x es que define una capa MAC (Medio Access Control) que soporta especificaciones de diferentes capas físicas. Esta característica

fundamental permite a los fabricantes de equipos diferenciarse sin dejar de ser interoperables.

2.2.4. IEEE 802.16m: Este es el nombre del nuevo estándar inalámbrico en el que la IEEE aprobó en 2011, también conocido como Wimax 2. Este nuevo estándar alcanza velocidades de transferencia de hasta 1 Gbps en modo "nómada" (movilidad restringida).

Ofrece una mejora de la calidad respecto a la tecnología actual basada en el estándar 802.16e, ya que tiene un modo de "alta movilidad" que permite tasas de hasta 100 Mbps. Con la nueva especificación se mantiene la compatibilidad con la tecnología Wimax anterior.

En la tabla 2.1 se muestra un breve resumen de la evolución de la tecnología Wimax.

Tabla 2.1: Evolución de estándares Wimax.

Estándar	Descripción
802.16	Utiliza espectro licenciado en el rango de 10 a 66 GHz, necesita línea de visión directa, con una capacidad de hasta 134 Mbps en celdas de 2 a 5 millas. Soporta calidad de servicio. Publicado en 2002
802.16a	Ampliación del estándar 802.16 hacia bandas de 2 a 11 GHz, con sistemas NLOS y LOS, y protocolo PTP y PTMP. Publicado en abril de 2003
802.16c	Ampliación del estándar 802.16 para definir las características y especificaciones en la banda de 10-66 GHz. Publicado en enero de 2003
802.16d	Revisión del 802.16 y 802.16a para añadir los perfiles aprobados por el Wimax Forum. Aprobado como 802.16-2004 en junio de 2004 (La última versión del estándar)
802.16e	Extensión del 802.16 que incluye la conexión de banda ancha nómada para elementos portátiles del estilo de los notebooks. Publicado en diciembre de 2005
802.16m	Extensión del 802.16 que entrega datos a velocidad de 1 Gbps en reposo y 100 Mbps en movimiento.

Fuente: (Autor)

2.3. CARACTERÍSTICAS DE WIMAX

Wimax es una solución de banda ancha inalámbrica que ofrece una gran cantidad de características con bastante flexibilidad en términos de opciones de despliegue y de servicios a ofrecer. Entre las que más destacan:

2.3.1. Capa física basada en OFDM: La modulación OFDM (*Orthogonal Frequency – Division Multiplexing*) presenta muchos beneficios que no presentan otras modulaciones previas a ésta, y permite que las redes inalámbricas transmitan eficientemente en pequeños anchos de banda. Esta modulación se caracteriza por dividir la señal de banda ancha en un número de señales de banda reducida. La modulación OFDM es un caso especial de modulación multiportadora, en donde múltiples datos son transmitidos de forma paralela utilizando diferentes subportadoras con banda de frecuencias solapadas ortogonalmente. Una característica de OFDM, es el superar los problemas de propagación que presenta el NLOS. Las señales OFDM tienen la ventaja de ser capaces de operar con retardos de la propagación en los entornos NLOS y de ser un esquema muy robusto frente al multitrayectorias, atenuaciones e interferencias. Además de tener la capacidad de poder operar con un retardo de ensanchamiento más grande en el ambiente NLOS. Una ventaja muy importante es que es más sencillo modular señales portadoras individuales OFDM que modular una simple portadora ensanchada.

2.3.2. Grandes picos de tasas de datos: Wimax es capaz de soportar elevados picos de tasa de datos. De hecho, las velocidades que puede alcanzar la capa física (PHY) llegan a ser de 74 Mbps cuando opera con un espectro de frecuencia de 20 MHz de ancho de canal. Comúnmente, cuando se usa un espectro de 10 MHz de ancho de canal con un esquema a razón de tres a uno en el canal de bajada y el de subida respectivamente, las velocidades que se alcanzan son de 25 Mbps para el enlace de bajada y de 6.7 Mbps para el enlace de subida. Estas velocidades de pico de datos son alcanzadas cuando se usa una codificación 64QAM (*Quadrature Amplitude Modulation* o Modulación de Amplitud en Cuadratura) con un índice de corrección de error de 5/6. Bajo condiciones buenas para la señal se podrían alcanzar velocidades mayores, así como usando múltiples antenas y multiplexación espacial.

2.3.3. Escalabilidad en el ancho de banda y la tasa de datos soportada: Wimax tiene una arquitectura de capa física escalable, lo que permite que la tasa de datos sea escalable con la disponibilidad de ancho de banda en los canales. Esta escalabilidad se soporta en el modo OFDMA, donde el tamaño de la FFT (Transformada Rápida de Fourier) debe estar basado en el ancho de banda disponible en el canal. Por ejemplo, un sistema Wimax debería usar una FFT de 128, 512 o 1024 subportadoras según el ancho

de banda del canal sea de 1.25 MHz, 5 MHz o 10 MHz respectivamente. Esta escalabilidad debe hacerse dinámicamente para soportar el *roaming* de usuarios a través de las diferentes redes que podrían tener anchos de banda diferentes.

2.3.4. AMC (*Adaptive Modulation and Coding* o **Modulación y codificación adaptativa):** Wimax soporta un número de esquemas de modulación y de mecanismos de corrección de errores (FEC) y permite que el esquema sea cambiado por usuario y por estructura básica, basada en las condiciones del canal como el SNR (*Signal to noise ratio*). AMC es un mecanismo efectivo para maximizar el caudal en un canal variable en el tiempo.

2.3.5. Retransmisiones en la capa de enlace: Para las conexiones que requieren una alta fiabilidad, Wimax soporta ARQ (*Automatic Retransmission Request*) protocolo utilizado para el control de errores en la transmisión de datos, garantizando la integridad de los mismos en la capa de enlace. Este protocolo requiere que los paquetes transmitidos sean asentidos por el receptor mediante un acuse de recibo (ACK); los paquetes que no son asentidos se consideran perdidos y se retransmiten.

2.3.6. Soporta multiplexaciones en tiempo (TDD) y en frecuencia (FDD): En los estándares IEEE 802.16d y 802.16e se soporta tanto TDD (*Time Division Duplex*) como FDD (*Frequency Division Duplex*), y permite un modo HD-FDD (*Half Duplex FDD*), lo que permite una implementación de bajo costo del sistema. En la mayoría de las implementaciones se usa TDD debido a sus ventajas:

- Flexibilidad al elegir la razón entre las velocidades del enlace de subida y el de bajada.
- Habilidad para explotar la reciprocidad del canal.
- Habilidad para implementarse en un espectro no pareado.
- Diseño del transductor menos complejo.
- Todos los perfiles Wimax están basados en TDD, excepto los dos fijados en 3.5 GHz.

2.3.7. Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA): El estándar del 802.16e (Wimax móvil) usa OFDMA, el cual es similar a OFDM puesto que divide la señal en múltiples subportadoras. OFDMA, sin embargo, va un paso más allá, agrupando subportadoras en subcanales. Una sola estación cliente del suscriptor podría usar todos los subcanales dentro del periodo de la transmisión, o los múltiples clientes podrían transmitir simultáneamente usando cada uno una porción del número total de subcanales.

2.3.8. Soporta técnicas avanzadas de antenas: Wimax permite el uso de técnicas basadas en múltiples antenas como *Beamforming*, codificación espacio-tiempo y multiplexación. Estos esquemas pueden ser usados para mejorar la capacidad total del sistema y su eficiencia espectral mediante el uso de múltiples antenas en el transmisor y/o receptor.

2.3.9. Soporta calidad de servicio QoS (*Quality of service*): La capa MAC (*Media Access Control*) de Wimax es orientada a conexión, diseñada para admitir una variedad de aplicaciones, incluyendo servicios multimedia y de voz. El sistema soporta tasas de bit constantes y tasas de bit variables, soporta flujos de tráfico en tiempo real, así como los que no lo son. Wimax está diseñado para soportar un gran número de usuarios, con múltiples conexiones por terminal, cada uno con sus propios requisitos de calidad del servicio.

2.3.10. Seguridad robusta: Wimax admite una fuerte encriptación usando AES (*Advanced Encryption Standard*) que es un esquema de cifrado por bloques, y tiene un protocolo robusto de privacidad y de gestión de claves. Además, el sistema ofrece una arquitectura muy flexible de autenticación basado en el protocolo EAP (*Extensible Authentication Protocol*), el cual permite una variedad de credenciales de usuarios, incluyendo esquemas de usuarios/*password*, certificados digitales y tarjetas inteligentes.

2.3.11. Soporta movilidad: La variante móvil de Wimax tiene un mecanismo para soportar traspasos seguros y ahorro de energía para alargar la duración de las baterías de los dispositivos portátiles. También se añaden mejoras en el nivel físico como una

estimación más frecuente del canal, subcanalización del enlace de subida, y control de energía.

2.3.12. Arquitectura basada en IP (Internet Protocol): El *Wimax Forum* ha definido una arquitectura de red basada en plataformas IP.

En la práctica, actualmente las redes Wimax se dividen en dos:

1. Wimax fija, bajo el protocolo 802.16d, que funciona mediante antenas fijas (similares a las de TV). En Europa trabaja en la banda de 3.5 GHz, con una velocidad máxima de 75 Mbps y un rango de hasta 10 Km.
2. Wimax móvil, bajo el protocolo 802.16e, que trabaja en la banda de 2 - 3 GHz, con una velocidad máxima de 30 Mbps y un rango de hasta 3.5 Km.

2.4. CAPA FÍSICA DE WIMAX

La capa física de Wimax se basa en la multiplexación por división ortogonal en frecuencia (OFDM). OFDM es un esquema de transmisión que nos permite la transmisión de datos de alta velocidad, video, y comunicaciones multimedia. Este esquema de transmisión es utilizado por muchos sistemas comerciales, tales como DSL (*Digital Subscriber Line*), wifi, DVB-H. OFDM es un esquema eficiente para transmisión de elevadas tasas de datos en entornos sin visión directa y con distorsión de multitrayectorias.

OFDM pertenece a una familia de esquemas de transmisión llamada modulación multiportadora, el cual se basa en la idea de dividir un determinado flujo de datos en varios flujos y modular cada flujo con portadoras distintas (llamadas subportadoras). Los esquemas de modulación multiportadora minimizan la interferencia intersímbolo (ISI) haciendo que la duración en el tiempo del símbolo transmitido sea lo suficientemente larga como para que el retraso introducido por el canal sea una insignificante fracción de la duración del símbolo.

2.4.1. Parámetros OFDM en Wimax: Las versiones fijas y móviles de Wimax tienen diferentes implementaciones de OFDM en la capa física PHY:

- 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 (*Fast Fourier Transform*) 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.
- Capa física Wimax móvil (OFDMA-PHY): El tamaño de la FFT puede variar entre 128 y 2048 subportadoras. Cuando el ancho de banda aumenta, el tamaño de la FFT también se ve incrementado para que el espaciado entre las subportadoras siempre sea 10.94 KHz, esto mantiene la duración del símbolo OFDM fijo y por tanto las capas superiores no se tienen que preocupar de esto. Un diseño escalable también mantiene los costos bajos. El espaciado de 10.94 KHz 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.

La tabla 2.2 muestra los parámetros relativos a OFDM para ambas capas físicas.

Tabla 2.2: Parámetros para capas físicas.

Parámetros	WiMAX Fijo OFDM-PHY	WiMAX Móvil 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 de 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 1.75 MHz, y 28/25 para múltiplos de 1.25 MHz, 1.5 MHz, 2 MHz 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			
# de símbolos OFDM en tramas de 5 ms	69	48			

Fuente: (Carmona, 2008)

2.4.2. Subcanales en OFDMA: En OFDMA se pueden dividir las subportadoras disponibles en varios grupos llamados subcanales. Wimax fijo basado en una capa física OFDM solamente permite una forma limitada de subcanalización en el enlace ascendente. El estándar define 16 subcanales, donde se pueden asignar 1, 2, 4, 8, o todos los conjuntos a una estación de abonado en el enlace ascendente.

La subcanalización del enlace ascendente en Wimax fijo permite a las estaciones de abonados transmitir utilizando solamente una fracción del ancho de banda que le asigna la estación base tal como se aprecia en la Figura 2.1, lo que proporciona mejoras económicas en el enlace que se pueden utilizar para aumentar el rendimiento y/o mejorar la duración de las baterías de las estaciones de abonado. Un factor de subcanalización de 1/16 proporciona una mejora de 12 dB en el enlace.

Sin embargo, la versión móvil de Wimax, cuya capa física está basada en OFDMA, permite subcanalizar tanto en el enlace ascendente como el enlace descendente, y aquí los subcanales forman la unidad mínima de recursos de frecuencia asignados por la estación base.

Por lo tanto, se pueden asignar subcanales diferentes a usuarios diferentes como un mecanismo de acceso múltiple. Este tipo de esquema de multiacceso se llama acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA) que da nombre a la capa física Wimax móvil. Se pueden constituir subcanales utilizando subportadoras contiguas o subportadoras distribuidas pseudo-aleatoriamente en el espectro de frecuencia. Los subcanales formados utilizando subportadoras distribuidas proporcionan más diversidad frecuencial, lo cual es especialmente útil para aplicaciones móviles.



Figura 2.1: Efecto de la subcanalización.

Fuente: (Carmona, 2008)

Wimax define varios esquemas de subcanalización basados en portadoras distribuidas tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente. El esquema de subcanalización Wimax basado en subportadoras contiguas se llama banda adaptativa de modulación y codificación (AMC). La diversidad de multiusuarios puede proporcionar una ganancia significativa en toda la capacidad del sistema, si el sistema procura proporcionar a cada usuario un subcanal que maximice su relación señal a ruido más interferencias (SINR). En general, la subcanalización basada en subportadoras contiguas es más apropiada para aplicación fijas o con poca movilidad.

2.4.3. Modulación y codificación: 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 tal como se puede apreciar en la Figura 2.2.

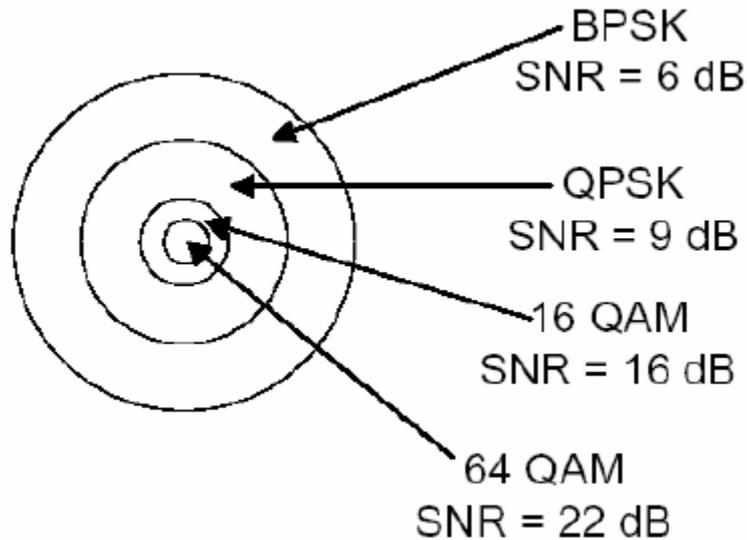


Figura 2.2: Modulación adaptativa al SNR.

Fuente: (Carmona, 2008)

Por tanto la modulación y codificación adaptativa incrementan significativamente la capacidad de todo el sistema, y permite la compensación en tiempo real entre la tasa de transferencia y la robustez de cada enlace. La Tabla 2.3 muestra una lista de varios esquemas de modulación y codificación soportados en Wimax. 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 es obligatoria si usamos códigos convolucionales. Un total de 52 combinaciones de esquemas de modulación y codificación están definidas en Wimax.

Tabla 2.3: Modulaciones y codificaciones en WiMAX.

	Downlink	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 OFDMPHY.	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.

Fuente: (Carmona, 2008)

2.5. CAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO EN WIMAX

La principal tarea de la capa MAC de Wimax es la de proporcionar una interfaz entre la capa de transporte y la capa física. La capa MAC toma los paquetes de la capa inmediatamente superior, estos paquetes se llaman *MAC Service Data Units* (MSDU), y los organiza dentro de los paquetes denominados *MAC Protocol Data Units* (MPDU) para transmitirlos por el aire. Para la recepción la capa MAC hace lo mismo pero en orden inverso.

Esta es la otra capa característica del protocolo IEEE 802.16, fue diseñado para accesos a las aplicaciones PTMP (Punto a MultiPunto) de banda ancha de muy alta tasa de datos y con una variedad de requisitos de calidad de servicios (QoS), por lo que está orientado a conexión.

Permite que el mismo terminal sea compartido por múltiples usuarios. Lo que hace flexible a este sistema es que maneja algoritmos que permiten que cientos de usuarios finales puedan tener distintos requisitos de ancho de banda y de retardo.

Esta capa también se encarga de manejar la necesidad de tener una tasa de bits alta, tanto para el enlace ascendente hacia la EB (Estación Base) como para el enlace descendente (desde la EB).

El sistema ha sido diseñado para incluir multiplexación por división del tiempo de voz y datos, protocolo de Internet (IP), y voz sobre IP (VoIP).

El protocolo IEEE 802.16, debe soportar los variados requisitos de conectividad, como el modo de transferencia asincrónico ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) y protocolos basados en paquetes.

La capa MAC que es la encargada de coordinar el acceso al medio está compuesta de 3 subcapas:

1. Subcapa MAC de convergencia (CS): Es la encargada de adaptar las unidades de datos de protocolos de alto nivel al formato MAC SDU y viceversa. Es decir se

encarga de transformar los datos de las redes externas y pasarlos a la subcapa MAC común convertidos en unidades de datos del servicio o SDU (*Service Data Units*), que son las unidades de datos que se transfieren entre capas adyacentes. Se encuentra sobre la subcapa MAC común y utiliza los servicios proveídos por ésta. También se encarga de clasificar las SDU de la MAC entrantes a las conexiones a las que pertenecen.

2. Subcapa MAC común (MAC CPS): Es el núcleo de la toda la capa MAC, provee los servicios de acceso al sistema, asignación de ancho de banda, establecimiento y mantenimiento de la conexión y se establecen las unidades de datos de protocolo o PDU (*Protocol Data Units*). También se encarga de hacer el intercambio de la unidad de servicios de datos de la capa MAC (SDU) con la capa de convergencia. Esta subcapa se encuentra fuertemente ligada con la capa de seguridad. En esta subcapa se prestan los servicios de planificación que representan los mecanismos de manipulación de datos soportados por el planificador de la MAC para el transporte de datos en una conexión, cada una de las cuales está asociada a un solo servicio de datos el cual a su vez, está asociado a unos parámetros de QoS que son quienes determinan su comportamiento. Existen cuatro tipos de servicios:
 - a. UGS (Concesión no Solicitada)
 - b. rtPS (*Polling* en tiempo real)
 - c. nrtPS (*Polling* no en tiempo real)
 - d. BE (Mejor Esfuerzo)

3. Subcapa MAC de seguridad: Presta los servicios de autenticación, intercambio seguro de claves y cifrado. Permite proveer a los usuarios un servicio de banda ancha seguro a través de su conexión fija mediante el cifrado de las conexiones, y al operador protegerse contra las conexiones no autorizadas forzando el cifrado. La subcapa de seguridad es la encargada de la autenticación, establecimiento de claves y encriptación. Es en el a donde se realiza el intercambio de los PDU de la MAC con la capa física.

2.5.1. Mecanismos de Acceso al medio: En Wimax, la capa MAC en la estación base es completamente responsable de asignar un ancho de banda a todos los usuarios tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente. La única vez en que la estación móvil tiene algún control sobre la asignación de ancho de banda es cuando tiene sesiones o conexiones múltiples con la estación base. En ese caso, la estación base asigna un ancho de banda a la estación móvil en conjunto, y depende de ésta última el repartirlo entre las conexiones múltiples que tiene. La estación base hace toda la demás planificación en el enlace ascendente y el descendente. Para el enlace descendente, la estación base puede asignar un ancho de banda a cada estación móvil, basado en las necesidades del tráfico entrante, sin implicar a la estación móvil. Sin embargo, para el enlace ascendente las asignaciones deben estar basadas en peticiones de la estación móvil.

El estándar Wimax contiene varios mecanismos por los que una estación móvil puede solicitar y obtener ancho de banda en el enlace ascendente. Según los parámetros de QoS y tráfico particulares asociados con un servicio, la estación móvil puede utilizar uno o más de estos mecanismos. La estación base asigna recursos dedicados o compartidos periódicamente a cada estación móvil, que puede utilizar para solicitar un ancho de banda. A este proceso se le llama *polling* o sondeo. Se puede hacer sondeo tanto individualmente (*unicast*) como en grupos (*multicast*). Se hace sondeo *multicast* cuando hay ancho de banda insuficiente para sondear a cada estación móvil individualmente. Cuando se haga sondeo *multicast*, la ranura asignada para hacer peticiones de ancho de banda es una ranura compartida, la cual cada estación móvil sondeada intenta usar. Por ello Wimax define un acceso por contienda y un mecanismo de resolución para cuando más de una estación móvil intente utilizar la ranura compartida. Si ya tiene una asignación para el tráfico a enviar, la estación móvil no se sondea. En su lugar se permite que solicite más ancho de banda mediante tres métodos: el primero es transmitiendo una petición de ancho de banda autónoma MPDU, el segundo método es enviando una petición de ancho de banda por el canal de extensión, o por último mediante la utilización de forma fraudulenta de un ancho de banda solicitado en paquetes MAC genéricos.

2.5.2. Calidad de Servicio (QoS): Una de las partes fundamentales en el diseño de la capa MAC es la QoS. Algunas de las ideas para el diseño de las técnicas de QoS en Wimax se sacan del estándar del cable módem DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*), consiguiendo un fuerte control de la QoS utilizando una arquitectura MAC orientada a conexión en la que la estación base controla todas las conexiones del enlace descendente y el ascendente. Antes de que ocurra cualquier transmisión de datos, la estación base y la estación móvil establecen un enlace lógico unidireccional entre las dos capas MAC llamado conexión.

Cada conexión se identifica mediante un identificador de conexión (CID), que sirve como una dirección temporal para transmisiones de datos sobre el enlace particular. Además de conexiones para transmisión de datos de usuario, la capa MAC de Wimax define tres conexiones administrativas: las conexiones básicas, las primarias y las secundarias. Wimax también define un concepto de flujo de servicio que es un flujo unidireccional de paquetes con un conjunto particular de parámetros de QoS e identificado por un identificador de flujo de servicio (SFID.) Los parámetros de QoS podrían incluir prioridad de tráfico, tasa máxima de tráfico sostenido, tasa máxima de ráfaga, tasa mínima tolerable, tipo de planificación, tipo de ARQ, retraso máximo, *jitter* tolerable, tamaño y tipo de unidad de datos, mecanismo a usar para la petición de ancho de banda, reglas para la formación de PDU, etc. El flujo de servicio debe ser provisionado por un sistema de administración de red o creado dinámicamente a través de mecanismos de señalización definidos en el estándar. La estación base es responsable de distribuir el SFID y mapearlo a un único CID. Los flujos de servicio pueden ser mapeados también a puntos de código de *DiffServ* o etiquetas de flujo de MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) para permitir QoS extremo a extremo basado en IP. Para soportar una amplia variedad de aplicaciones, Wimax define cinco servicios:

1. UGS (Servicio garantizado no solicitado o *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 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.

2. RtPS (Servicio de consulta en tiempo real o *Real-time Polling Service*): Este servicio está orientado al tráfico en tiempo real con tasa de transmisión variable, como el vídeo MPEG (*Moving Pictures Experts Group*). 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.
3. NRtPS (Servicio de consulta diferido o *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 (*File Transfer Protocol*). 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.
4. BE (Servicio de Mejor esfuerzo o *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.
5. ERT VR (Servicio extendido en tiempo real y tasa variable o *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.

En la tabla 2.4 se detalla un resumen de los tipos de QoS.

Tabla 2.4: Tipos de QoS.

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

Fuente: (Carmona, 2008)

Aunque no se defina el planificador, Wimax define varios parámetros y características que facilitan la implementación de un planificador efectivo:

- Soporte para una definición paramétrica detallada de requisitos de QoS y una variedad de mecanismos para señalar eficazmente el tráfico y los requisitos de QoS detallados en el enlace de subida.
- Soporte para asignación de recurso dinámica tridimensional en la capa de MAC. Los recursos pueden ser asignados en ranuras de tiempo (time slots), en frecuencia (subportadoras) y en espacio (antenas múltiples).
- Soporte de información de reacción rápida sobre la calidad del canal para permitir que el planificador seleccione la codificación y modulación apropiadas para cada asignación.

- Soporte permutaciones entre subportadoras contiguas, tal como AMC, que permiten el planificador explotar la diversidad de multiusuario asignando correspondientemente a cada abonado su subcanal más fuerte.

2.6. ARQUITECTURA DE RED WIMAX

El estándar IEEE 802.16e-2005 nos proporciona la interfaz aérea para Wimax pero no nos define la estructura de la red de un extremo a otro. El grupo de trabajo del foro Wimax es el responsable de desarrollar los requisitos de la estructura de la red, su arquitectura, y los protocolos para Wimax, usando el estándar 802.16e-2005 como interfaz aérea.

Este grupo de trabajo 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, nómadas, y móviles y un modelo de servicio basado en IP. En la Figura 2.3 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 se los puede apreciar en la Figura 2.3 y son:

1. EM (Estación Móvil o *Mobile Station*): Usado en el extremo de la red para que el usuario pueda acceder a la misma.
2. ASN (*Access Service Network*): Comprende una o más estaciones base y una o más pasarelas ASN para formar la red de acceso radio.
3. CSN (*Connectivity Service Network*): Provee conectividad IP con las funciones IP del núcleo de la red.

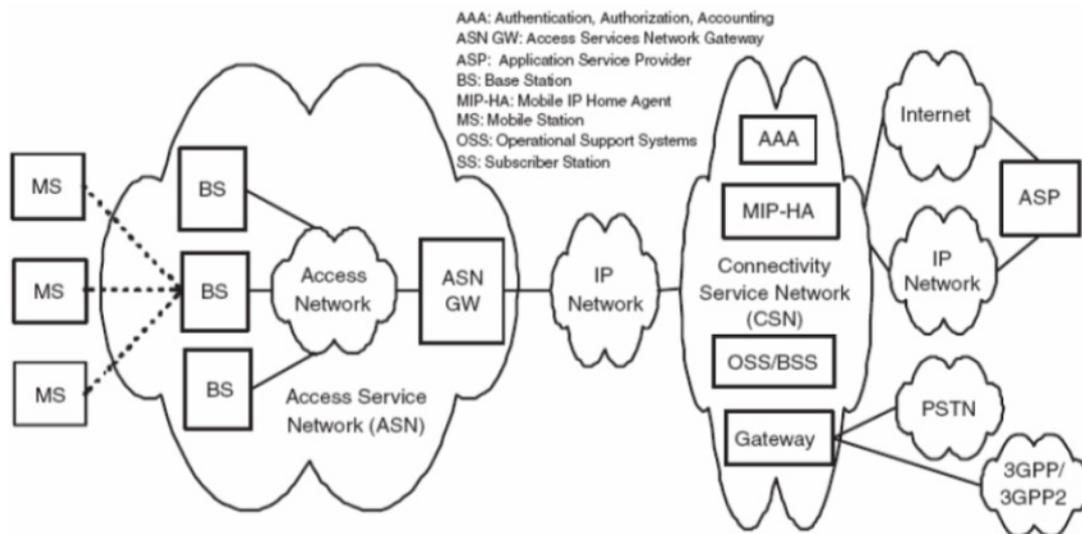


Figura 2.3: Estructura de una red Wimax basada en IP.

Fuente: (Carmona, 2008)

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):

1. Estación Base: La EB es responsable de proporcionar la interfaz de aire a la EM, una EB implementa la capa física y MAC tal como se define en el estándar IEEE 802.16. Entre sus funciones están las de gestión, tales como establecimiento del túnel, la gestión de recursos, la aplicación de la política de QoS, clasificación de tráfico, DHCP (*Dynamic Host Control Protocol*) proxy, gestión de claves, gestión de sesiones, y gestión de grupos *multicast*. La conectividad a múltiples ASN-GW (*Access Service Network Gateway* o Pasarela de Acceso al Servicio) debe ser requerida en el caso de carga balanceada o propósitos de redundancia.
2. Pasarela de Acceso al Servicio: 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 (ASN-GW) conecta las estaciones bajas de Wimax con la red de la base. Con una capacidad de hasta 256 EB 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 protocolo AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*), 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.

3. Servicio de Conexión a la red: 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:
 - a. Autorización de conexión de usuario en la capa de acceso 3.
 - b. Administración de la QoS.
 - c. Soporte de movilidad basado en *Mobile IP*.
 - d. Túnel (basado en protocolos IP) con otros equipos o redes.
 - e. Facturación de los suscriptores Wimax.
 - f. Servicios Wimax (acceso a Internet, servicios de localización, conexión de servicios *Peer-To-Peer*, aprovisionamiento, autorización y/o conexión a gestores de bases de datos).

Además de las entidades anteriores, el grupo de trabajo del *Wimax Forum* define varios puntos de referencia entre las distintas entidades que componen la arquitectura de esta red. 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) los cuales se pueden apreciar en la Figura 2.4:

1. R1: Punto de referencia de la interfaz radio entre la EM 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.
2. R2: Es la interfaz lógica entre la EM y el CSN. Contiene los protocolos y otros procedimientos implicados en la autenticación, servicios de autorización y administración de la configuración IP.
3. 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 túnel entre el ASN y el CSN.

4. R4: Punto de referencia que interconecta dos ASN (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 ASN/ASN-GW. Presenta interoperabilidad entre ASN de diferentes fabricantes.

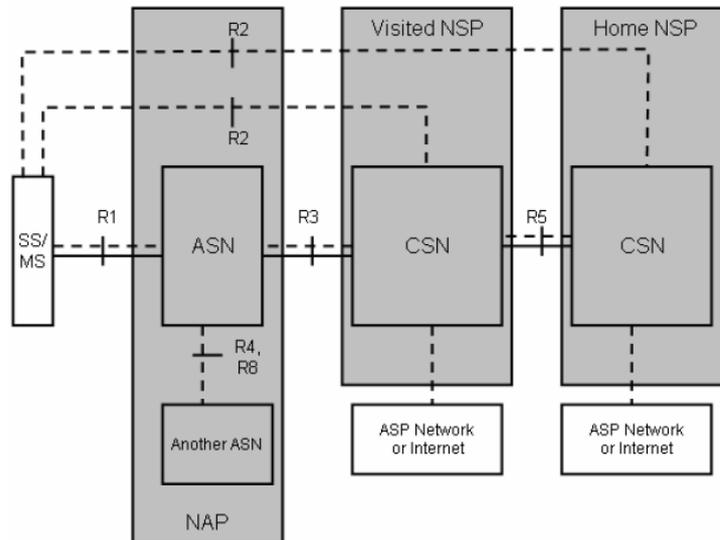


Figura 2.4: Puntos de referencia definidos por el Wimax Forum.

Fuente: (Carmona, 2008)

5. R5: Punto de referencia que interconecta dos CSN. 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.
6. R6: Es específico de algunos de los perfiles de ASN. En aquellos en los que el ASN se subdivide en EB 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 la EB y la ASN-GW. Transporta mensajes del plano de control y de datos.
7. R7: Es una interfaz lógica opcional entre funciones de decisión y aplicación en el ASN-GW.
8. 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.

2.7. ANTENAS

2.7.1. Antenas inteligentes o *Smart Antennas*: Son una de las mejores alternativas para lograr maximizar la eficiencia espectral. Proporcionan beneficios en términos de capacidad y funcionamiento respecto a las antenas estándares, ya que pueden adaptar su patrón de radiación para adecuarse a un tipo determinado de tráfico o a entornos difíciles.

Las primeras fueron diseñadas para el ejército, que se benefician del uso de haces directivos para ocultar las transmisiones a los enemigos. Estas primeras antenas requerían implementaciones de gran tamaño y una gran capacidad de procesado, lo que provocaba operaciones muy exigentes, con su correspondiente retardo por lo que no se difundió esta tecnología hasta la actualidad, con la llegada de los nuevos procesadores.

Hoy en día, estas antenas están siendo utilizadas en las principales redes inalámbricas. Actualmente, existen diferentes versiones que están disponibles o en desarrollo. Estas antenas están reemplazando equipamiento obsoleto en celdas ya existentes, permitiendo rendimientos superiores al 50% respecto al anterior, además de la facilidad de poder orientar el haz de la antena a las necesidades particulares, con las nuevas funcionalidades que pueden ser identificadas.

El procesamiento de señal de las antenas inteligentes se realiza en la estación base, utilizando un haz estrecho y configurable para cada usuario. En el caso de su utilización en redes 3G, se han obtenido pruebas que avalan un aumento en la capacidad en usuarios de hasta tres veces respecto a la capacidad original.

Estas antenas son una solución práctica y económica a alguno de los desafíos que presentaba la tecnología Wimax. Las condiciones del mercado han cambiado, dado que se ofrecen nuevos productos y servicios, que requieren un uso más eficiente del recurso radio.

Las antenas inteligentes mejoran su rendimiento mediante la combinación de las dimensiones espaciales de la antena con la dimensión temporal (*throughput*). Existen dos tipos básicos que son:

1. Arreglo de antenas de fase o de haces múltiples: Pueden usar un número de haces fijos escogiendo el más adecuado o con un haz enfocado hacia la señal deseada que se mueve con ella.
2. Arreglo de antenas adaptativas: Utilizan múltiples elementos de antena que gestionan la interferencia y ruido recogido con el objetivo de maximizar la recepción de la señal. El patrón del haz varía con el entorno del canal.

Para la formación del haz se utiliza un formador de haz (o *beamformer*), que es un filtro espacial que opera en la salida de un arreglo de sensores o transmisores con el objetivo de mejorar la amplitud de un frente de ondas coherente en relación al ruido de fondo. Esta mejora se basa en el carácter directivo de la señal, concentrando la mayor parte de la energía de la misma en una dirección. Esta dirección de apuntamiento recibe el nombre de MRA (*Maximum Response Angle*), que puede ser seleccionado por el usuario.

La formación de haz en el dominio del tiempo se realiza mediante el retardo y suma de un arreglo de transductores. Esta suma permite obtener haces más directivos que los convencionales, con la ventaja de poder escoger el ángulo. El retardo utilizado por cada transductor para un determinado ángulo deseado se determina por la geometría del arreglo, mediante proyecciones del ángulo sobre una determinada geometría.

2.7.2. Diversidad: Por diversidad entendemos el uso de varios receptores o técnicas de recepción de señales para aumentar la relación señal a ruido y tratar los problemas de pérdidas provocados por rebotes de señal asociados a entornos multitrayectorias. Las técnicas de diversidad proporcionan dos ventajas principales:

- La primera es la fiabilidad, ya que es la solución óptima para entornos con canales multitrayectorias, al tratar los efectos de los nulos que aparecen por la reflexiones. Así, diversos estudios afirman que se producen ganancias de diversidad del orden de 10 dB.

- La segunda es que la potencia media de señal recibida aumenta, con lo cual se produce una mejora respecto a los sistemas que no implementan este mecanismo.

En general se habla de tres tipos de diversidad: la espacial (basada en la utilización de múltiples antenas), la de polarización (donde las antenas trabajan con polarizaciones ortogonales) y, por último, la de patrón o ángulo (basadas en el uso de *beamforming* que vimos anteriormente).

Durante muchos años, se han utilizado técnicas de recepción basadas en diversidad espacial para mejorar el rendimiento. En las primeras instalaciones con diversidad típicamente se utilizaban dos antenas situadas a una distancia de diez longitudes de onda, por lo que para ciertos tipos de transmisiones las dimensiones del sistema de recepción eran considerables.

Estas técnicas se basaban en el criterio de que si se producían desvanecimientos de la señal en una de las antenas, este desvanecimiento no sería tan severo en la otra antena. Un combinador (o mezclador) de diversidad se utiliza para mezclar ambas señales (con algún método de compensación) o simplemente escogiendo la que disponía de mejor relación señal a ruido. En este caso, donde se limita a escoger una de las señales, recibe el nombre de diversidad conmutada, a diferencia de la diversidad combinada.

Desde finales de los años 90, los operadores han empezado a probar la utilización de técnicas de diversidad por polarización, en lugar de la diversidad espacial, ya que tiene unos costos estructurales menores. Se basa en el concepto de que para entornos con multitrayectorias la señal recibida tendrá diferentes polarizaciones, por lo que será posible aprovechar ese hecho. Así, un método de mejorar la recepción de la señal es utilizar dos antenas receptoras con polarizaciones ortogonales, que se pueden colocar juntas. La señal recogida por ambas se trataría como en el caso anterior, mediante una combinación o conmutación de las mismas.

Se estuvieron estudiando sistemas de diversidad por polarización, para el caso de la telefonía móvil de segunda generación, donde se generalizó el uso de esta técnica. En

estos análisis, se descubrió que en entornos semiurbanos la ganancia de la polarización vertical es mucho mayor que la horizontal, con lo que la ganancia de polarización es pequeña, basada en una selección conmutada de esa polarización. Mientras, en entornos urbanos, con gran presencia de multitrayectorias, la ganancia de la polarización combinada era cercana a los 7 dB.

Esta diversidad presenta varias ventajas, entre las que se encuentra el reducido tamaño de su estructura. Por el contrario, parece mostrarse sólo eficaz en entornos urbanos dominados por las multitrayectorias, mientras que para el resto de los entornos la diversidad espacial presenta mayores rendimientos.

En cuanto a las eficiencias de los métodos de selección de señales, varios estudios indican que las señales con mezcla digital producen más calidad que las que tienen mezcla analógica. La diferencia entre mezcla analógica y digital reside en que en la primera las señales se sincronizan y se ponderan directamente, mientras que en la mezcla digital se basa en la modulación OFDM, donde la transmisión se realiza en múltiples frecuencias y señales, realizando ponderaciones por subportadoras.

2.8. WIMAX FORUM: IMPULSORES DETRÁS DE WIMAX

El *Wimax Forum* es una organización sin ánimo de lucro que encabeza la industria, creada para certificar y promover la compatibilidad e interoperabilidad de productos inalámbricos de banda ancha basados en los estándares armonizados IEEE 802.16 y ETSI HiperMAN, y cuyo principal objetivo es acelerar la introducción de estos sistemas en el mercado. Está constituido por un consorcio de empresas (inicialmente 67 y a día de hoy más de 500) dedicadas a diseñar los parámetros y estándares de esta tecnología y a estudiar, analizar y probar los desarrollos implementados. Algunas de las empresas y organismos más relevantes que inicialmente se agruparon para crear esta organización fueron Airspan, Alvarion, Andrew Corp., Aperto, Atheros, China Motion Telecom, *Compliance Certification Services*, *Ensemble Communications*, Fujitsu, Intel News IQ, Nokia, *OFDM Forum*, etc.

En el núcleo de este consorcio está el compromiso de definir estándares y lograr soluciones interoperables, plasmado con el programa de certificación *Wimax Forum*

Certified. Este programa comenzó a mediados de 2005, con el anuncio de los primeros equipos certificados en enero de 2006. Hasta mayo de 2008, se habían certificado 42 productos y posteriormente se anunciaron nuevas certificaciones. Los productos *Wimax Forum Certified* son totalmente interoperables y soportan servicios de banda ancha fijos, portátiles y móviles, y han sido probados para mostrar que cumplen con los estándares y que son interoperables con equipos de otros fabricantes. Los desarrolladores de red pueden comprar con seguridad equipamiento certificado sin llevar a cabo más pruebas, seguros de que las futuras versiones de los equipos serán compatibles hacia atrás con el equipamiento que han desplegado con anterioridad. Además, *Wimax Forum* trabaja muy cerca con proveedores de servicio y reguladores para asegurar que los sistemas *Wimax Forum Certified* responden a las necesidades de los usuarios y de los gobiernos.

El proceso de certificación empleado por el *Wimax Forum* a la hora de certificar equipos con la marca Wimax se muestra en la Figura 2.5.

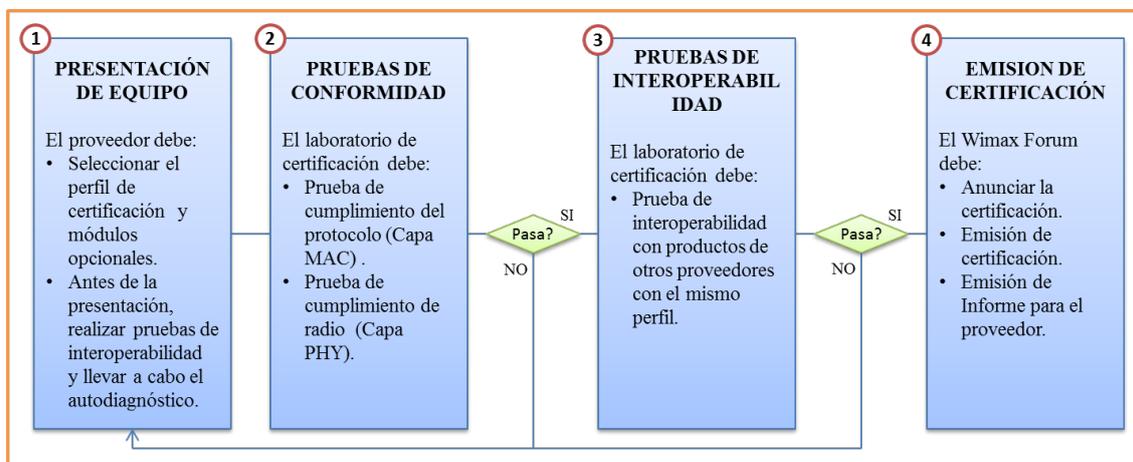


Figura 2.5: Proceso de certificación de equipos Wimax.

Fuente: (Carmona, 2008)

Actualmente existen 4 empresas capaces de certificar terminales y equipos Wimax: tres en Asia y una en Europa, más concretamente en Málaga.

CAPITULO 3: DISEÑO DE RED, INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

3.1. INTRODUCCIÓN

El presente diseño a plantearse es una opción de implementación de una Red Wimax para brindar del servicio de telefonía fija en el sitio Galayacú, que podría usar una empresa como Ecuadortelecom S.A. para poder cumplir con los requerimientos legales exigidos en su contrato de concesión de ampliar su cobertura a zonas rurales, una vez que los órganos de control pidan que se cumpla este requerimiento. Adicional a lo antes expuesto Ecuadortelecom S.A. tiene la ventaja técnica de que a 4 Km del sitio Galayacu hay una estación base celular de Conecel S.A. (empresa que también pertenece al Grupo América Móvil al igual que Ecuadortelecom S.A.), a través de la cual podría alquilar e instalar enlaces para conectar la estación base Wimax que se propone en este diseño con sus instalaciones en la ciudad de Machala o Guayaquil.

3.2. ARQUITECTURA

La arquitectura a utilizarse en esta red Wimax será la PTMP (Punto a Multipunto), es decir la telefonía llegará a cada abonado a través de una estación móvil o CPE (*Customer Premises Equipment* o Equipo Local del Cliente) en su casa, conectado inalámbricamente a la estación base Galayacu. Dicha estación base brindará cobertura a través de dos antenas de polarización dual en un solo sector con una configuración de cuarto orden de diversidad tal como se puede apreciar en la Figura 3.1, con 120° de cobertura la cual es suficiente para cubrir la zona, se utilizará un plan de reutilización de frecuencia de 1 ya que solo se usará un sector.

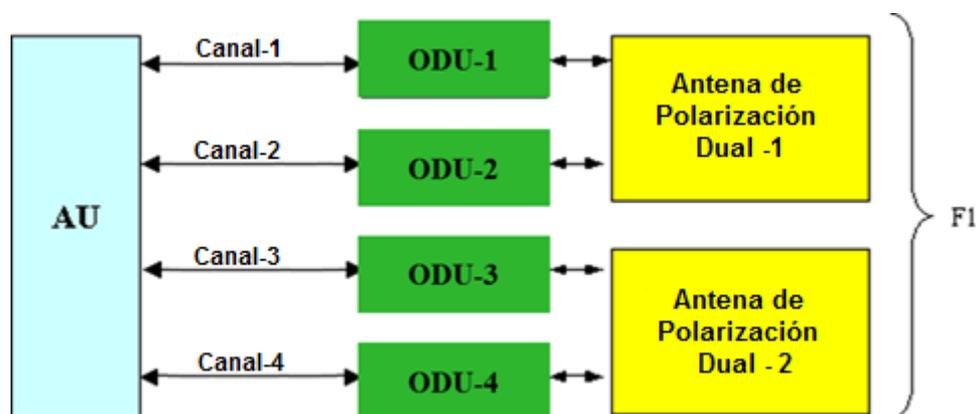


Figura 3.1: Configuración de Antenas en Cuarto Orden de Diversidad.

Fuente: (Alvarion, 2011)

La estación base se conectará a través de un radioenlace a la estación base celular Casacay y desde ahí se conectará con un enlace que le proveerá Conecel S.A. a través de su red hasta las instalaciones de Machala, tal como se observa en la Figura 3.2.

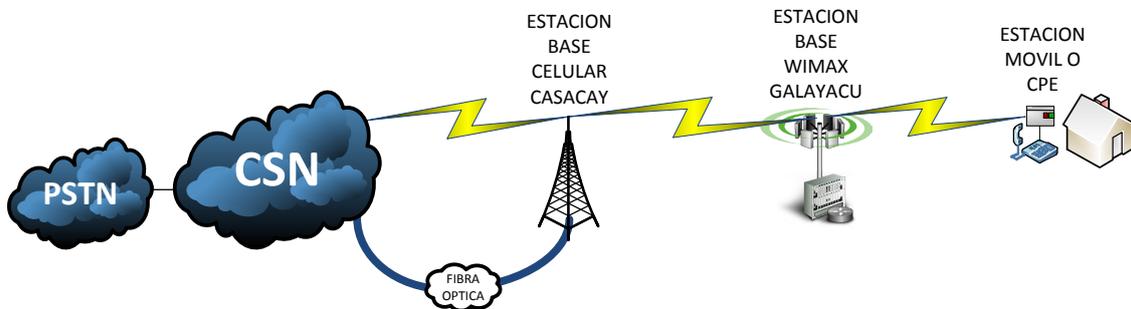


Figura 3.2: Diseño de la Red Wimax.

Fuente: (Autor)

La banda con la que operara la estación base Wimax será la de 3,5 GHz, la cual es licenciada y fue concesionada a Ecuadortelecom S.A. años atrás, por lo que puede ser controlada ya que solo el operador asignado puede utilizarla.

La red se basará en el estándar IEEE 802.16a, protocolo que permite conexión inalámbrica fija punto a multipunto entre la estación base y los CPE, que es lo necesario y óptimo para este caso, y además permite que dicha conexión sea con LOS (Línea de vista) o con NLOS (Sin línea de vista). Utilizará la tecnología OFDM (*Orthogonal Frequency – Division Multiplexing*) y el duplexamiento lo realizará por TDD (*Time Division Duplex*).

Se utilizará una de las frecuencias dentro del bloque C' (3550-3575 MHz) que es el que tiene asignado Ecuadortelecom S.A con un ancho de banda de 5 MHz., y se aprovechará la modulación adaptativa de Wimax que va desde BPSK hasta QAM64, pero priorizando que los CPE queden operativos con QAM64, todo esto para que en caso de que existan futuras ampliaciones o innovaciones de servicios como internet, dicho ancho de banda y modulación permitan la mayor velocidad de transferencia de datos posible usando menos recursos espectrales.

El radio de cobertura del sector de la estación base será de 1 km, el área de cobertura total será de alrededor de 1 km². En la Figura 3.3 se puede apreciar la cobertura y ubicación de la estación base Wimax.



Figura 3.3: Ubicación y cobertura de la Estación Base Wimax.

Fuente: (Autor)

3.3. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

3.3.1. Gabinete externo

Para la colocación de la estación base Wimax se decidió ubicarla dentro de un gabinete exterior o *shelter outdoor*, ya que su instalación e implementación es mucho más rápida y práctica que construir e implementar un cuarto de cemento y ladrillos. Se escogió un gabinete Marca *Knurr* modelo *Tecoras Outdoor* de 2 metros de altura y una base de 67 x 80 centímetros con dos compartimientos con sus respectivas puertas con seguridad independientes tal como se puede apreciar en la Figura 3.4, uno inferior para el banco de baterías y uno superior con aire acondicionado para la estación base y demás equipos de telecomunicaciones y de fuerza necesarios para el funcionamiento de dicha estación.

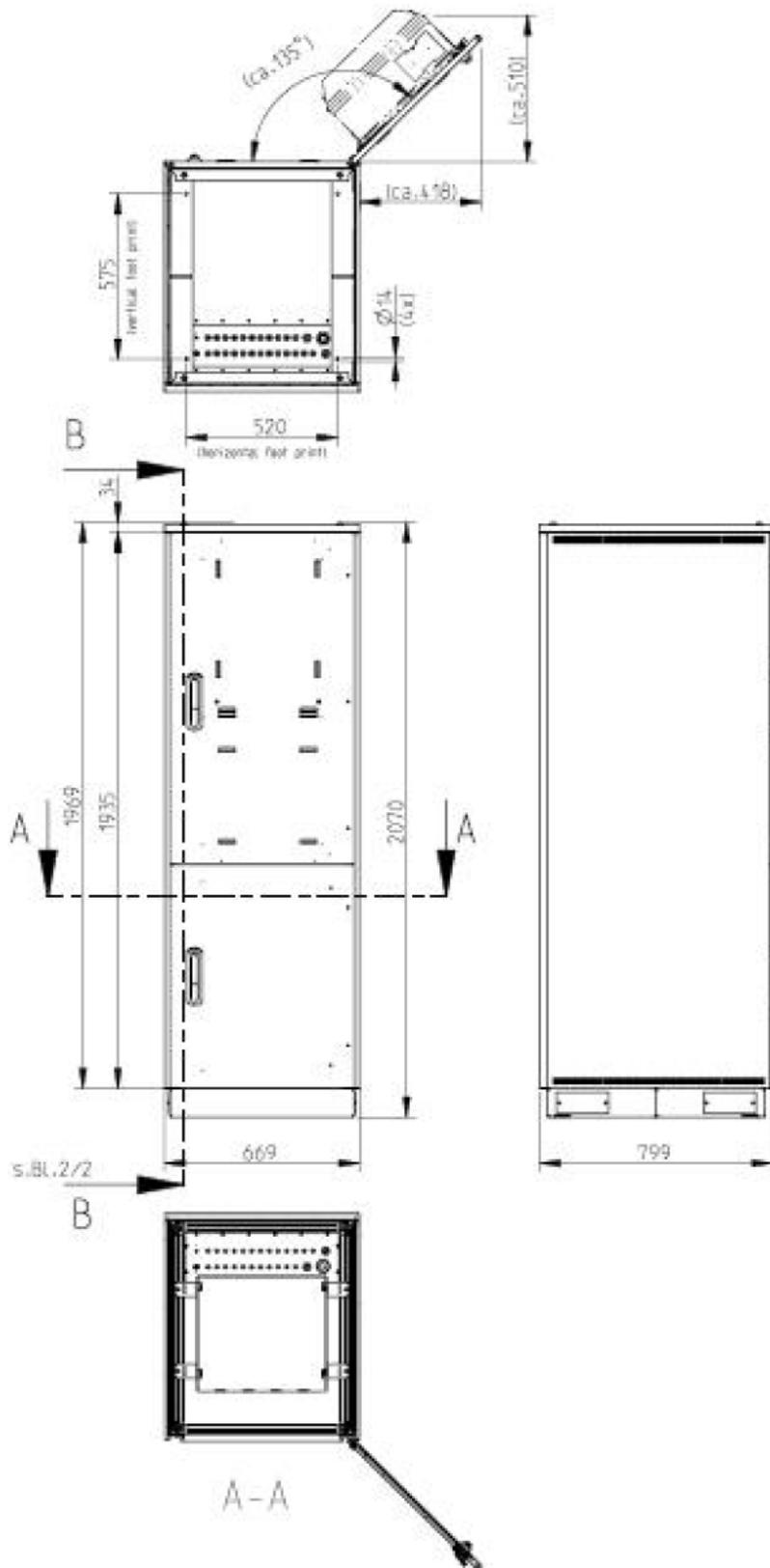


Figura 3.4: Vista externa del gabinete escogido.

Fuente: (Knurr, 2008)

El compartimiento inferior dispone de dos bandejas como la de la Figura 3.5 para instalar hasta dos bancos de baterías y un sensor de apertura de puerta para poder monitorear la apertura de dicha puerta con una alarma de contacto seco tal como se puede apreciar en la Figura 3.6.

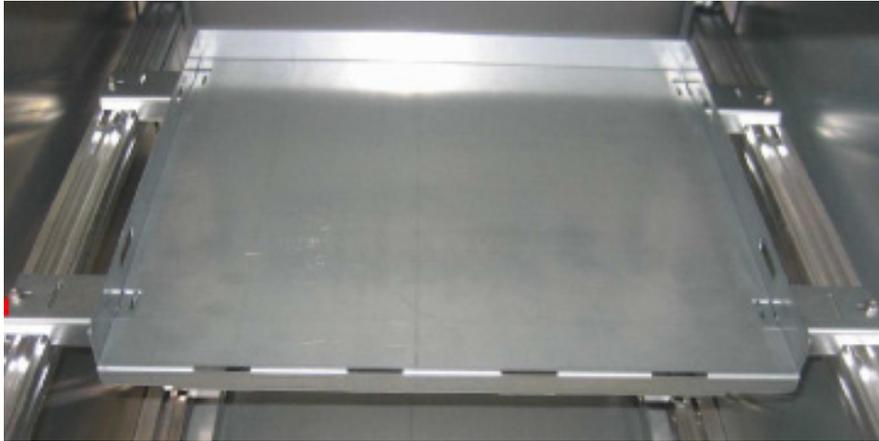


Figura 3.5: Vista de bandeja para banco de baterías.

Fuente: (Autor)



Figura 3.6: Sensor de apertura de puerta.

Fuente: (Autor)

El compartimiento superior contiene un bastidor interno o *rack* para la instalación de la estación base, *switch*, banco de rectificadores, *breakers* y demás equipos, los cuales estarán con temperatura controlada gracias a un aire acondicionado marca *Knurr* de 5000 BTU instalado en su puerta con sensor para poder ser configurada la temperatura a la cual funcionar o alarmarse. Cuenta con una regleta o extensión eléctrica y una lámpara interna para facilitar el trabajo de revisión de los equipos en caso de ser

necesario. Además también posee un sensor de apertura de puerta y de humo como se aprecia en la Figura 3.7 para poder monitorear la apertura de dicha puerta o la presencia de humo con una alarma de contacto seco.



Figura 3.7: Linterna y sensor de humo del gabinete.

Fuente: (Autor)

Además de los dos compartimientos el gabinete posee una base de 10 centímetros de altura con cuatro tapas como se observa en la figura 3.8, por donde se pueden asegurar los cuatro pernos para anclar el gabinete y permitir el ingreso de todo el cableado al gabinete.

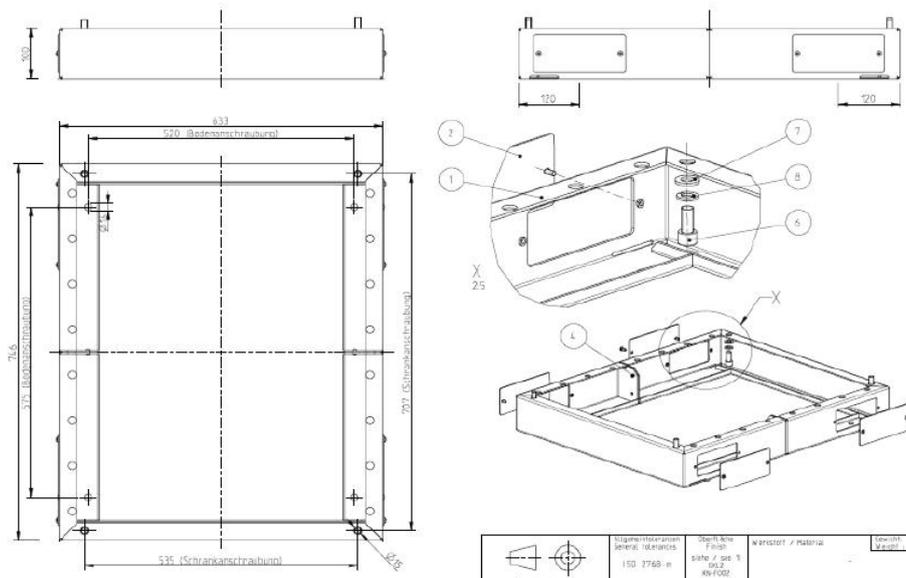


Figura 3.8: Base del gabinete.

Fuente: (Knurr, 2008)

Para su correcta instalación se debe anclar el gabinete sobre una base de concreto de 20 centímetros de alto, dos metros de largo y 1 metro de ancho, que tenga una cubierta de dos metros y medio de alto, ya que con esto se tendría diversas prestaciones entre ellas:

1. El gabinete estaría elevado por encima del suelo lo que evitaría que entre agua cuando llueve.
2. No recibiría directamente la inclemencia del tiempo como sol y lluvia.
3. Permitiría trabajar al encargado de los equipos en caso de presentarse una alarma o problema en los equipos durante una lluvia.

En la Figura 3.9 se puede observar al gabinete con las puertas de los compartimientos cerradas y abiertas.



Figura 3.9: Vista exterior del gabinete abierto y cerrado.

Fuente: (Autor)

3.3.2. Estación Base

Para el presente diseño de red Wimax se ha escogido la micro estación base *BreezeMax* de *Alvarion*, que es una solución práctica para este caso, ya que a pesar de que es una estación base pequeña que ocupa solo una unidad *rack*, posee 4 canales los cuales son suficientes para dar servicio con un solo sector de 120° de cobertura con un cuarto orden de diversidad, tal como se necesita en el presente diseño.

Utiliza duplexamiento TDD y tecnología de radio OFDM que es robusta en condiciones adversas, y en conjunto con una configuración de cuarto orden de diversidad permiten enlaces punto a multipunto sin línea de vista, lo que mejora la cobertura y permite una alta eficiencia espectral. Además es compatible con una amplia gama de servicios de red como el internet, redes privadas virtuales o telefonía IP, a través de múltiples clasificadores que pueden ser utilizados para generar varios perfiles de QoS que permiten ofrecer diferentes perfiles de servicios, lo cual sería una ventaja para el crecimiento en caso de que se quiera ampliar los servicios que preste la micro estación base en un futuro.

La micro estación base de Alvarion como la que se puede observar en la Figura 3.10 está diseñada para brindar una alternativa a una estación base normal a través de una solución de bajo costo para lugares donde el número de abonados es limitado y solo se necesita uno o dos sectores de cobertura como lo es nuestro caso. Utiliza las mismas ODU (*Outdoor Units* o Unidades Externas) que una estación base normal, lo que protege la inversión inicial en caso de presentarse una necesidad de expansión de clientes y se necesite migrar de una micro a una estación base normal.



Figura 3.10: Micro Estación Base de Alvarion.

Fuente: (Alvarion, 2011)

La micro estación base proporciona las funcionalidades de una estación base completa, dichas funcionalidades son similares a las funcionalidades combinadas de los módulos de una estación base completa pero combinadas solo en una micro estación base con una unidad *rack* de espacio contra las 8 unidades *rack* que ocupa una estación base normal, como se puede apreciar en la Figura 3.11 en la que se observan varios equipos de *Alvarion* entre ellos ambas estaciones base en mención.



Figura 3.11: Comparación de tamaño entre equipos de Alvarion.

Fuente: (Alvarion, 2011)

En la figura 3.12 se puede observar los diferentes puertos y conectores *led* de la micro estación base y en la tabla 3.1 el detalle y funcionalidad de los mismos.

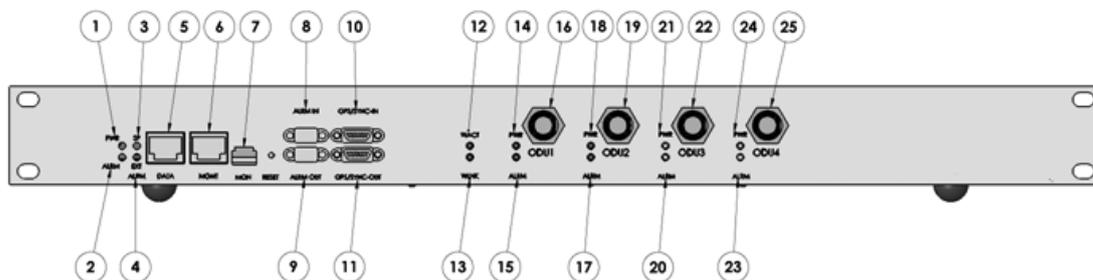


Figura 3.12: Puertos e indicadores de la Micro Estación Base Alvarion.

Fuente: (Alvarion, 2011)

Tabla 3.1: Detalle de puertos e indicadores de la Micro Estación Base Alvarion.

Nombre del conector	Tipo	Funcionalidad
DATA (5)	10/100Base-T (RJ-45) con 2 led incluidos.	Conexión a la red troncal. La conexión del cable a un hub, switch o un router: Directo.
MGMT (6)	10/100Base-T (RJ-45) con 2 led incluidos.	Conexión a la gestión OOB. Conexión con cable a un PC: Cruzado. Conexión con cable a un hub, switch o un router: Directo.
MON (7)	Conector de bajo perfil de 3 pines.	Acceso para la depuración y configuración utilizando el programa de monitoreo.
ALRM IN (8)	Micro conector tipo D de 9 pines.	No se utiliza actualmente. Conexiones a los indicadores externos de alarma (3 entradas de alarmas, NC o NO).
ALRM OUT (9)	Micro conector tipo D de 9 pines.	No se utiliza actualmente. Conexiones para la activación de dispositivos externos (4 pares de contactos secos).
GPS/SYNC IN (10)	Micro conector tipo D de 15 pines.	Conexión a un adaptador GPS (o de otra micro estación base) que suministra señales de sincronización.
GPS/SYNC OUT (11)	Micro conector tipo D de 15 pines.	Suministro de señales de sincronización a otra unidad.
ODU 1 (16), ODU 2 (19), ODU 3 (22), ODU 4 (25)	4 conectores TNC.	Conexiones IF con las ODU.
Nombre del indicador	Descripción	Funcionalidad
PWR (1)	Indicador de poder.	<ul style="list-style-type: none"> • Off – Micro estación base apagada. • Rojo – Falla de entrada de poder. • Verde – Micro estación base encendida.
ALRM (2)	Indicador de alarma de la micro estación base.	<ul style="list-style-type: none"> • Off – Micro estación base sin alarma. • Rojo – Micro estación base alarmada.
SP (3)	Disponibilidad.	No usado.
EXT ALRM (4)	Indicador de alarma externa.	Rojo – Alarma externa (recibida por el puerto ALRM IN). No aplica.
WACT (12)	Indicador de transmisión de las IDU.	<ul style="list-style-type: none"> • Off – No hay transmisión en la IDU. • Verde – Transmisión de la IDU Ok.
WLINK (13)	Indicador de estado del enlace inalámbrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Off – SU no asociados. Verde – Al menos una SU asociada.
ODU 1 PWR (14) ODU 2 PWR (16) ODU 3 PWR (21) ODU 4 PWR (24)	Indicador de poder de la IDU a la ODU.	<ul style="list-style-type: none"> • Off – Sin poder de salida de IDU a ODU. • Rojo – Fallo de poder de salida de IDU a ODU. • Verde – Poder de salida de IDU a ODU Ok
ODU 1 ALRM (15) ODU 2 ALRM (17) ODU 3 ALRM (20) ODU 4 ALRM (23)	Estado de comunicación entre IDU y ODU.	<ul style="list-style-type: none"> • Off – Comunicación entre IDU y ODU Ok. • Verde – Fallo de comunicación entre IDU y ODU.

Fuente: (Alvarion, 2011)

Esta micro estación base conecta a través de IF (Frecuencia Intermedia) por cables coaxiales sus cuatro canales a las ODU (*Outdoor Units* o Unidades Externas), dichos cables transportan datos bidireccionales, voltaje (-48 VDC), señales de gestión, control y sincronización entre las unidades externas y la micro estación base. La frecuencia intermedia de transmisión es 240 MHz, la de recepción 140 MHz, la de control bidireccional 14 MHz y la de sincronización 64 MHz. tal como se puede apreciar en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Comunicación entre la micro estación base y las unidades externas.

Ítem	Descripción
Frecuencia Intermedia	Tx: 240 MHz, Rx: 140 Mhz.
Frecuencia de sincronización	64 Mhz.
Frecuencia de control bidireccional	14 MHz.
Impedancia de cable IF	50 Ohm.
Atenuación máxima de cable IF	10 dB @ 240 MHz, 7.5 dB @140 MHz, 8 dB @ 64 MHz.
Efectividad mínima del blindaje del cable IF	90 dB en la banda de 10-300 MHz.
Perdida de retorno máxima del cable IF	20 dB en la banda de 10-300 MHz.
Resistencia máxima DC del cable IF	1.5 Ohm.

Fuente: (Alvarion, 2011)

Las ODU realizan la conversión entre la señal IF a la señal RF (Radio frecuencia) que necesitan las antenas, las ODU de Alvarion que se usarían son las de banda 3.5 B según los rangos de frecuencia indicados en la Tabla 3.3, ya que son las que funcionan con frecuencias entre 3550 y 3575 MHz, dichas frecuencias son las del bloque C' que tiene asignado Ecuadortelecom.

Tabla 3.3: Rangos de frecuencia de ODU según su banda de operación.

BANDA	RANGO DE FRECUENCIA	RESOLUCIÓN
2.3 (WCS)	2305 - 2315, 2350 - 2360	125 KHz
2.3 (WCS) Ext	2305 - 2317, 2348 - 2360	125 KHz
2.3	2300-2360 MHz	125 KHz
2.5 A	2496-2602 MHz	125 KHz
2.5 B	2590-2690 MHz	125 KHz
3.3 A	3300-3355 MHz	125 KHz
3.3 B	3345-3400 MHz	125 KHz
3.4 A	3399.5-3455 MHz	125 KHz
3.4 B	3445-3500 MHz	125 KHz
3.5 A	3500-3555 MHz	125 KHz
3.5 B	3545-3600 MHz	125 KHz

Fuente: (Alvarion, 2011)

En la figura 3.13 se puede apreciar la vista lateral de una ODU Alvarion.



Figura 3.13: ODU Alvarion.

Fuente: (Alvarion, 2011)

En la Figura 3.14 se pueden observar los diferentes puertos y e indicadores *led* que poseen las ODU Alvarion, y en la Tabla 3.4 el detalle de los mismos.

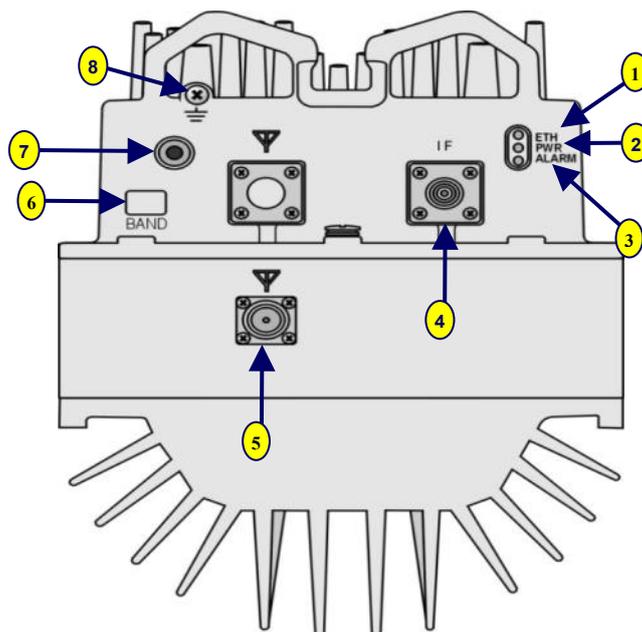


Figura 3.14: Puertos e indicadores de una ODU Alvarion.

Fuente: (Alvarion, 2011)

Tabla 3.4: Detalle de puertos e indicadores de una ODU Alvarion.

#	ETIQUETA	FUNCIÓN
1	LED ETH	Cuando está encendido – al menos una SU está asociada
2	LED PWR	Cuando está encendido – la AU-ODU está encendida
3	LED ALARM	Cuando está encendido – fallo de la AU-ODU
4	Conector IF	Conector TNC para la conexión IF por cable a la AU-IDU
5	-	Conector tipo-N para conectar la antena
6	Etiqueta BAND	Un adhesivo que indica la banda de la AU-ODU (sea A o B)
7	-	Tornillo de prueba de impermeabilidad, sólo para uso interno. La apertura de este tornillo puede estropear el sellado de la unidad contra la humedad.
8	-	Tornillo a tierra

Fuente: (Alvarion, 2011)

Las antenas inteligentes que se usarían como la de la Figura 3.15 tienen 65° de azimut y $7^\circ \pm 2^\circ$ de inclinación y funcionan con un rango de frecuencia de 3.3 a 3.8 GHz, son de doble polarización de $\pm 45^\circ$ con una ganancia mínima de 16.5 dBi, y tiene entradas con conectores tipo N de 50Ω de impedancia y 50 W de potencia máxima tal como se puede observar en las características eléctricas de la antena detalladas en la Tabla 3.5.



Figura 3.15: Antena de doble polarización Alvarion.

Fuente: (Alvarion, 2011)

Tabla 3.5: Especificaciones eléctricas de antena de doble polarización Alvarion.

Ítem	Descripción
Rango de frecuencia	3.3 – 3.8 GHz
Ganancia	16.5 dBi (mínimo)
VSWR	1.5:1 (máximo)
Ángulo Azimuth	65°
Polarización	Dual $\pm 45^\circ$
Ángulo de elevación	$7^\circ \pm 2^\circ$
Aislamiento entre puertos	>25 dB
Polarización Cruzada	ESTI EN 302 085 clase CS2
Radio F/B	ESTI EN 302 085 clase CS2
Impedancia de entrada	50 Ohm
Potencia de entrada	50 W (máximo)
Protección de rayos	DC aterrizado

Fuente: (Alvarion, 2011)

Como ha sido detallado anteriormente la configuración de los canales será de cuarto orden de diversidad, la cual permitirá que el sector dé cobertura con 4 unidades externas utilizando 2 antenas inclinadas de doble polarización. Los canales estarían emparejados, los canales 1 y 2 forman un par, los canales 3 y 4 forman el segundo par, las dos unidades externas conectadas a cada par estarán conectadas a la misma antena de doble polarización. La misma frecuencia y potencia de transmisión se configurarían a las cuatro unidades externas tal como se puede apreciar en la Figura 3.16.

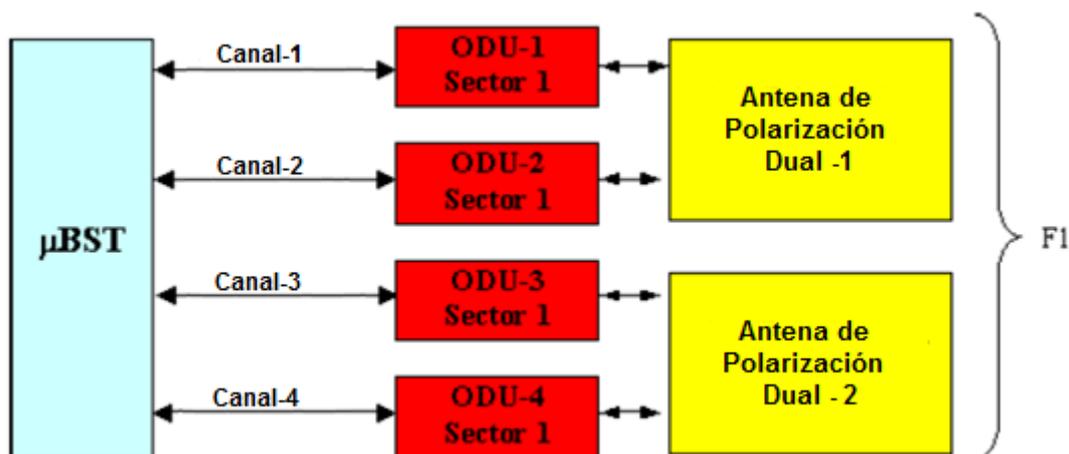


Figura 3.16: Configuración de Cuarto Orden de Diversidad.

Fuente: (Alvarion, 2011)

En la tabla 3.6 se adjuntan las especificaciones de radio del proveedor de la micro estación base.

Tabla 3.6: Radio especificaciones de la micro estación base.

Ítem	Descripción			
Rango de Frecuencia	Unidad / Banda		Frecuencia (MHz)	
	AU-ODU-HP-2.3		2300 – 2360	
	AU-ODU-HP-2.3-WCS		2305 – 2317, 2348 – 2360	
	AU-ODU-HP-2.5-A		2496 - 2602	
	AU-ODU-HP-2.5-B		2590 – 2690	
	AU-ODU-HP-TDD-3.3a		3300 – 3355	
	AU-ODU-HP-TDD-3.3b		3345 – 3400	
	AU-ODU-HP-TDD-3.4a		3399.5 – 3455	
	AU-ODU-HP-TDD-3.4b		3445 – 3500	
	AU-ODU-HP-TDD-3.5a		3500 – 3555	
	AU-ODU-HP-TDD-3.5b		3545 – 3600	
Modo de operación	TDD			
Ancho de banda del canal	<ul style="list-style-type: none"> • 3.5 MHz • 5 MHz 			
Resolución de frecuencia central	0.125 MHz			
Puerto de Antena (AU-ODU)	Tipo N, 50 Ohm			
Potencia de entrada máxima (en Puerto de antena AU-ODU)	-60 dBm antes de la saturación -8 dBm antes de daño			
Potencia de salida (en Puerto de antena AU-ODU)	2.x GHz	36 dBm ± 1dB máximo Rango de control de potencia: 6 dB, en pasos de 1 dB		
	3.3 GHz	32 dBm ± 1dB máximo Rango de control de potencia: 10 dB, en rango de 1 dB		
	3.5 GHz	34 dBm ± 1dB máximo Rango de control de potencia: 10 dB, en rango de 1 dB		
Modulación	OFDM en enlace de bajada, OFDM-16 en enlace de subida, BPSK, QPSK, QAM16, QAM64			
FEC	Codificación convolucional: 1/2, 2/3, 3/4			
Sensibilidad Típica (BER=1E-6)	Modulación	SNR mínimo (dB)	Sensibilidad (dBm) @ 3.5 MHz BW	Sensibilidad (dBm) @ 5 MHz BW
	BPSK 1/2	2.5	-98.5	-97
	QPSK 1/2	5.9	-94.5	-93
	QPSK 3/4	8.6	-91.5	-90
	QAM16 1/2	11.4	-87.5	-86
	QAM16 3/4	14.8	-84.5	-83
	QAM64 2/3	20	-80.5	-79
	QAM64 3/4	20.9	-78.5	-77

Fuente: (Alvarion, 2011)

3.3.3. Estaciones Móviles o CPE

Las estaciones móviles o CPE que se han seleccionado para el presente diseño son los *BreezeMax SI 2000 CPE* de Alvarion, los cuales son *Indoor* y vienen con sus propias antenas, tal como se aprecia en la Figura 3.17.



Figura 3.17: Vista del CPE Indoor.

Fuente: (Alvarion, 2009)

Es un CPE interno en forma de caja compacta con selección de estación base automática y manual, pero en este caso se utilizaría en forma manual ya que solo usaremos una estación base para todo el sitio. Posee algunos modelos que funcionan con 2.3, 2.5 y 3.5 GHz, de ellos hay 3 modelos que funcionan con 3.5 GHz que es la frecuencia que trabajará la estación base. El modelo específico a emplearse será el 4M-CPE-Si-1D2V-3.5-Omni que como se detalla en la Tabla 3.7 tiene un puerto de red RJ-45 y 2 puertos de telefonía RJ-11, los cuales permitirán dar el servicio de telefonía fija a los habitantes del sitio y queda la opción para en un futuro si la operadora decida proveer el servicio de internet pueda usar los mismos CPE sin necesidad de una nueva inversión en equipos para la red.

Tabla 3.7: Modelos de CPE SI 2000 con frecuencia de 3.5 GHz.

Banda de frecuencia	Numero de modelo	Puertos	Descripción
3.5 GHz	4M-CPE-Si-1D-3.5-Omni	<ul style="list-style-type: none"> • 1 puerto de datos RJ-45 	<ul style="list-style-type: none"> • Antenas Omnidireccionales Wimax Estándar.
	4M-CPE-Si-1D2V-3.5-Omni	<ul style="list-style-type: none"> • 1 puerto de datos RJ-45 • 2 puertos de telefonía IP RJ-11 	
	4M-CPE-Si-4D2V-WIFI-3.5-Omni	<ul style="list-style-type: none"> • 4 puertos de datos RJ-45 • 2 puertos de telefonía IP RJ-11 	<ul style="list-style-type: none"> • Antenas Omnidireccionales Wimax Estándar. • Wifi 802.11b/g.

Fuente: (Alvarion, 2009)

Tiene dos antenas omnidireccionales en su parte superior, las cuales tienen una ganancia de 4 dBi y una potencia de transmisión de 26 dBm, gracias a las cuales poseen una cobertura de hasta 15 Km. Funcionan con canales de ancho de banda de 5, 7 y 10 MHz. Estas y otras especificaciones se detallan en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8: Radioespecificaciones del CPE Indoor.

Ítem	Descripción
Tipo de radio	IEEE 802.16e WAVE 1 y 2
Banda de frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> • 2300 MHz o • 2500 MHz o • 3500 MHz.
Tipo de antena	Omnidireccional: Antenas duales. Transmisión: Antena única.
Ancho de banda del canal	5.00, 7.00 y 10.00 MHz
Rendimiento máximo	Carga de 3.5 Mbps Descarga de 13 Mbps
Tecnología de antena	MRC
Técnica de modulación	<ul style="list-style-type: none"> • OFDMA escalable usando TDD • Aleatorización de subportadora PRBS • Modulación aleatoria
Tasas de codificación FEC	<ul style="list-style-type: none"> • Enlace de bajada: QPSK, 16QAM, 64QAM • Enlace de subida: QPSK, 16QAM, 64QAM • FEC 1/2, 3/4, 5/6
Ganancia de antena	<ul style="list-style-type: none"> • Omnidireccional: Ganancia: 5 dBi a 2.5 GHz, 4 dBi a 3.5 GHz y 3 dBi a 2.3 GHz
TPL (Nivel de Potencia de Transmisión)	+26 dBm máximo
Sensibilidad de recepción	-94 dBm máximo

Fuente: (Alvarion, 2009)

A nivel de telefonía soporta cancelación de eco y en conjunto con la amplia gama de *codecs* con los que opera, entre los que tenemos G.711, G.726, G.729, G.723 y AMR-NB, permiten una excelente calidad de voz en las llamadas. Además permiten servicios adicionales como:

- Transferencia de llamadas.
- Llamada en espera.
- Conferencia telefónica de 3 vías.
- Bloqueo de llamadas.
- Retransmisión de fax.
- Desvío de llamadas.

Dichos servicios y características que se pueden apreciar en la Tabla 3.9 ofrecen un valor agregado al servicio que brindaría el operador.

Tabla 3.9: Especificaciones de telefonía del CPE *Indoor*.

Ítem	Descripción
Códec de voz	<ul style="list-style-type: none"> • G.711 • G.726 • G.729ab • G.723 • AMR-NB
Calidad de voz	<ul style="list-style-type: none"> • VAD (Detección de actividad de voz) • CNG (Generación de ruido confortable) • Cancelación de eco (G.165/G.168) • Buffer adaptativo de jitter • DTMF detección y generación de tono
Características de llamadas	<ul style="list-style-type: none"> • Transferencia de llamadas • Llamada en espera • Conferencia de 3 vías • Bloqueo de llamadas • Fax • Plan de llamadas • Desvío de llamadas
REN	<ul style="list-style-type: none"> • 3 en total

Fuente: (Alvarion, 2009)

El frente del CPE *Indoor* tiene una serie de indicadores *led* y en la parte superior se encuentran los puertos donde se conectan las dos antenas y un botón para escaneo de señal, tal como se puede observar en la Figura 3.18.

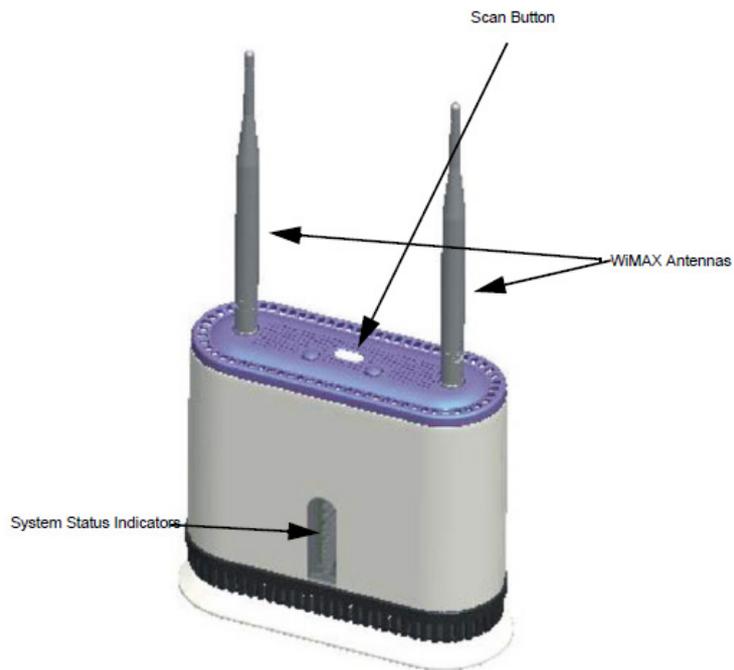


Figura 3.18: Vista de componentes del CPE Indoor.

Fuente: (Alvarion, 2009)

En la parte posterior incluye un puerto RJ-45 *Ethernet* 10/100 Mbps, dos de voz RJ-11, y un conector de alimentación tal como se puede apreciar en la Figura 3.19.

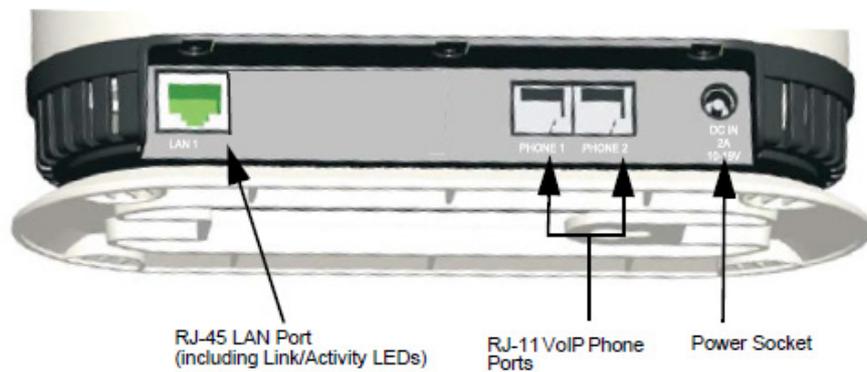


Figura 3.19: Vista de puertos del CPE Indoor.

Fuente: (Alvarion, 2009)

Los indicadores *led* del frente corresponden al estado del equipo e intensidad de señal de conexión con la estación base, tal como se puede apreciar en la Figura 3.20.

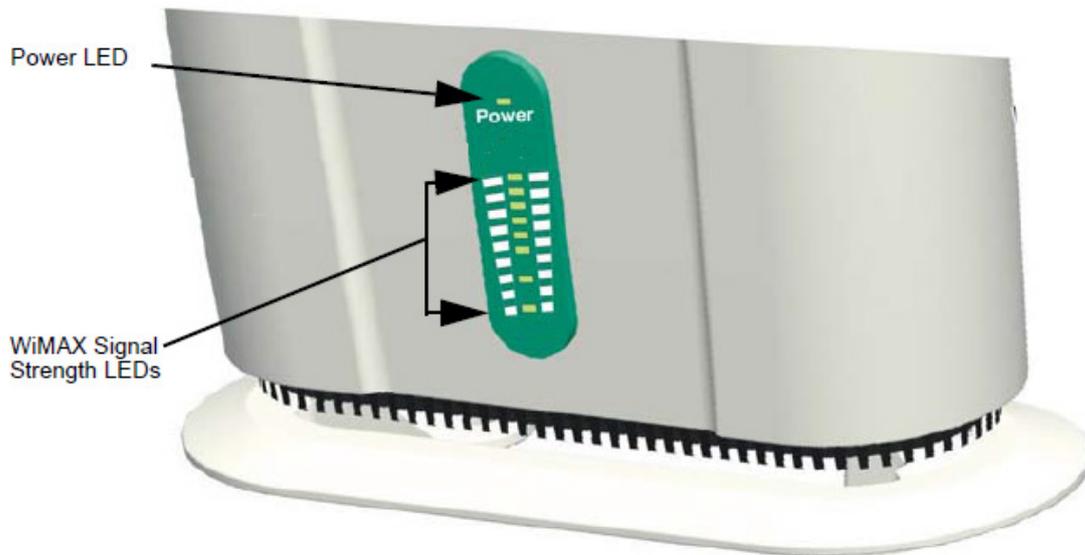


Figura 3.20: Indicadores led del CPE Indoor.

Fuente: (Alvarion, 2009)

El led de poder cuando está en verde indica que la unidad está encendida, cuando está parpadeando es porque ha fallado el registro del CPE en la red, cuando está en naranja indica que el equipo está reiniciándose o en una autoprueba, cuando está en rojo es porque ha ocurrido un fallo y cuando no enciende es porque el equipo está apagado. Tal como podemos observar en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10: Estados del led de poder del CPE Indoor.

Led	Estado	Descripción
Power	Encendido - Verde	Unidad encendida.
	Parpadeando - Verde	Autenticación fallida.
	Encendido – Naranja	Indica una de las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Después de encender la unidad, indica que la unidad está corriendo una prueba automática. • Indica que el proceso de registro en la red se ha reiniciado.
	Encendido – Rojo	Fallo del sistema.
	Apagado	Unidad apagada.

Fuente: (Alvarion, 2009)

Los leds de intensidad de señal son siete, y muestran el estado actual de la señal Wimax a través de intervalos de niveles del SNR de la misma, tal como se detalla en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11: Estados de los led de intensidad de señal del CPE Indoor.

Led	Estado	Descripción
1	Encendido - Verde	Indica que la señal recibida está entre 5 dB y 8 dB.
2	Encendido - Verde	Indica que la señal recibida está entre 8 dB y 12 dB.
3	Encendido - Verde	Indica que la señal recibida está entre 12 dB y 15 dB.
4	Encendido - Verde	Indica que la señal recibida está entre 15 dB y 18 dB.
5	Encendido - Verde	Indica que la señal recibida está entre 18 dB y 20 dB.
6	Encendido - Verde	Indica que la señal recibida está entre 20 dB y 25 dB.
7	Encendido - Verde	Indica que la señal recibida está en 25 dB o más.
Todos los 7	Apagados	Unidad apagada.

Fuente: (Alvarion, 2009)

3.3.4. Radioenlace

Para el radioenlace entre la estación base Casacay de Conecel y la estación base Wimax se escogió la serie OptiX RTN 600 de Huawei que es un sistema digital de transmisión de microondas el cual provee características flexibles para configuración y una fácil instalación, lo cual es idóneo para el diseño en cuestión.

Sus componentes son parecidos a los de una estación base Wimax, está compuesto por unidad interior, exterior, cable de frecuencia intermedia y antena, tal como se puede apreciar en la Figura 3.21.

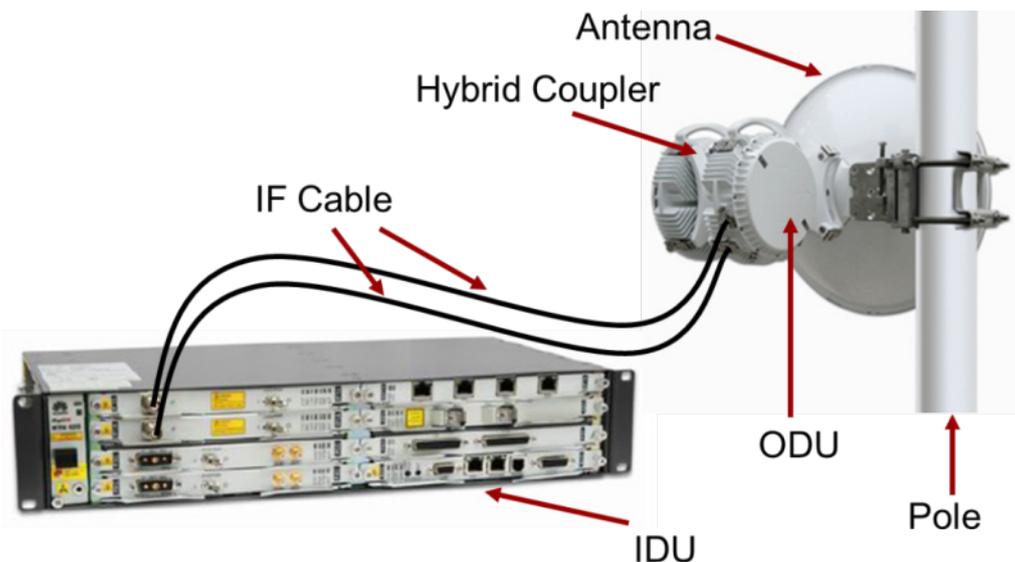


Figura 3.21: Componentes de un Optix RTN 600.

Fuente: (Huawei, 2011)

Debido a la flexibilidad de la serie RTN 600 esta tiene varios tipos de IDU (*Indoor Unit* o Unidad interna), de los cuales se ha seleccionado la IDU 605 2F la cual solo ocupa una unidad rack de altura tal como se puede apreciar en la Figura 3.22.



Figura 3.22: IDU 605.

Fuente: (Huawei, 2011)

Además la Optix RTN 605 2F tiene fuente de poder con redundancia 1+1 y también redundancia de 1+1 direcciones de microondas lo cual nos permitiría tener un enlace de microondas principal y uno de respaldo a través de una configuración HSB (*Hot Stand By*), ambos utilizando la misma antena y unidad interna, pero diferente cable de frecuencia intermedia y ODU (*Outdoor Unit* o unidad externa). La modulación y la capacidad del enlace son configuradas por *software*, soporta SNCP (*Subnetwork Connection Protection* o Protección de Conexión de Subred) y modulación adaptativa basada en microondas híbrido la que conmuta el esquema de modulación paso a paso tal como se observa en la Figura 3.23. Estas características antes mencionadas se las puede apreciar en la Tabla 3.12 y son las que determinaron la elección de la IDU 605 2F para el presente diseño.

Tabla 3.12: Características del Optix RTN 605 2F.

Ítem	Descripción
Tipo de microondas	Híbrido
Esquema de modulación de microondas	QPSK/16QAM/32QAM/64QAM/128QAM/256QAM
Función AM	Soportada
Configuración RF	1+1 HSB (Conmutación en caliente) / FD (Diversidad de frecuencia) / SD (Diversidad de espacio)
Interfaces de servicio	16xE1 + 3xFE + 1xGE
Versión	V100R003
Fuente de poder	-48 V, protección 1+1

Fuente: (Huawei, 2011)

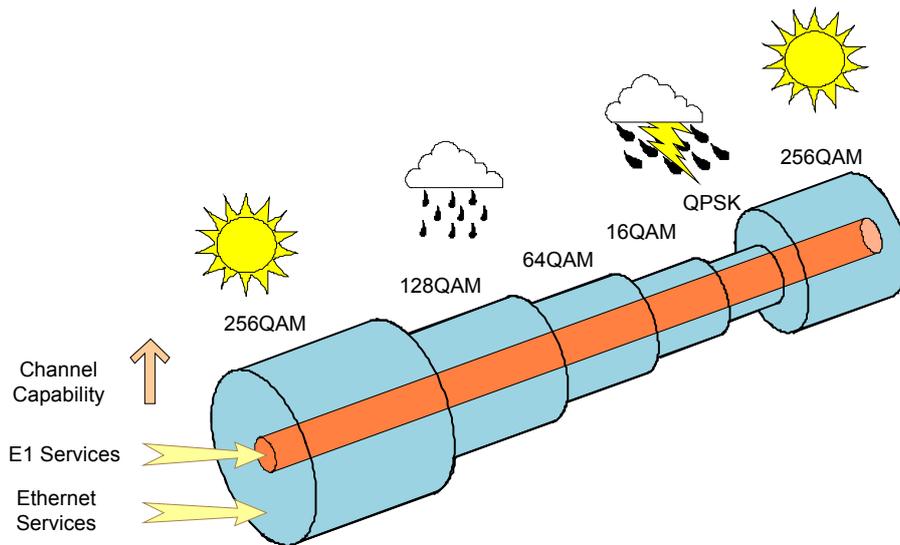


Figura 3.23: Funcionamiento de la modulación adaptativa.

Fuente: (Huawei, 2011)

Las ODU (como la que se observa en la Figura 3.24) realizan la conversión de la señal IF que emite la IDU a señal RF que necesita la antena para el radioenlace, existen 3 tipos de ODU tal como se puede apreciar en la Tabla 3.13 donde se detallan las características de dichos tipos para el funcionamiento con una IDU 605 2F, de los 3 tipos el que más conviene para el presente diseño es la ODU SP ya que soporta modulación adaptativa, SDH (*Synchronous Digital Hierarchy* o Jerarquía Digital Síncrona), PDH (*Synchronous Digital Plesiochronous* o Jerarquía Digital Plesiócrona) y debido a su consumo estándar de energía si permite configurar la redundancia 1+1 en el enlace.

Tabla 3.13: Características y tipos de ODU.

Tipo de ODU	Esquema de modulación soportado	AM Soportado o no	Banda de frecuencia (GHz)	Servicio	Espaciamento de canal
LP Baja Potencia	QPSK – 16QAM	No	7/8/11/13/15/18/23	PDH	3.5/7/14/28 MHz
SP Potencia Estándar	QPSK – 256QAM	Si	6/7/8/11/13/15/18/23/26/38	SDH / PDH	3.5/7/14/28 MHz
HP Alta Potencia	QPSK – 256QAM	Si	7/8/11/13/15/18/23/26/32/38	PDH	7/14/28/40/56 MHz

Fuente: (Huawei, 2011)



Figura 3.24: Vista de ambos lados de una ODU.

Fuente: (Huawei, 2011)

Las ODU tienen algunas interfaces entre ellas un perno de puesta a tierra con doble tornillo, el puerto de conexión RF con la antena, un puerto para pruebas RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) donde se puede medir la intensidad de señal por ejemplo y el puerto de frecuencia intermedia, en el cual se conecta el cable de frecuencia intermedia que se conecta con la IDU y que transporta la señal en FI, la señal de gestión entre la IDU y la ODU y la corriente de alimentación. Dichos componentes se los puede apreciar en la Figura 3.25 y su descripción en la Tabla 3.14.

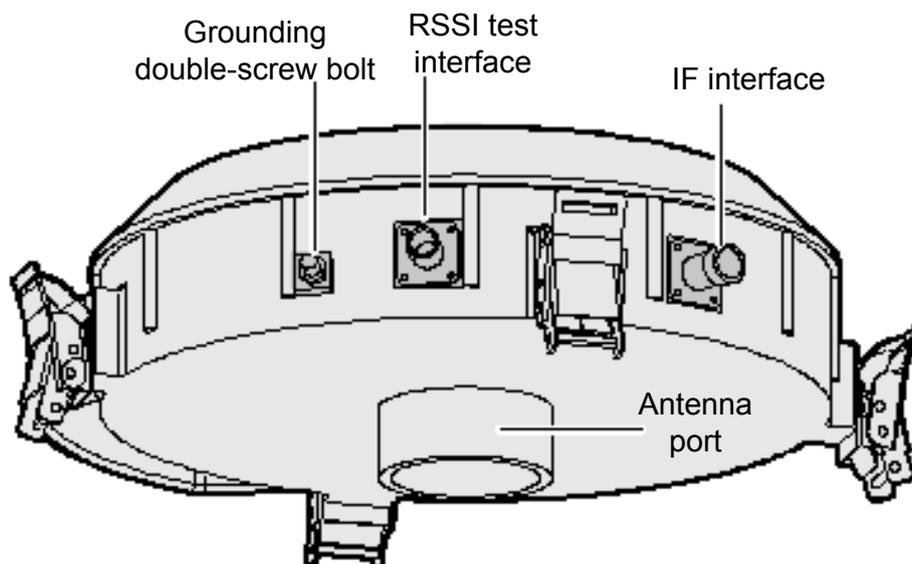


Figura 3.25: Componentes de una ODU.

Fuente: (Huawei, 2011)

Tabla 3.14: Descripción de interfaces de una ODU.

Interface	Función	Tipo de conector
Interface de antena	Conecta la antena o el <i>hybrid coupler</i> .	Tipo N, hembra (6 GHz banda de frecuencia) 1.025" dia (7/8 GHz banda de frecuencia) 153IEC-R120 (11/13 GHz banda de frecuencia) 153IEC-R140 (15 GHz banda de frecuencia) 153IEC-R220 (18/23/26 GHz banda de frecuencia) 153IEC-R320 (32 GHz banda de frecuencia) 0.219" dia (38 GHz banda de frecuencia)
Interface IF	Conecta el cable IF.	Tipo N (hembra)
Interface RSSI	Conecta el multímetro durante la prueba RSSI.	BNC (hembra)
Perno de aterrizaje	Conecta el cable de protección de tierra.	Perno de 5 mm

Fuente: (Huawei, 2011)

El *hybrid coupler* como el de la Figura 3.26 es el acoplador de señal RF que conecta la antena con dos ODU cuando el enlace tiene redundancia como en el presente caso. Cuando el enlace tiene una sola ODU esta se conecta directamente a la antena sin necesidad de un *hybrid coupler*.

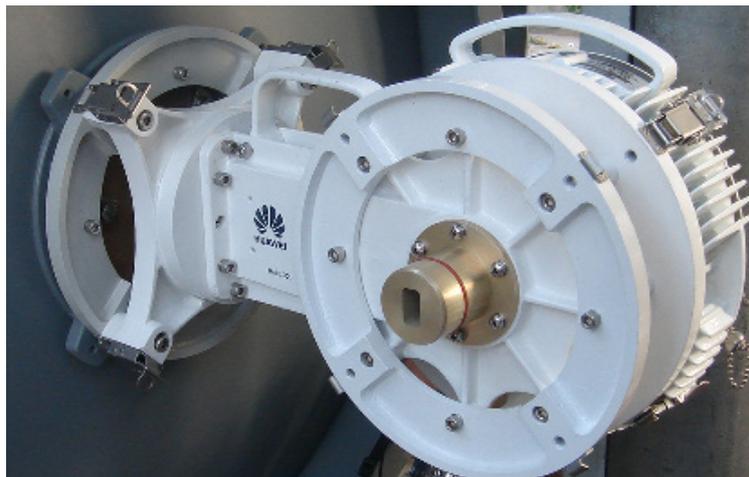


Figura 3.26: Vista de un Hybrid Coupler.

Fuente: (Huawei, 2011)

Un *hybrid coupler* tiene 3 interfaces tal como se observa en la Figura 3.27, la interface de la antena que sirve para conectar la antena, la de la ODU primaria que sirva para conectar la ODU activa y la de la ODU secundaria que sirve para conectar la ODU en *stand by*, tal como se puede apreciar en la tabla 3.15.

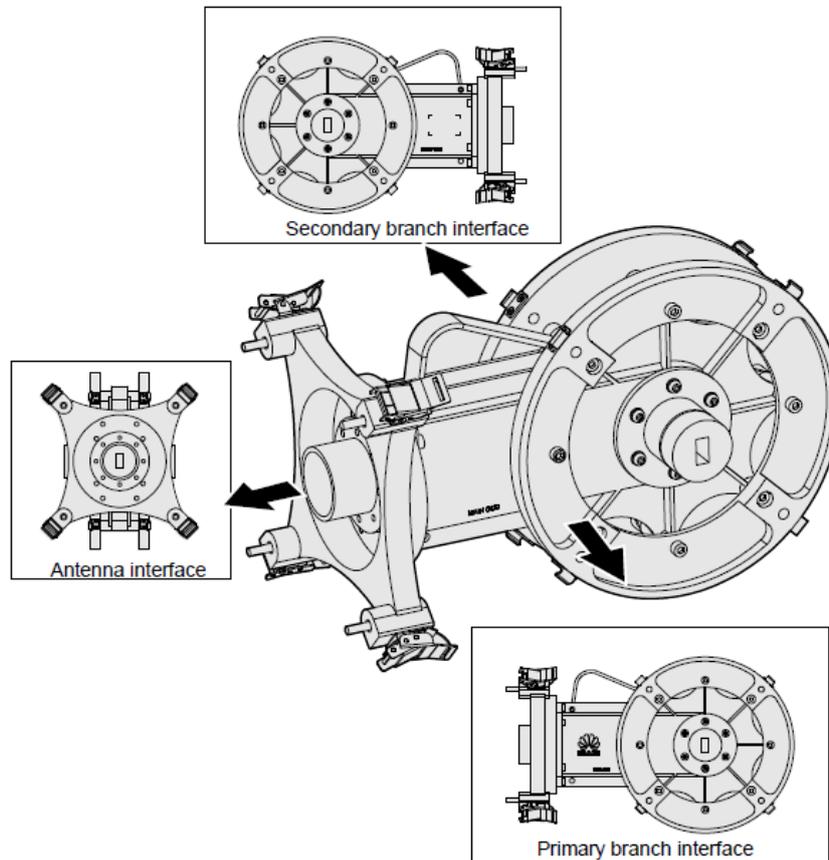


Figura 3.27: Interfaces de un Hybrid Coupler.

Fuente: (Huawei, 2011)

Tabla 3.15: Descripción de interfaces de un hybrid coupler.

Interface	Marca	Función	Tipo de conector
Interface de antena	-	Conecta la antena.	1.025" dia (7/8 GHz banda de frecuencia)
Interface de ramal primario	MAIN	Conecta la ODU activa.	153IEC-R120 (11/13 GHz banda de frecuencia)
Interface de ramal secundario	STD BY	Conecta la ODU de respaldo.	153IEC-R140 (15 GHz banda de frecuencia) 153IEC-R220 (18/23/26 GHz banda de frecuencia) 153IEC-R320 (32 GHz banda de frecuencia) 0.219" dia (38 GHz banda de frecuencia)

Fuente: (Huawei, 2011)

La antena de la Figura 3.28 implementa la dirección de transmisión y recepción de las señales RF. Los parámetros principales son banda de frecuencia, diámetro y ganancia de la misma.



Figura 3.28: Vista de una antena de microondas.

Fuente: (Huawei, 2011)

3.3.5. Switch

Para este diseño se escogió el Huawei CX200C el cual se basa en una arquitectura bien desarrollada de reenvío de paquetes. El CX200C está posicionado en la capa de acceso y la de convergencia en una red de área metropolitana. Transmite diversos tipos servicios, proporciona el reloj para sincronización y proporciona una mayor capacidad de expansión y calidad de servicio (QoS).

El chasis adopta una estructura de acceso frontal, no tiene interfaces en la parte posterior facilitando la operación y mantenimiento del equipo. Posee una configuración 1+1 para el suministro de poder. Su circuito impreso es pasivo y todos sus componentes pueden ser reemplazados en caliente, excepto la SCU (*Switch Control Unit* o Unidad de Control de Conmutación).

Su chasis tiene 225 mm de profundidad y 2 unidades *rack* de altura tal como podemos apreciar en la Figura 3.29, lo que ahorraría espacio en el *shelter* en nuestro caso, puede ser instalado de forma flexible en diferentes tipos de armarios y el despliegue es bastante fácil.

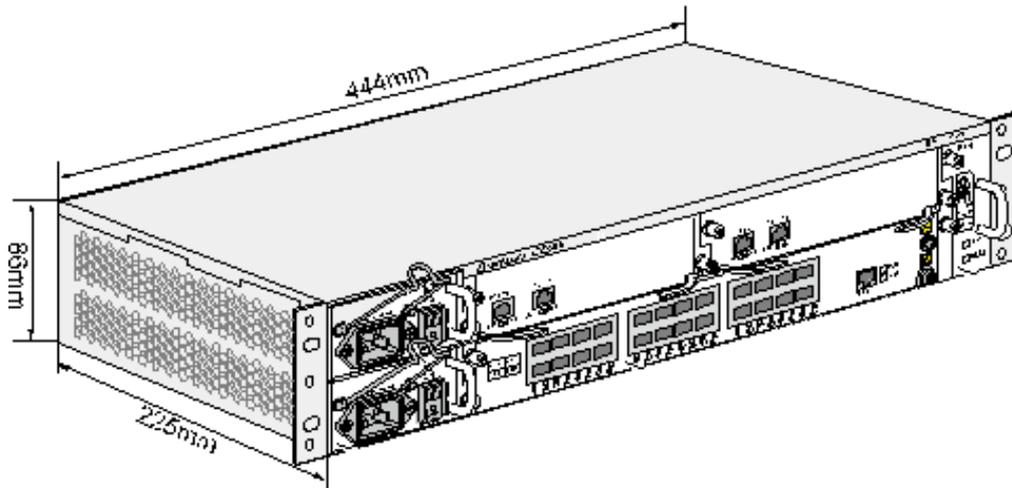


Figura 3.29: Vista del Huawei CX200C.

Fuente: (Huawei, 2008)

El CX200C está compuesto de 4 módulos entre ellos el de poder, el de ventilación, el SCU y el SIC (*Smart Interface Card* o Tarjeta Inteligente de Interfaz) tal como se observa en la Figura 3.30.

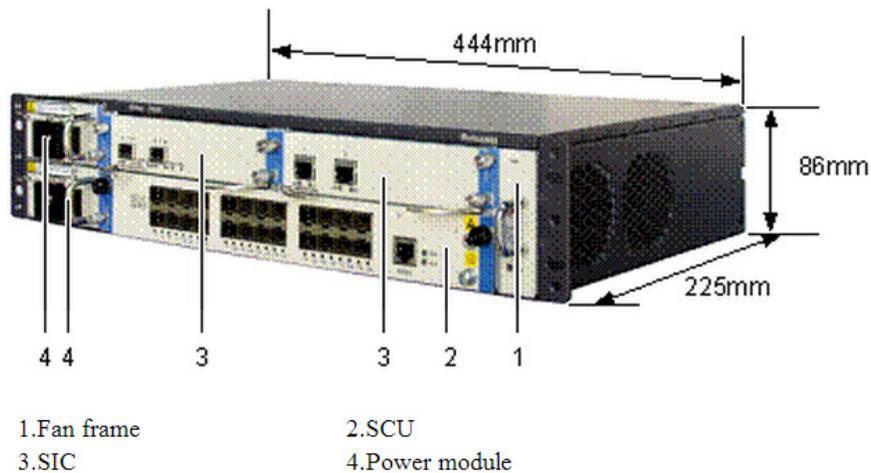


Figura 3.30: Módulos del Huawei CX200.

Fuente: (Huawei, 2008)

El CX200C según el tipo de módulo de poder se puede alimentar de corriente continua a -48 V DC o alterna a 110 o 220 V AC tal como podemos observar en la Tabla 3.16 donde se detallan además otras características físicas, en nuestro caso se escogió alimentar el CX200C con dos módulos DC como el de la Figura 3.31 en configuración 1+1 como en el diagrama de la Figura 3.32.

Tabla 3.16: Especificaciones físicas del Huawei CX200C.

Ítem	Descripción	
Dimensiones (mm)	Con racks IEC297	444 x 225 x 86
	Con racks ETSI	535 x 225 x 86
Potencia máxima (configurado a su máxima capacidad)	95W	
Peso	Configuración llena.	≤ 5.0 kg
	Chasis vacío.	≤ 2.4 kg
Voltaje de entrada DC	Voltaje medido	-48 V DC / -60 V DC
	Rango máximo	-36 V DC a -75 V DC
Voltaje de entrada AC	Voltaje medido	110 V AC 8/ 220 V AC
	Rango máximo	90 V AC a 264 V AC
Temperatura	Operación por largo tiempo	0°C a 45°C
	Operación por corto tiempo	-5°C a +55°C
Humedad relativa	Operación por largo tiempo	5% HR a 85% HR
	Operación por corto tiempo	0% HR a 95% HR
Altura	Operación por largo tiempo	Menor a 3000 m
	Para almacenaje	Menor a 5000 m

Fuente: (Huawei, 2008)

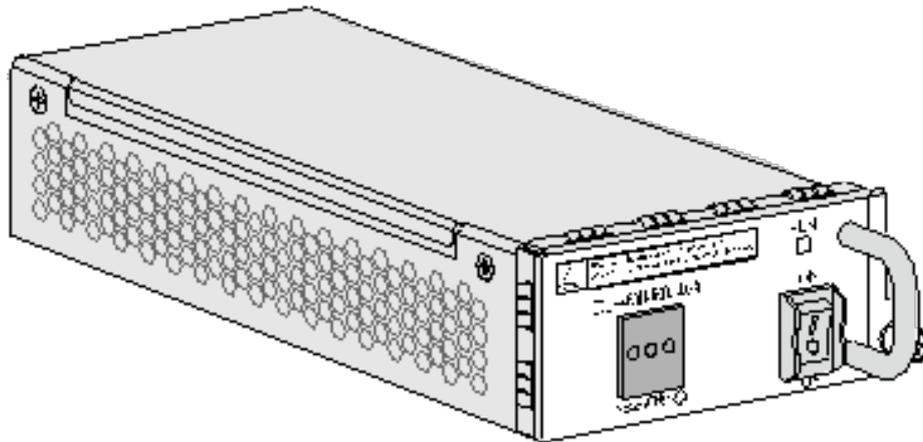


Figura 3.31: Módulo de poder DC del Huawei CX200C.

Fuente: (Huawei, 2008)

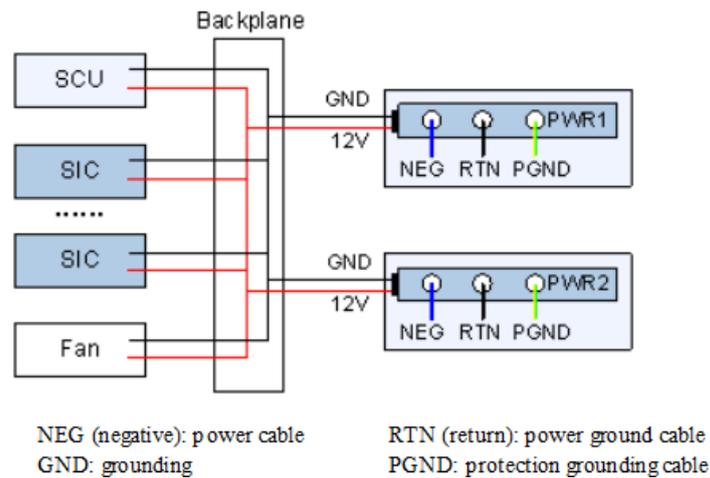


Figura 3.32: Diagrama de módulos de poder DC del Huawei CX200C.

Fuente: (Huawei, 2008)

El módulo de ventilación del CX200C como el de la Figura 3.33 tiene como función principal proporcionar energía a los ventiladores del mismo para la entrada de aire y la disipación de calor de los otros módulos, con una configuración de respaldo 1+1 que permite que cuando falla un ventilador el otro sigue cumpliendo su función sin afectar la operación normal del *switch*.

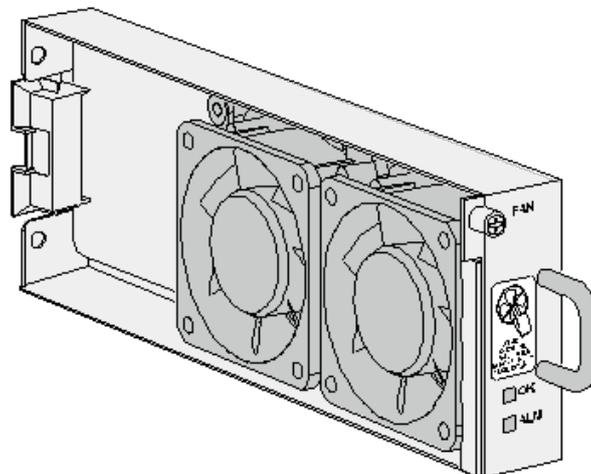
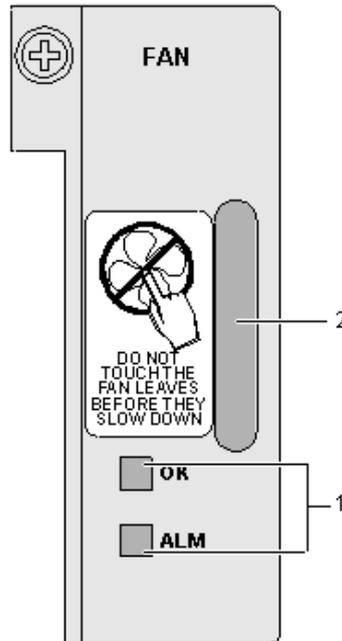


Figura 3.33: Fan frame del Huawei CX200C.

Fuente: (Huawei, 2008)

Este módulo soporta intercambio en caliente, la detección y alarmas de fallos de manera lógica a través de gestión y física a través de sus *leds* indicadores que se pueden apreciar en la Figura 3.34 y el detalle de los mismos en la Tabla 3.17. El ventilador puede ajustar

su velocidad de rotación del 50% al 100% de acuerdo con la salida de la señal PWM de la SCU.



- 1. Indicators on the fan frame
- 2. Handle of the fan frame

Figura 3.34: Vista frontal del fan frame del Huawei CX200C.

Fuente: (Huawei, 2008)

Tabla 3.17: Descripción de indicadores del fan frame del Huawei CX200C.

Indicador	Color	Description
OK	Verde	Encendido - Significa que el ventilador está funcionando normalmente. Apagado - Significa que el ventilador no está funcionando normalmente.
ALM	Rojo	Encendido - Significa que el ventilador no está funcionando normalmente. Apagado - Significa que el ventilador está funcionando normalmente.

Fuente: (Huawei, 2008)

La *Switch Control Unit* o SCU gestiona todos los módulos del *switch* y a su vez también proporciona 8 interfaces eléctricas RJ-45 y 18 interfaces ópticas SFP y tiene 1 *led* indicador de correcto funcionamiento y 1 de alarma, tal como se observa en la Figura 3.35. La SCU está compuesta de la unidad de control, la unidad de conmutación y la unidad de interfaces.

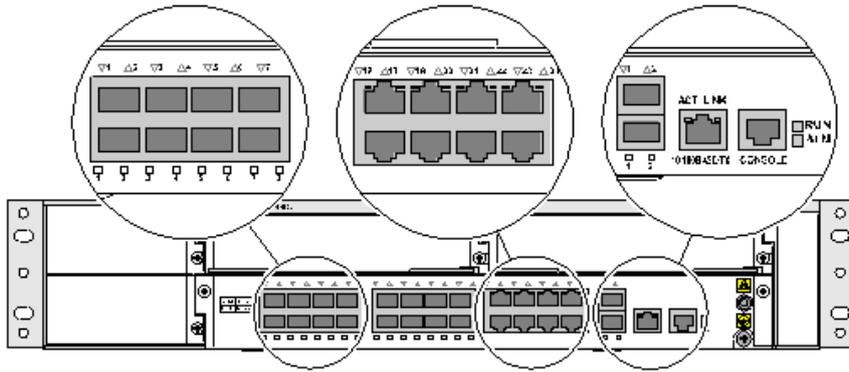


Figura 3.35: Vista frontal de la SCU del Huawei CX200C y sus interfaces.

Fuente: (Huawei, 2008)

La unidad de control está compuesta por el módulo de la unidad central de proceso o CPU, el módulo de control, y el módulo de potencia. El CX200C soporta múltiples métodos de gestión, para ello la información de gestión de los componentes se envía a la CPU la cual monitorea el estado de las SIC. El módulo de control recopila y procesa la información sobre el estado de las tarjetas y conmuta las interfaces. El módulo de potencia facilita el intercambio en caliente y genera el poder para el funcionamiento de la SCU.

La unidad de conmutación permite que el CX200C adopte un modo de conmutación centralizada, para ello todos los paquetes de datos se envían a este módulo para que los conmute y los envíe al módulo de interfaz correspondiente.

Las SIC son tarjetas que tienen diferentes tipos de interfaces adaptables a diversas necesidades, pero en nuestro caso ya no sería necesario instalarle una SIC a nuestro CX200C ya que es suficiente con las interfaces de la SCU.

3.3.6. Banco de rectificadores

Para proveer la energía DC a nuestros equipos se ha escogido el sistema *Flatpack S 1U 2R* de *Eltek* el cual es una solución de alimentación de poder flexible y escalable de alta eficiencia lo cual es favorable porque reduce el consumo de energía y por ende reduce costos de operación. Es un sistema completo que puede proveer corriente continua hasta 50 A y 2000 W, ocupa solo una unidad rack de altura y no más de 10.4” de profundidad. Está compuesto por un módulo de gestión *Smartpack*, 2 módulos rectificadores de alta

eficiencia *Flatpacks* HE, 2 *breakers* con protección de desconexión por bajo voltaje de las baterías en la distribución de las mismas, y 7 *breakers* para la distribución de la carga tal como se puede apreciar en la Figura 3.36.



Figura 3.36: Vista frontal del Flatpack S 1U2R de Eltek.

Fuente: (Eltek, 2013)

El *Smartpack* S como el de la Figura 3.37 es el módulo que cubre todas las necesidades de control y monitoreo del sistema *Flatpack*, permite el monitoreo, control y la configuración del mismo remotamente o en sitio a través de su puerto *Ethernet* y es totalmente reemplazable en caliente. Tiene una pantalla de 2.2" de alta resolución y contraste con 4 teclas para revisar sin necesidad de una computadora las alarmas y estado del sistema en sitio, además tiene 6 salidas programables de relé y 6 entradas programables multipropósito analógicas y digitales, éstas serán utilizadas para monitorear la temperatura de las baterías y la apertura de las puertas del *shelter*. Gestiona las alarmas a través del protocolo SNMP (Protocolo Simple de Administración de Red) o mediante el envío de correos electrónicos. Además permite automáticamente el monitoreo y pruebas programables del banco de baterías emitiendo un informe de calidad de las mismas basado en los resultados de las pruebas.



Figura 3.37: Vista frontal del Smartpack S de Eltek.

Fuente: (Eltek, 2013)

El módulo rectificador *Flatpack S HE* como el de la Figura 3.38 convierte los 220 VAC que nos brindará la empresa eléctrica en los 48 VDC con los que funcionan los equipos del presente diseño con alta eficiencia. Tiene una potencia máxima de 1000 W y provee hasta 20.9 A de corriente continua con una eficiencia del 95.5% lo que nos permitiría un ahorro del consumo de energía. Tiene 3 *leds* indicadores uno verde que cuando está encendido indica el normal funcionamiento del rectificador, uno amarillo que indica funcionamiento anormal o alarma menor y uno rojo que indica una falla o alarma mayor.



Figura 3.38: Vista frontal del Flatpack S HE de Eltek.

Fuente: (Eltek, 2013)

El consumo DC máximo total de todos los equipos del presente diseño es de 678.7 W tal como se puede apreciar en la Tabla 3.18, por lo que bastaría un solo módulo para alimentar todos nuestros equipos a su máxima potencia y aún quedaría una holgura de 300 W. Como el diseño del *Flatpack S* tiene la opción de dos rectificadores vamos a tener una configuración de respaldo 1+1, cuando estén funcionando los dos módulos el sistema repartirá el consumo de la carga entre ambos pero si se daña uno el sistema conmutará toda la carga al otro módulo.

Tabla 3.18: Consumo DC máximo de los equipos.

Equipo	Consumo máximo
Micro estación base Alvarion	64 W
ODUs Alvarion	440 W
Adaptador GPS	7.2 W
Huawei RTN 605	17 W
ODU Huawei	50 W
Switch CX200C Huawei	95 W
Smartpack Eltek	5.5 W
TOTAL	678.7 W

Fuente: (Autor)

3.3.7. Banco de baterías

Para el respaldo de los equipos en caso de un corte de la energía eléctrica se utilizaría un banco de 4 baterías *PowerSafe* SBS C11F como las de la Figura 3.39, que son baterías de 12 V y capacidad nominal de 92 Ah con terminales delanteros con tecnología de placas delgadas de plomo puro, por lo cual brindan características como alta densidad de energía y vida útil superior a otras marcas. Ofrecen un rendimiento excepcional tanto en ciclo de flotación como en carga rápida, incluso en los entornos más extremos.



Figura 3.39: Vista de una PowerSafe SBS C11F.

Fuente: (Powersafe, 2014)

Debido a su tecnología de placas delgadas de plomo puro y a su válvula reguladora de ácido pueden para hacer frente a duras condiciones externas y a frecuentes cortes de energía, lo cual las convierte en una opción perfecta para las exigentes condiciones de funcionamiento de una red de telecomunicaciones como la del presente diseño.

Sus placas están diseñadas para prolongar la vida útil y una mejor resistencia a la corrosión, sus separadores pueden prevenir derrames de ácido en caso de un daño accidental, su contenedor y tapa son de material retardante a las llamas y es altamente resistente a golpes y vibraciones. Sus terminales son de acceso frontal de acero inoxidable con inserción de aleación de cobre para una mejor conductividad y su válvula de autorregulación de presión en un solo sentido evita el ingreso de oxígeno.

Como nuestro banco de baterías es de 92 Ah y el consumo de nuestros equipos es de casi 680 W se calcula que el consumo en amperios es de 14 A, dividiendo la capacidad de nuestro banco para el consumo en amperios de nuestros equipos obtenemos que los equipos tendrán un respaldo de cuatro horas y media con el banco de baterías. Pero una vez implementado el diseño se debe analizar si en la zona hay cortes prolongados de energía, de ser así se debe colocar un banco de 4 baterías más adicional para duplicar el tiempo de respaldo a 9 horas, el *shelter* escogido lo permite porque tiene espacio para dos bancos en su parte inferior y el banco de rectificadores también permite tener dos bancos de baterías.

3.4. UBICACIÓN DE ESTACION BASE Y ENLACE

Para la ubicación de la estación base se escogió uno de los puntos más altos del sector y que está en los límites del pueblo, debido a que por su altura nos brindará mayor ventaja para evitar interferencias por algún obstáculo en la cobertura de la estación base Wimax y del enlace de microondas que la conectará con la estación base de Conecel, además al estar junto al pueblo es más fácil su implementación y revisiones cuando se encuentre operativa. Las coordenadas geográficas y las alturas de la ubicación exacta que se escogió para la estación base y las de la estación base de Conecel se detallan en la tabla 3.19.

Tabla 3.19: Ubicación geográfica de las estaciones base.

Lugar	Altura sobre el nivel del mar (m)	Altura de torre (m)	Coordenadas Geográficas	
			Latitud	longitud
Estación Base Wimax	144	6	3°18'58.7"S	79°41'7.8"O
Estación Base de Conecel	134	60	3°19'15.80"S	79°43'14.30"O

Fuente: (Autor)

Como ya se indicó anteriormente la ubicación determinada para la estación base Wimax nos brinda una buena ubicación para el enlace también, debido a que nos permite línea de vista directa con la torre de la estación base de Conecel, permitiendo ahorrar en infraestructura ya que en caso de haber algún obstáculo se debería instalar un monopolo más alto.

Para el cálculo de la zona de *Fresnel* del enlace se usó *RadioMobile* 11.0.9, un programa de simulación de radio propagación que nos permitió analizar y confirmar la factibilidad del enlace que conectará ambas estaciones base, en la Figura 3.40 se observa la ubicación de las dos estaciones base y la ruta del enlace de microondas entre ellas ya ingresadas en *Radio Mobile*.

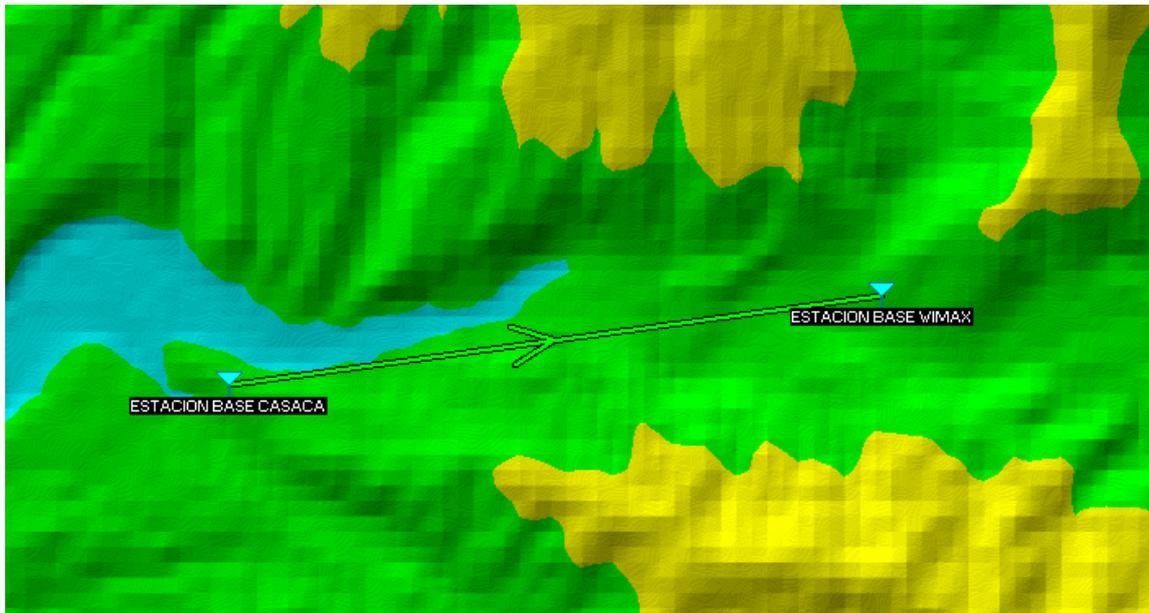


Figura 3.40: Ruta del enlace en *Radio Mobile*.

Fuente: (Autor)

Luego de ingresar las ubicaciones de ambos sitios tal como se aprecia en la Figura 3.41 se procedió a ingresar la altura de ambas antenas y se corrió la simulación para obteniendo el análisis de la zona de *Fresnel*, perfil topográfico y las características técnicas del enlace tal como se puede apreciar en la Figura 3.42, con el cual se concluye que el enlace si es factible técnicamente.

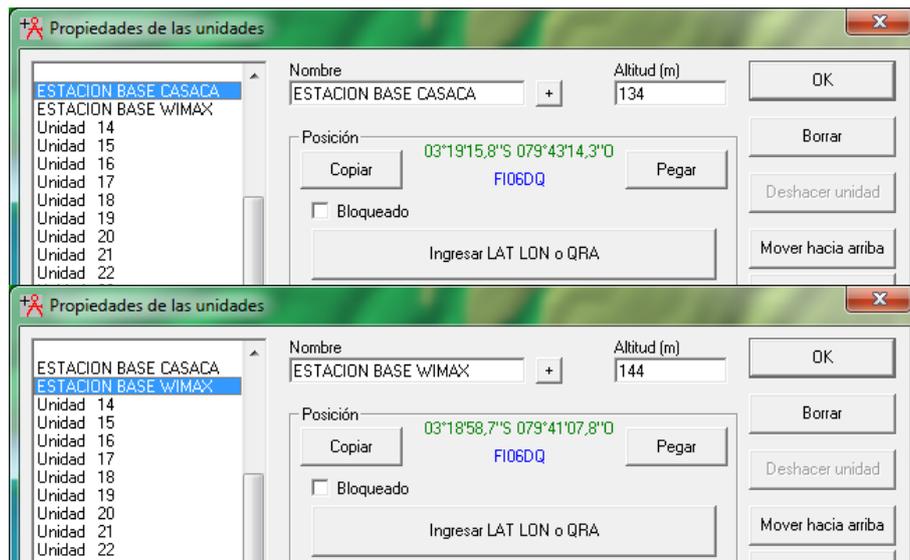


Figura 3.41: Coordenadas de los sitios en Radio Mobile.

Fuente: (Autor)

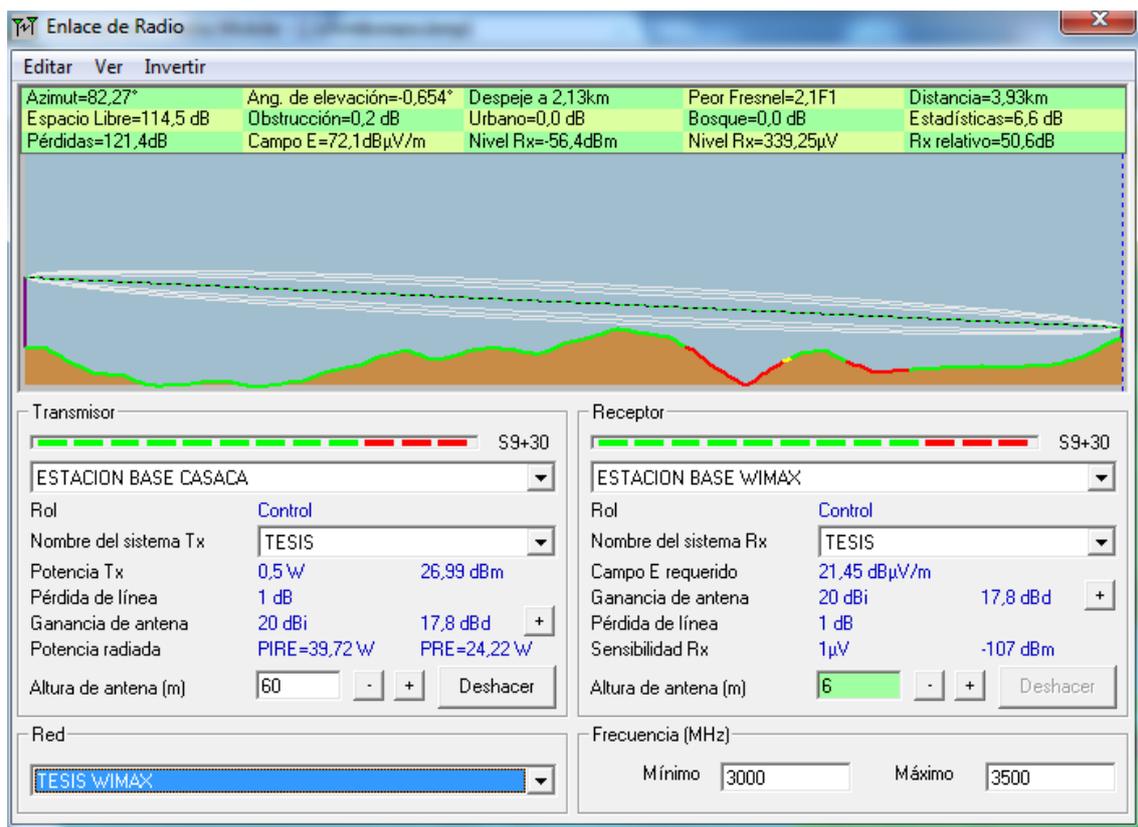


Figura 3.42: Simulación del enlace en Radio Mobile.

Fuente: (Autor)

Adicional se hizo un análisis del enlace de la estación base Wimax con un CPE de un posible cliente de prueba ubicado en las coordenadas 3°19'1.1"S 79°41'8.0"S tal como

se puede apreciar en la Figura 3.43, dando como resultado la siguiente simulación de la Figura 3.44.

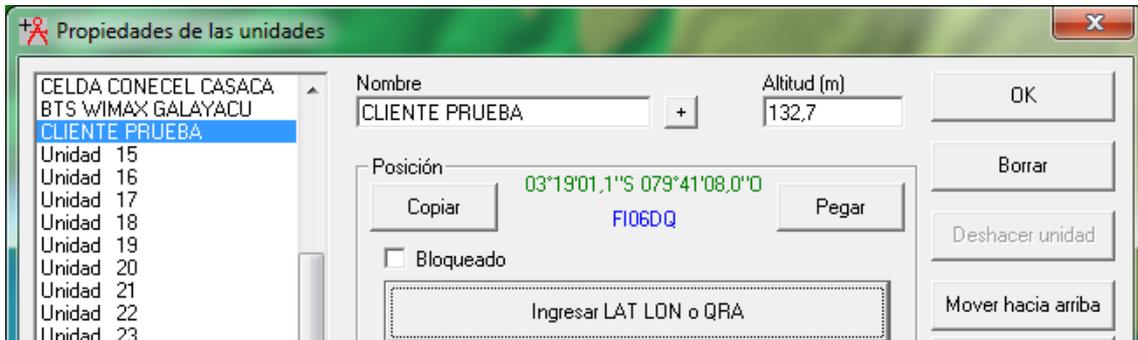


Figura 3.43: Coordenadas del cliente de pruebas en Radio Mobile.

Fuente: (Autor)

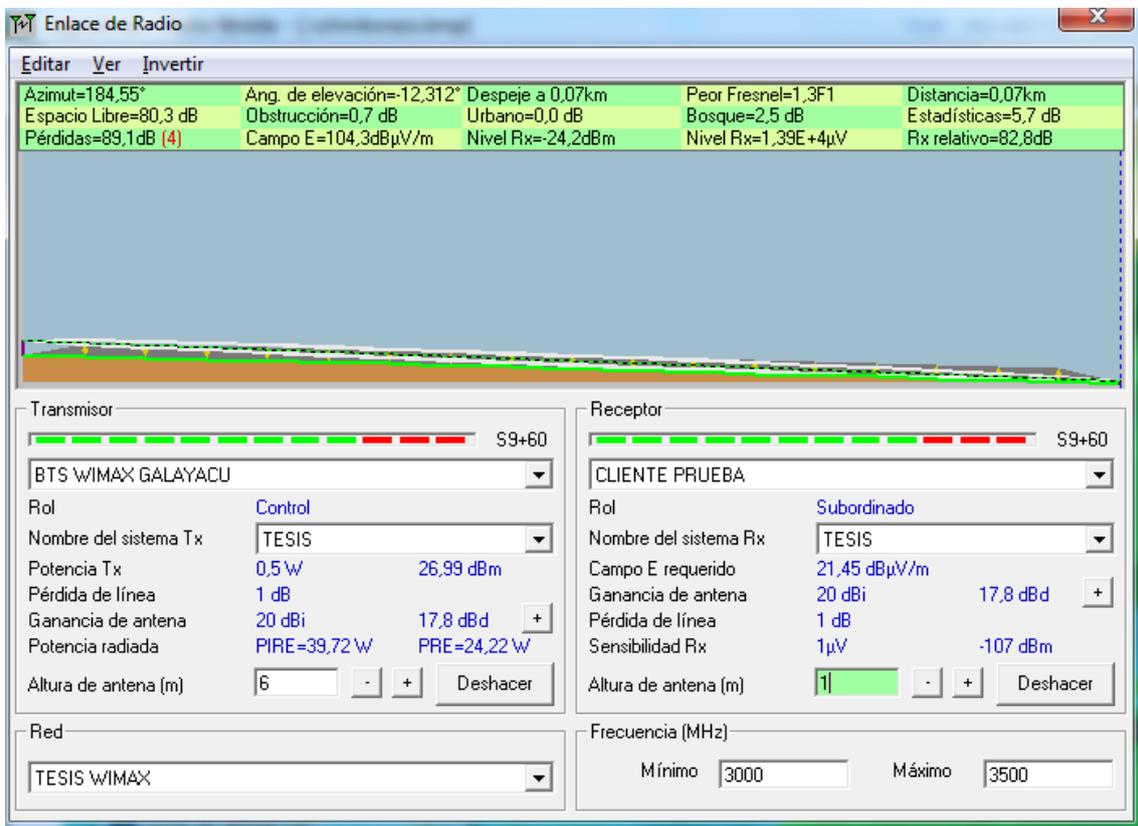


Figura 3.44: Simulación del enlace con el cliente de prueba en Radio Mobile.

Fuente: (Autor)

3.5. GESTOR DE RED *ALVARISTAR*

Debido a que se escogió para este diseño una estación base y estaciones móviles de marca *Alvarion*, debemos usar su gestor de red llamado *Alvaristar*, el cual es un gestor

de redes basadas en acceso inalámbrico de banda ancha para equipos Alvarion. Está diseñado para los centros de operaciones de red más avanzados, personal de operación, mantenimiento y administradores de proveedores de servicios de red, con todas las capacidades de vigilancia, control, monitorización y configuración que se requieren para hacer efectiva la gestión de red maximizando el uso de recursos mientras reduce gastos operativos.

Se diseñó para ofrecer al personal de operación y mantenimiento de la red un sistema unificado, escalable y distribuible de gestión. Utiliza una arquitectura distribuida de servidor/cliente, que brinda al proveedor de servicios un sistema robusto, escalable y completamente redundante en el cual los fallos pueden ser detectados o prevenidos.

Alvaristar proporciona las siguientes funcionalidades de gestión de red:

- Aprovisionamiento de dispositivos.
- Inventario de dispositivos.
- Gestión de averías.
- Gestión de la configuración.
- Adquisición de datos.
- Supervisión de funcionamiento.
- Actualización de firmware.
- Gestión de seguridad.

Con toda la base de conocimiento de operaciones de redes de banda ancha de acceso inalámbrico incluida, *Alvaristar* es un multiplicador de potencia en manos de un operador de red, expandiendo en forma dramática la capacidad de proveer un portafolio extenso en servicios, soportando una rápida expansión de la base de clientes y asegurando la satisfacción de los mismos.

3.5.1. Arquitectura

Alvaristar está diseñado con una arquitectura de múltiples niveles proveyendo una estructura común sobre la cual pueden instalarse una o más controladores de dispositivos para dar servicio a las diversas líneas de productos Wimax de *Alvarion*.

El nivel de infraestructura como se puede apreciar en la Figura 3.45 ofrece una funcionalidad común que incluye inventario, fallas, topología, carga de software y recolección de los datos de ejecución. Los diversos controladores de dispositivos permiten la configuración y el aprovisionamiento de servicios.

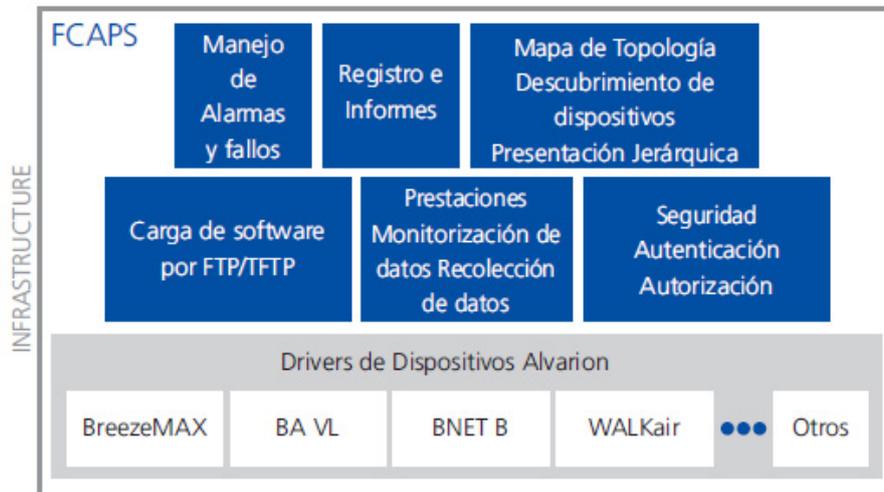


Figura 3.45: Nivel de infraestructura del Alvaristar.

Fuente: (Alvarion, 2010)

El sistema *Alvaristar* es una aplicación cliente-servidor, compuesta por los siguientes componentes:

- Servidor de aplicaciones: coordina todos los componentes del sistema y se comunica con subsistemas y dispositivos de red usados.
- Agentes de mediación: proveen servicios para la comunicación con sistemas y dispositivos externos.
- Base de datos: almacena objetos de red y negocios (tales como dispositivos y su configuración, ubicaciones, alarmas, datos del funcionamiento, etc.)
- Clientes GUI: para el acceso a la información y a los procesos de gestión de Alvaristar.

La arquitectura de *Alvaristar* es extremadamente flexible, desde un sistema mínimo, a un todo en uno, con todos los componentes de la misma tal como se observa en la Figura 3.46.

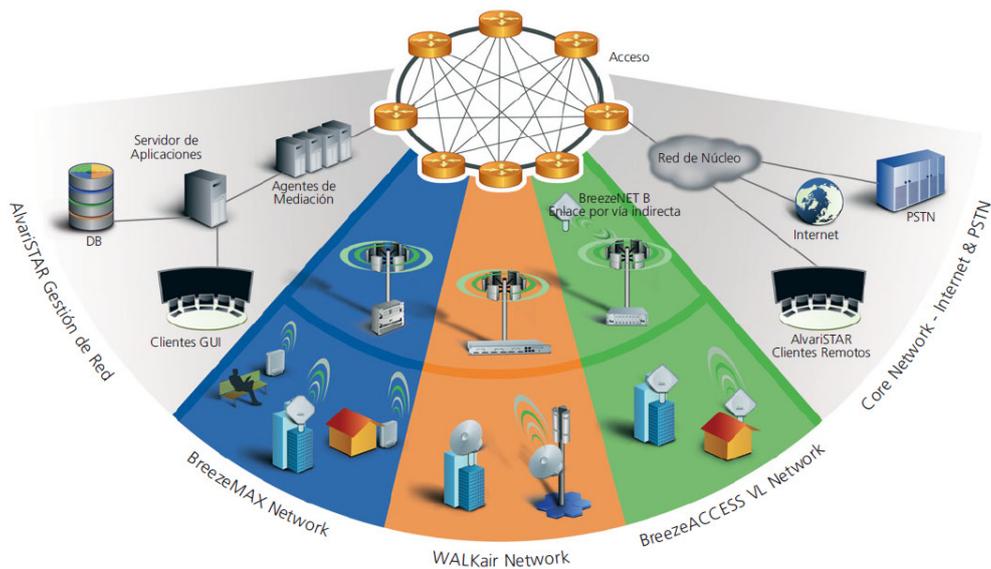


Figura 3.46: Arquitectura del Alvaristar.

Fuente: (Alvarion, 2010)

3.5.2. Funciones de Gestión

Alvaristar soporta aplicaciones de gestión de red comunes cumpliendo con los estándares TMN (*Telecommunications Management Network*), aportando una funcionalidad de gestión exhaustiva en cuanto a fallos, configuración, ejecución y seguridad a través de las diferentes funciones de gestión:

- Gestión de fallos: Alvaristar soporta una rápida y efectiva detección, aislamiento y resolución de fallos. Soporta el informe en tiempo real y capacidades extensas de visión y gestión a través de su gestor de alarmas, tal como en la Figura 3.47.

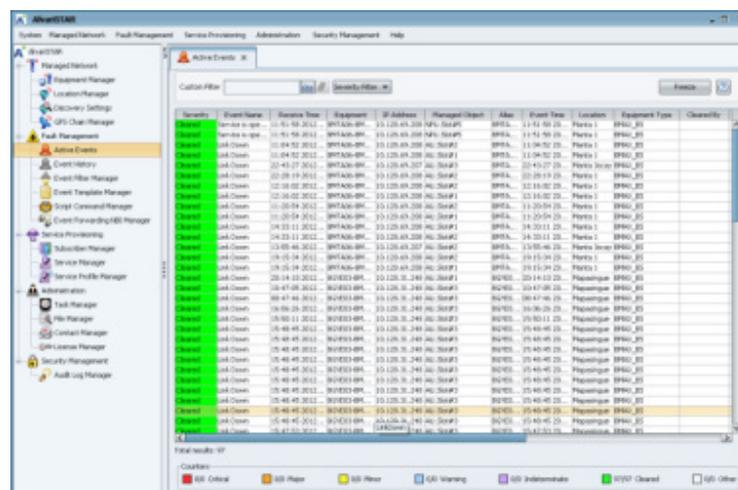


Figura 3.47: Gestor de alarmas del Alvaristar.

Fuente: (Autor)

- Gestión de configuración: Equipado para la configuración y el aprovisionamiento, Alvaristar simplifica el despliegue y el mantenimiento de la red, como resultado los operadores pueden incrementar la escalabilidad de la red con facilidad para incluir centenares de estaciones base y miles de estaciones móviles de clientes en su gestor de equipos como se puede observar en la Figura 3.48.

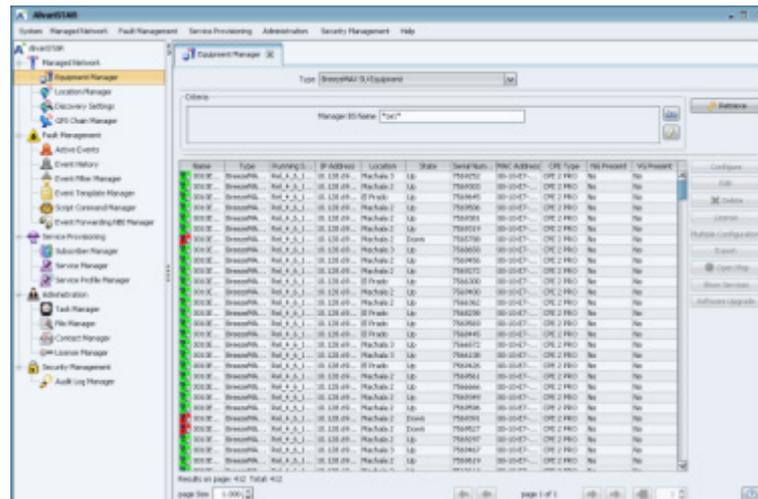


Figura 3.48: Gestor de equipos del Alvaristar.

Fuente: (Alvarion, 2010)

- Gestión del servicio: Alvaristar ofrece un aprovisionamiento instantáneo de los servicios del abonado, este aprovisionamiento requiere simplemente hacer coincidir los usuarios con perfiles de servicio predefinidos que contienen todas las configuraciones requeridas para establecer los diferentes perfiles de servicios. Estos perfiles se gestionan y distribuyen globalmente a la red por Alvaristar.
- Gestión de seguridad: Alvaristar implementa una autorización de acceso de nivel múltiple. Los administradores de red pueden gestionar a los usuarios y grupos de usuarios mediante la autorización de funciones específicas del sistema para grupos o usuarios individuales. Un administrador de red puede restringir el permiso de gestión para un equipo específico de la red, a usuarios especiales o grupos de usuarios.

3.6. COSTOS DE IMPLEMENTACION DE LA RED

Los costos FOB de implementación del presente diseño se detallan en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20: Costos de implementación del diseño de red.

#	EQUIPO	MARCA	MODELO	CANT.	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
1	Shelter	Knurr	Tecoras Outdoor	1	3000,00	3000,00
2	Estación base Wimax	Alvarion	BreezeMAX TDD Micro Base Station	1	11000,00	11000,00
3	ODU Wimax	Alvarion	AU-ODU-HP-TDD-3.5b	4	1500,00	6000,00
4	Antena Dual 65° Wimax	Alvarion	BS ANT 65/3.5 DP	2	900,00	1800,00
5	Adaptador GPS	Alvarion	Indoor GPS Receiver	1	300,00	300,00
6	Antena GPS	Alvarion	Outdoor GPS Antenna	1	563,00	563,00
7	Soporte H	N/A	N/A	1	300,00	300,00
8	Licencia para micro estación base	Alvarion	Management fee per TDD microBST	1	1500,00	1500,00
9	Licencia de 150 CPE's	Alvarion	BMAX-MBST-150SU-UPG	1	2000,00	2000,00
10	CPE Wimax	Alvarion	BreezeMax SI 2000 CPE	150	350,00	52500,00
11	IDU de microondas	Huawei	Opti RTN IDU 605 2F	2	10000,00	20000,00
12	ODU de microondas	Huawei	Opti RTN 600 SP series	4	3000,00	12000,00
11	Antena de microondas	Huawei	OptiX RTN 600 Antenna	2	2000,00	4000,00
12	Acoplador híbrido de microondas	Huawei	Opti RTN 600 Hybrid Coupler	2	1000,00	2000,00
13	Switch	Huawei	CX200C	1	2559,00	2559,00
13	Banco de rectificadores	Eltek	Flatpack S 1U 2R	1	1040,00	1040,00
14	Módulo rectificador	Eltek	Flatpack S 48V 1000W HE	2	287,63	575,26
15	Baterías	PowerSafe	SBS C11F 12V 92 Ah	4	379,35	1517,40
16	Trabajos de obra civil e implementación.			1	15000,00	15000,00
TOTAL						137654,66

Fuente: (Autor)

CONCLUSIONES:

Luego de terminar el presente proyecto y en base al diseño obtenido se pudo concluir lo siguiente:

1. Wimax es una tecnología de acceso inalámbrico que brinda muchos beneficios y prestaciones para el despliegue de redes de telefonía fija o internet en zonas rurales, tales como un costo inferior y tiempos más cortos de implementación, operación y mantenimiento frente a los de una red cableada.
2. Los equipos Wimax de *Alvarion* son una excelente opción para el acceso inalámbrico de última milla en zonas rurales debido a sus múltiples prestaciones como escalabilidad de servicios y conexión punto a multipunto con y sin línea de vista. Mientras que para el transporte y enlaces de datos que alimentarán la red del presente diseño, los equipos *Huawei* brindan enlaces de comunicación fiables y con configuración de respaldo 1+1 para evitar cortes de servicio.
3. Se comprobó la factibilidad técnica del presente diseño tanto en la parte del enlace de transporte por microonda de como en la cobertura de la estación Wimax a todo el sitio Galayacu, por lo cual se convierte en un diseño atractivo para poder suplir la necesidad de telefonía fija de los habitantes del sitio y a su vez suplir también la necesidad de una operadora como Ecuadortelem S.A. de brindar dicho servicio en una zona rural dentro de su área de concesión para poder cumplir con lo establecido en el Plan de Servicio Universal y evitar una sanción cuando los entes de control establezcan que dicho operador ya deba extender su cobertura a una zona rural.
4. La implementación de una red que provea del servicio de telefonía fija en el Sitio Galayacu permitirá cubrir la necesidad de ese servicio básico a sus habitantes a un precio muy bajo de \$ 0.06 el minuto que es la tarifa establecida por los entes de control para zonas rurales, lo que les brindará varios beneficios socioeconómicos tales como poder acceder de manera más rápida a otros servicios básicos como el servicio de emergencia del ECU911, mantener

comunicación constante con sus familiares en el exterior (ya que en el sitio hay un alto índice de migración al extranjero), fomento de la actividad agropecuaria del sector, etc.

5. El despliegue de esta solución estaría a la vanguardia tecnológica en el campo de servicios de telecomunicaciones en zonas rurales siendo una de las pioneras usando la tecnología Wimax, lo cual dejaría sentado un precedente para la ampliación de coberturas a zonas rurales por parte de las operadoras telefónicas existentes en el país que tengan que cumplir con lo indicado en el Plan de Servicio Universal.
6. El diseño que se elaboró permite la escalabilidad del mismo, tanto como para poder ampliar su cobertura en caso de ser necesario por el crecimiento habitacional del sitio como para poder brindar nuevos servicios que aumenten el tráfico de datos.
7. El presente diseño no afecta de ninguna manera al medio ambiente del sitio ya que no se tendría que talar árboles o vegetación porque la estación base sería ubicada en los alrededores y su despliegue no produciría contaminación lo que evitaría quejas de los habitantes del sector y posibles trabas a dicho despliegue.
8. Los objetivos planteados desde el inicio del presente proyecto fueron totalmente cumplidos a cabalidad por el autor, logrando obtener un diseño de red que supla una necesidad básica tanto de los habitantes como del operador.

RECOMENDACIONES:

1. La correcta operación de la red del presente diseño depende de diversas actividades como el monitoreo y gestión de alarmas; configuración, soporte y mantenimiento de equipos; soporte técnico a los clientes; entre otros; por lo que el operador deberá contar con personal calificado para que se realicen estas actividades primordiales para el correcto funcionamiento de la red lo cual se verá reflejado en una excelente calidad de servicio.
2. Cuando se despliegue la red el operador debería hacer pruebas internas con su personal para descartar problemas en toda la red por unos días, luego de lo cual deberán ejecutar un programa de clientes amigables para que habitantes del sector tengan el servicio de telefonía fija gratis por una semana o dos con restricciones en la cantidad de minutos sobre todo en llamadas internacionales y celulares para que puedan probar el servicio e indiquen si presentaron problemas o no.
3. El operador deberá realizar manuales del proceso de instalación y activación de los CPE y el servicio de telefonía fija para el personal que contrate, de manera que dicho personal realice de manera eficiente dichas actividades lo que brindaría un servicio de calidad a los clientes en esta parte.
4. El operador deberá determinar basado en un análisis de espectro que frecuencia de su banda licenciada de 3.5 GHz podrá utilizar verificando la que mejor SNR tenga y de paso descartar que no hayan interferencias en dicha frecuencia.
5. Durante el despliegue de la red cuando la estación base ya esté en funcionamiento, el operador podrá realizar si lo desea un *test drive* para determinar hasta que distancia fuera del área de cobertura determinada en el presente diseño llega la señal de la estación base y con qué calidad para tener un estudio de referencia para a futuro ver la posibilidad de expandir la cobertura de la estación base a otros sitios cercanos en caso de ser necesario.

6. El presente diseño de red fue dirigido a brindar el servicio de telefonía fija al sitio Galayacu por ser este un servicio básico, pero toda la tecnología y equipos seleccionados permiten que el operador tenga la disponibilidad técnica de poder dar otros servicios como internet por ejemplo, para lo cual el operador debería en el futuro hacer un análisis de mercado para considerar la posibilidad de expandir sus servicios en este sitio.

BIBLIOGRAFIA:

1. Alvarion. (2011). BreezeMAX® TDD Micro Base Station System Manual. Recuperado: Abril-2014.
http://www.alvarion.com/addons/support/ics/product_support_form/215813_BreezeMAX%20TDD%20Ver.4.7%20Micro%20Base%20Station%20System%20Manual_110210.pdf
2. Alvarion. (2010). Alvaristar User Manual. Recuperado: Junio-2014.
http://www.alvarion.com/addons/support/ics/product_support_form/215668_Alvaristar_Ver.4.7_User_Manual_100706.pdf
3. Alvarion. (2009). BreezeMAX® Si 2000 CPE User Manual. Recuperado: Mayo-2014.
http://www.alvarion.com/addons/support/ics/product_support_form/BreezeMAX%20Si%202000%20CPE_Ver.1.0_User%20Manual_090910.pdf
4. Arias, Daliana. Avila, Juan. Cardozo, Joan. (2014). Telecomunicaciones Rurales. Recuperado: Abril-2014.
<http://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/articulos/ArticuloTelecomunicacionesRuralesver1.0.pdf>
5. Carmona, Antonio. (2008). Planificación Mediante Atoll De Red Wimax Móvil Para Los Centros De La Universidad De Sevilla. Tesis de grado. Universidad De Sevilla, Sevilla, España. Recuperado: Marzo-2014.
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11677/>
6. Eltek. (2013). Flatpack S 1U Systems. Recuperado: Junio-2014.
http://www.eltek.com/wip4/download_doc_647.epl?id=6847
7. Eltek. (2013). Flatpack S 48V Rectifiers. Recuperado: Junio-2014.
http://www.eltek.com/wip4/download_doc_647.epl?id=7494

8. Eltek. (2013). Smartpack S. Recuperado: Junio-2014.
http://www.eltek.com/wip4/download_doc_647.epl?id=6858
9. Escobar, Eduardo. De La Rosa, Jonathan. Gaviño, Pablo. (2009). Diseño de una red para proveer servicios de voz y datos en la ciudad de Guayaquil usando el acceso inalámbrico del estándar WIMAX. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Recuperado: Enero-2014.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5910/1/D-39086.pdf>
10. Huawei (2011). Introduction of OptiX RTN600 V100R003 Hybrid Hardware.
11. Huawei (2008). Hardware Description Quidway CX200 Metro Services Platform.
12. Knürr AG. (2008). Product Manual Breeze Box Outdoor Cabinet.
13. Página oficial del Wimax Forum. Recuperado: Diciembre-2013.
<http://www.wimaxforum.org>
14. Página oficial del IEEE. Recuperado: Diciembre-2013.
<http://www.ieee.org>
15. PowerSafe. (2014). PowerSafe. Recuperado: Julio-2014.
http://www.enersys.com/PowerSafe_SBS_Batteries.aspx?langType=1033
16. Rangel, Victor. (2009). Modelado de Redes Wimax. Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México. Recuperado: Enero-2014.
[http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/CCNA/Productos/Notas%20de%20Curso/Manual%20de%20a%20Asignatura%20de%20Redes%20Inalambricas%20de%20Banda%20Ancha%20\(Avance%2050%25\).pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/CCNA/Productos/Notas%20de%20Curso/Manual%20de%20a%20Asignatura%20de%20Redes%20Inalambricas%20de%20Banda%20Ancha%20(Avance%2050%25).pdf)

17. Superintendencia de Telecomunicaciones. (2014). Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada. Recuperado: Diciembre-2013.
http://www.supertel.gob.ec/pdf/leyes_reglamentos/reglamento_ley_especial_telecomunicaciones.doc

18. Superintendencia de Telecomunicaciones. (2014). Estadísticas de telefonía fija y móvil, acceso a internet, cibercafés, televisión pagada y Servicios Portadores. Recuperado: Mayo-2014.
http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_k2&view=item&id=21:servicios-de-telecomunicaciones&Itemid=90

19. Universidad Politécnica de Madrid. (2007). Tutorial de Radio Mobile. Recuperado: Mayo-2014.
<http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/catedras/mediosdetransmision/files/ManualRadioMobile.pdf>

20. Wifi Y Wimax, Una visión global. Recuperado: Enero-2013.
es.scribd.com/doc/97554481/Wifi-Wimax-Una-Vision-Global

GLOSARIO:

- AAA: Authentication, Authorization and Accounting, corresponde a un tipo de protocolos que realizan tres funciones: Autenticación, Autorización y Contabilización. La expresión protocolo AAA no se refiere pues a un protocolo en particular, sino a una familia de protocolos que ofrecen los tres servicios citados.
- ACK: Un ACK (acknowledgement) en español acuse de recibo, en comunicaciones entre computadores, es un mensaje que el destino de la comunicación envía al origen de ésta para confirmar la recepción de un mensaje. Si el mensaje está protegido por un código detector de errores y el dispositivo de destino posee además capacidad para procesar dicha información, el ACK también puede informar si se ha recibido de forma íntegra y sin cambios.
- AES: Advanced Encryption Standard, es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos. El AES fue anunciado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) como FIPS PUB 197 de los Estados Unidos (FIPS 197) el 26 de noviembre de 2001 después de un proceso de estandarización que duró 5 años. Se transformó en un estándar efectivo el 26 de mayo de 2002. Desde 2006, el AES es uno de los algoritmos más populares usados en criptografía simétrica.
- AMC: Adaptive Modulation and Coding, es un término utilizado en las comunicaciones inalámbricas para denotar la adecuación de la modulación, la codificación y otros parámetros del protocolo y de la señal a las condiciones en el enlace de radio (por ejemplo, la pérdida de propagación, la interferencia debido a señales provenientes de otros transmisores, la sensibilidad del receptor, el margen disponible de potencia del transmisor, etc.).
- ARQ: Automatic Repeat-reQuest, son protocolos utilizados para el control de errores en la transmisión de datos, garantizando la integridad de los mismos. Estos suelen utilizarse en sistemas que no actúan en tiempo real ya que el tiempo que se pierde en el reenvío puede ser considerable y ser más útil emitir mal en el momento que correctamente un tiempo después. Esto se puede ver muy claro con una aplicación de videoconferencia donde no resulta de utilidad emitir el pixel correcto de la imagen 2 segundos después de haber visto la imagen.

- ATM: El Modo de Transferencia Asíncrona o Asynchronous Transfer Mode es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones. Con esta tecnología, a fin de aprovechar al máximo la capacidad de los sistemas de transmisión, sean estos de cable o radioeléctricos, la información no es transmitida y conmutada a través de canales asignados en permanencia, sino en forma de cortos paquetes (celdas ATM) de longitud constante y que pueden ser enrutadas individualmente mediante el uso de los denominados canales virtuales y trayectos virtuales.
- BE: Entrega de mejor esfuerzo (Best-effort delivery, en inglés) designa un tipo de servicio de red en el que la red no puede garantizar que los datos lleguen a su destino, ni ofrecer al usuario una determinada calidad de servicio (QoS) en sus comunicaciones. En una red de mejor esfuerzo todos los usuarios reciben el mejor servicio posible en ese momento, lo que significa que obtendrán distintos anchos de banda y tiempos de respuesta en función del volumen de tráfico en la red.
- BEAMFORMING: Es una tecnología capaz de incrementar la cobertura de un punto de acceso tradicional (WiFi - 802.11 a, b o g), a través del redireccionamiento controlado de los saltos de señal generados en frecuencias de 2.4 y 5.8 GHz.
- BPSK: Este esquema es la modulación de desplazamiento de fase de 2 símbolos. Es el más sencillo de todos los PSK, puesto que solo emplea 2 símbolos, con 1 bit de información cada uno. Es también el que presenta mayor inmunidad al ruido, puesto que la diferencia entre símbolos es máxima (180°). Dichos símbolos suelen tener un valor de salto de fase de 0° para el 1 y 180° para el 0, como se muestra en un diagrama de constelación. En cambio, su velocidad de transmisión es la más baja de las modulaciones de fase.
- BTU: La british thermal unit, es una unidad de energía. Se usa principalmente en los Estados Unidos, aunque ocasionalmente también se puede encontrar en documentación o equipos antiguos de origen británico. En la mayor parte de los ámbitos de la técnica y la física ha sido sustituida por el julio que es la unidad correspondiente del Sistema Internacional de Unidades.

- BWA: El Acceso de Banda Ancha Inalámbrico BWA (Broadband Wireless Access) comprende las tecnologías que proporcionan a los dispositivos un acceso inalámbrico de alta velocidad a las redes de datos. Es decir, el BWA provee la misma conectividad que las tecnologías de acceso de banda ancha alámbricas tales como el xDSL y el cablemodem.
- CPE: Customer Premises Equipment o Equipo Local del Cliente es un equipo de telecomunicaciones usado tanto en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación. El equipo puede proveer una combinación de servicios incluyendo datos, voz, video y un host de aplicaciones multimedia interactivos.
- CPU: Central Processing Unit o Unidad Central de Procesamiento, es el componente principal del ordenador y otros dispositivos programables, que interpreta las instrucciones contenidas en los programas y procesa los datos. Las CPU proporcionan la característica fundamental del ordenador digital (la programabilidad) y son uno de los componentes necesarios encontrados en los ordenadores de cualquier tiempo, junto con la memoria principal y los dispositivos de entrada/salida.
- DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol, o protocolo de configuración dinámica de host, es un protocolo de red que permite a los clientes de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente. Se trata de un protocolo de tipo cliente/servidor en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme éstas van quedando libres, sabiendo en todo momento quién ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se la ha asignado después.
- DIFFSERV: Los Servicios Diferenciados DiffServ proporcionan un método que intenta garantizar la calidad de servicio en redes de gran tamaño, como puede ser Internet. Analiza varios flujos de datos en vez de conexiones únicas o reservas de recursos. Esto significa que una negociación será hecha para todos los paquetes que envía una organización, ya sea una universidad, un proveedor de servicios de internet o una empresa. Los contratos resultantes de esas negociaciones son llamados Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA), e inevitablemente implican un intercambio oneroso. Estos SLA especifican qué

clases de tráfico serán provistos, qué garantías se dan para cada clase y cuántos datos se consideran para cada clase.

- DOCSIS: Data over cable service interface specification o especificación de interfaz para servicios de datos por cable, se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV) existente. Muchos operadores de televisión por cable lo emplean para proporcionar acceso a Internet sobre una infraestructura HFC (red híbrida de fibra óptica y coaxial) existente.
- DSL: Digital Subscriber Line, línea de suscripción digital es una familia de tecnologías que proporcionan el acceso a Internet mediante la transmisión de datos digitales a través de los cables de una red telefónica local. Es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada, a esta familia pertenecen las líneas de abonado: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2.
- DVB-H: Digital Video Broadcasting Handheld es un estándar abierto desarrollado por DVB. La tecnología DVB-H constituye una plataforma de difusión IP orientada a terminales portátiles que combina la compresión de video y el sistema de transmisión de DVB-T, estándar utilizado por la TDT. DVB-H hace compatible la recepción de la TV terrestre en receptores portátiles alimentados con baterías. Es decir, DVB-H es una adaptación del estándar DVB-T adaptado a las exigencias de los terminales móviles.
- EAP: Extensible Authentication Protocol es un framework de autenticación usado habitualmente en redes WLAN Point-to-Point Protocol. Aunque el protocolo EAP no está limitado a LAN inalámbricas y puede ser usado para autenticación en redes cableadas, es más frecuente su uso en las primeras. Recientemente los estándares WPA y WPA2 han adoptado cinco tipos de EAP como sus mecanismos oficiales de autenticación.
- EB: Estación base es una instalación fija o moderada de radio para la comunicación media, baja o alta bidireccional. Se usa para comunicar con una o más radios móviles o teléfonos celulares. Las estaciones base normalmente se

usan para conectar radios de baja potencia. La estación base sirve como punto de acceso a una red de comunicación fija o para que dos terminales se comuniquen entre sí yendo a través de la estación base.

- FDD: Frequency-division duplexing o duplexación por división de frecuencia, significa que el transmisor y el receptor operan a diferentes frecuencias portadoras. El término es usado frecuentemente entre los radio aficionados, donde un operador está tratando de contactar un repetidor. La estación debe ser capaz de enviar y recibir al mismo tiempo, y hace esto alterando ligeramente la frecuencia a la que envía y recibe. Este modo de operación es referido como modo dúplex o modo complemento.
- FEC: Forward Error Correction es un tipo de mecanismo de corrección de errores que permite su corrección en el receptor sin retransmisión de la información original. Se utiliza en sistemas sin retorno o sistemas en tiempo real donde no se puede esperar a la retransmisión para mostrar los datos. Este mecanismo de corrección de errores se utiliza por ejemplo, en las comunicaciones vía satélite, en las grabadoras de DVD y CD o en las emisiones de TDT para terminales móviles.
- FFT: Fast Fourier Transform o Transformada rápida de Fourier, es un algoritmo que permite calcular la transformada de Fourier discreta (DFT) y su inversa. La FFT es de gran importancia en una amplia variedad de aplicaciones, desde el tratamiento digital de señales y filtrado digital en general a la resolución de ecuaciones en derivadas parciales o los algoritmos de multiplicación rápida de grandes enteros. El algoritmo pone algunas limitaciones en la señal y en el espectro resultante.
- FTP: File Transfer Protocol o Protocolo de Transferencia de Archivos, es un protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP (Transmission Control Protocol), basado en la arquitectura cliente-servidor. Desde un equipo cliente se puede conectar a un servidor para descargar archivos desde él o para enviarle archivos, independientemente del sistema operativo utilizado en cada equipo.
- IEEE: Electrónica Institute of Electrical and Electronics Engineers o Instituto de Ingeniería Eléctrica, es una asociación mundial de técnicos e ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas. Con cerca de 425

000 miembros y voluntarios en 160 países, es la mayor asociación internacional sin ánimo de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, científicos de la computación, ingenieros en informática, matemáticos aplicados, ingenieros en biomédicina, ingenieros en telecomunicación, ingenieros en mecatrónica, etc.

- IF: Frecuencia intermedia es la Frecuencia que en los aparatos de radio que emplean el principio superheterodino se obtiene de la mezcla de la señal sintonizada en antena con una frecuencia variable generada localmente en el propio aparato mediante un oscilador local y que guarda con ella una diferencia constante. Esta diferencia entre las dos frecuencias es precisamente la frecuencia intermedia.
- IP: Internet Protocol o Protocolo de Internet, es un protocolo de comunicación de datos digitales clasificado funcionalmente en la Capa de Red según el modelo internacional OSI. Su función principal es el uso bidireccional en origen o destino de comunicación para transmitir datos mediante un protocolo no orientado a conexión que transfiere paquetes conmutados a través de distintas redes físicas previamente enlazadas según la norma OSI de enlace de datos.
- JITTER: Es la variabilidad temporal durante el envío de señales digitales, una ligera desviación de la exactitud de la señal de reloj. 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.
- LOS: Line of Sight o Línea de vista es un término utilizado para un enlace de radio que debe tener visibilidad directa entre antenas, por lo que no debe haber obstáculo entre ambas.
- MAC: Media access control o Control de acceso al medio es el conjunto de mecanismos y protocolos a través de los cuales varios interlocutores se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común. No es el mismo concepto que la multiplexación aunque ésta es una técnica que pueden utilizar los mecanismos de control de acceso al medio.
- MAN: Metropolitan Area Network o red de área metropolitana, es una red de alta velocidad que da cobertura en un área geográfica extensa, proporciona

capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo, sobre medios de transmisión tales como fibra óptica y par trenzado.

- MPEG: Moving Picture Experts Group es un grupo de trabajo de expertos que se formó por ISO y IEC para establecer estándares para el audio y la transmisión video. Fue establecido en 1988 por iniciativa de Hiroshi Yasuda (Nippon Telegraph and Telephone) y Leonardo Chiariglione, que ha sido desde el principio el presidente del grupo.
- MPLS: Multiprotocol Label Switching, es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.
- MULTICAST: Multidifusión o multicast es el envío de la información en múltiples redes a múltiples destinos simultáneamente.
- NLOS: Non Line of Sight o Sin Línea de Vista, es un término utilizado en comunicaciones mediante radiofrecuencia. Se usa para describir un trayecto parcialmente obstruido entre la ubicación del transmisor de la señal y la ubicación del receptor de la misma. Los obstáculos incluyen árboles, edificios, montañas y otras estructuras u objetos construidos por el hombre u obra de la naturaleza.
- OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing o Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, es una multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK.
- OFDMA: Orthogonal Frequency-Division Multiple Access es la versión multiusuario de la conocida OFDM. Se utiliza para conseguir que un conjunto de usuarios de un sistema de telecomunicaciones puedan compartir el espectro de un cierto canal para aplicaciones de baja velocidad. El acceso múltiple se consigue dividiendo el canal en un conjunto de subportadoras (subcarriers) que se reparten en grupos en función de la necesidad de cada uno de los usuarios.

- PDH: Synchronous Digital Plesiochronous o Jerarquía Digital Plesiócrona, es una tecnología usada en telecomunicación tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión. También puede enviarse sobre fibra óptica, aunque no está diseñado para ello y a veces se suele usar en este caso SDH. La jerarquía usada en Latinoamérica es la misma de Europa que agrupa 30+2 canales de 64 Kbps para obtener 2048 Kbps (E1). Luego multiplexado por 4 sucesivamente se obtiene jerarquías de nivel superior con las velocidades de 8 Mbps (E2), 34 Mbps (E3) y 139 Mbps (E4).
- PDU: Protocol data unit o unidades de datos de protocolo, se utilizan para el intercambio de datos entre unidades dispares, dentro de una capa del modelo OSI. Existen dos clases: de datos y de control.
- PHY: La capa física PHY es la interfaz entre el MAC y el medio inalámbrico. Provee de tres niveles de funcionalidad: intercambiar tramas entre PHY y MAC, utilizar portador de señal y modulación de espectro ensanchado para transmitir tramas a través del medio y proveer al MAC de un indicador de detección de portadora para señalar actividad en el medio.
- POLLING: Es una forma de control en redes de área local, según la cual la unidad central de procesamiento pide, de acuerdo con una programación determinada a cada puesto de trabajo conectado a la red, si ha de enviar alguna información. También se puede entender como el sondeo que realiza un servidor para comprobar el estado de cada terminal en una red.
- PROXY: Es un programa o dispositivo que realiza una acción en representación de otro. Por ejemplo, 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.
- PSTN: Public Switched Telephone Network o Red Telefónica Conmutada, se define como el conjunto de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios para enlazar a voluntad dos equipos terminales mediante un circuito físico que se establece específicamente para la

comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma. Se trata por tanto, de una red de telecomunicaciones conmutada

- QAM: Quadrature Amplitude Modulation o modulación de amplitud en cuadratura, es una técnica que transporta datos, mediante la modulación de la señal portadora, tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasada en 90° . La señal modulada en QAM está compuesta por la suma lineal de dos señales previamente moduladas en Doble Banda Lateral con Portadora Suprimida.
- QoS: Quality of Service o Calidad de Servicio, es el rendimiento promedio de una red de telefonía o de computadoras, particularmente el rendimiento visto por los usuarios de la red. Cuantitativamente medir la calidad de servicio son considerados varios aspectos del servicio de red, tales como tasas de errores, ancho de banda, rendimiento, retraso en la transmisión, disponibilidad, jitter, etc.
- QPSK: Este esquema de modulación es conocido también como Quaternary PSK (PSK Cuaternaria). Esta modulación digital es representada en el diagrama de constelación por cuatro puntos equidistantes del origen de coordenadas. Con cuatro fases, QPSK puede codificar dos bits por cada símbolo. La asignación de bits a cada símbolo suele hacerse mediante el código Gray, que consiste en que, entre dos símbolos adyacentes, los símbolos solo se diferencian en 1 bit, con lo que se logra minimizar la tasa de bits erróneos.
- RF: El término radiofrecuencia se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro, se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.
- ROAMING: La itinerancia o roaming es un concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra. El concepto de itinerancia utilizado en las redes Wi-Fi significa que el dispositivo Wi-Fi del cliente puede desplazarse e ir registrándose en diferentes bases o puntos de acceso.
- RSSI: Received Signal Strength Indicator o Indicador de Fuerza de la Señal Recibida, es una escala de referencia (en relación a 1 mW) para medir el nivel de potencia de las señales recibidas por un dispositivo en las redes inalámbricas. El

RSSI indica intensidad recibida, no calidad de señal, ya que ésta última se determina contrastando la intensidad de la señal respecto de la relación señal/ruido.

- SDH: Synchronous Digital Hierarchy o Jerarquía Digital Síncrona, es un conjunto de protocolos de transmisión de datos. Se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados. La trama básica de SDH es el STM-1, con una velocidad de 155 Mbit/s. Los niveles superiores se forman a partir de multiplexar a nivel de *byte* varias estructuras STM-1, dando lugar a los niveles STM-4, STM-16, STM-64 y STM-256.
- SDU: Service Data Unit o Unidad de datos de servicio, es el nombre que se usa en el modelo OSI para describir una unidad de datos una vez derivada a la capa inferior en la pila de protocolos y que, una vez encapsulada por dicha capa, se convierte en la unidad de datos de protocolo de la misma.
- SFP: Small Form-factor Pluggable o transceptor de factor de forma pequeño conectable, de forma abreviada conocido como SFP, es un transceptor compacto y conectable en caliente utilizado para las aplicaciones de comunicaciones de datos y telecomunicaciones. Están diseñados para soportar Sonet, canal de Fibra, Gigabit Ethernet y otros estándares de comunicaciones.
- SNCP: Subnetwork Connection Protection o Protección de Conexión de Subred es un mecanismo de protección dedicado que consiste en reemplazar una conexión de subred de trabajo con una conexión de subred de protección cuando la primera falla o su calidad cae por debajo del nivel requerido.
- SNMP: Simple Network Management Protocol o Protocolo Simple de Administración de Red, es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red. Los dispositivos que normalmente soportan SNMP incluyen routers, switches, servidores, estaciones de trabajo, impresoras, bastidores de módem y muchos más. Permite a los administradores supervisar el funcionamiento de la red, buscar y resolver sus problemas, y planear su crecimiento

- SNR: Signal to noise ratio o relación señal/ruido se define como la proporción existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios.
- SUPERTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones es el ente autónomo encargado del control de las telecomunicaciones en Ecuador.
- TDD: Time Division Duplexing o Duplexación por división de tiempo, es una técnica para convertir un canal simplex en un canal dúplex separando las señales enviadas y recibidas en intervalos de tiempos diferentes sobre el mismo canal usando acceso múltiple por división de tiempo.
- THROUGHPUT: Se llama throughput o caudal al volumen de trabajo o de información que fluye a través de un sistema. Así también se le llama al volumen de información que fluye en las redes de datos.
- TMN: Telecommunications Management Network o Administración de Redes de Telecomunicaciones, es un conjunto internacional de normas especificadas por la UIT-T para la gestión de redes de telecomunicaciones, es decir un conjunto de sistemas necesarios para apoyar la gestión de la red y servicios de telecomunicaciones en las actividades de planificación, aprovisionamiento, instalación, mantenimiento, operación y administración.
- UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de Telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.
- UNICAST: Es el envío de información desde un único emisor a un único receptor. Se contrapone a multicast (envío a ciertos destinatarios específicos, más de uno), broadcast (radiado o difusión, donde los destinatarios son todas las estaciones en la red) y anycast (el destinatario es único, uno cualquiera no especificado).
- VOIP: Voice over IP o Voz sobre Protocolo de Internet, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP. Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional como las redes PSTN.

- WIFI: Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con Wi-Fi, pueden conectarse a Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica.
- WIMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access o Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas, es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,3 a 3,5 GHz y puede tener una cobertura de hasta 50 km. Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio.

**ANEXOS: IMÁGENES DEL
SITIO Y ESPECIFICACIONES
DE EQUIPOS**

1.5 Specifications

1.5.1 Radio

Table 1-1: Radio Specifications

Item	Description	
Frequency Range	Unit/Band	Frequency (MHz)
	AU-ODU-HP-2.3	2300 - 2360
	AU-ODU-HP-2.3b	2340 - 2400
	AU-ODU-HP-2.3-WCS	2305 - 2317, 2348 - 2360 (including WCS filter)
	AU-ODU-HP-2.5-A	2496 - 2602
	AU-ODU-HP-2.5-B	2590 - 2690
	AU-ODU-HP-TDD-3.3a	3300-3355
	AU-ODU-HP-TDD-3.3b	3345-3400
	AU-ODU-HP-TDD-3.4a	3399.5 - 3455
	AU-ODU-HP-TDD-3.4b	3445 - 3500
	AU-ODU-HP-TDD-3.5a	3500 - 3555
	AU-ODU-HP-TDD-3.5b	3545 - 3600
	AU-ODU-TDD-3.6b	3650 - 3700
Operation Mode	TDD	
Channel Bandwidth	<input checked="" type="checkbox"/> 3.5 MHz <input checked="" type="checkbox"/> 5 MHz	
Central Frequency Resolution	0.125 MHz (actual configurable frequencies depend on the local radio regulations and allocated spectrum)	
Antenna Port (AU-ODU)	N-Type, 50 Ohm	
Max. Input Power (at AU-ODU antenna port)	-60 dBm before saturation -8 dBm before damage	

Table 1-1: Radio Specifications (Continued)

Item	Description			
Output Power (at AU-ODU antenna port)	2.x GHz:	36 dBm +/- 1 dB maximum Power control range: 6 dB, in 1 dB steps		
	3.3 GHz	3.3a: 32 dBm +/- 1 dB maximum 3.3b: 33 dBm +/- 1 dB maximum Power control range: 10 dB, in 1 dB range		
	3.5 GHz	34 dBm +/- 1 dB maximum Power control range: 10 dB, in 1 dB range		
	3.6 GHz	22 dBm +/- 1 dB maximum Power control range: 10 dB, in 1 dB steps		
Modulation	OFDM in the Downlink, OFDMA-16 in the Uplink (N x SUs per Symbol, N=1-16), BPSK, QPSK, QAM16, QAM64			
FEC	Convolutional Coding: 1/2, 2/3, 3/4			
Typical Sensitivity (BER=1E-6)	Modulation & Coding	Minimum SNR (dB)	Sensitivity (dBm) @ 3.5 MHz BW	Sensitivity (dBm) @ 5 MHz BW
	BPSK 1/2	2.5	-98.5	-97
	QPSK 1/2	5.9	-94.5	-93
	QPSK 3/4	8.6	-91.5	-90
	QAM16 1/2	11.4	-87.5	-86
	QAM16 3/4	14.8	-84.5	-83
	QAM64 2/3	20	-80.5	-79
	QAM64 3/4	20.9	-78.5	-77

1.5.2 2.X GHz Antennas (Optional)

Table 1-2: Base Station 2.X GHz Antennas, Electrical Specifications

Item	Description
BS ANT 60/2.X V	16.5 dBi minimum in the 2.3-2.7 GHz band, 60°AZ x 7°EL sector antenna, vertical polarization, compliance with ETSI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01) and RoHS
BS ANT 90/2.X V	15.5 dBi minimum in the 2.3-2.7 GHz band, 90°AZ x 7°EL sector antenna, vertical polarization, compliance with ETSI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01) and RoHS
BS ANT 120/2.X V	14 dBi minimum in the 2.3-2.7 GHz band, 120°AZ x 7°EL sector antenna, vertical polarization, compliance with ETSI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01) and RoHS
BS ANT 65/2.X DP	2 x 17 dBi minimum in the 2.3-2.7 GHz band, 65°AZ x 7°EL sector antenna, dual slant +/- 45° polarization, compliance with ETSI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01) and RoHS

Table 1-2: Base Station 2.X GHz Antennas, Electrical Specifications (Continued)

Item	Description
BS ANT 90/2.X DP	2 x 15.5 dBi minimum in the 2.3-2.7 GHz band, 90°AZ x 8°EL sector antenna, dual slant +/- 45° polarization, compliance with ETSI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01) and RoHS
BS ANT 120/2.X DP	2 x 13 dBi minimum in the 2.3-2.7 GHz band, 120°AZ x 8°EL sector antenna, dual slant +/- 45° polarization, compliance with ETSI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01) and RoHS

1.5.3 3.x GHz Antennas (Optional)

Table 1-3: Base Station 3.x GHz Antennas, Electrical Specifications

Item	Description
BS ANT 60V/3.3-3.8	16.5 dBi minimum in the 3.3-3.8 GHz band, 60° AZ x 7° EL, vertical polarization, compliant with ESTI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01)
BS ANT 90V/3.3-3.8	14.5 dBi minimum in the 3.3-3.8 GHz band, 90° AZ x 7° EL, vertical polarization, compliant with ESTI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01)
BS ANT 120V/3.3-3.8	13 dBi typical in the 3.3-3.8 GHz band, 120° AZ x 7° EL, vertical polarization, compliant with ESTI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01)
BS ANT 60/3.5H	16 dBi typical in the 3.4-3.7 GHz band, 60° AZ x 9° EL, horizontal polarization, compliant with EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01)
BS ANT 90/3.5H	14 dBi typical in the 3.4-3.7 GHz band, 90° AZ x 8° EL, horizontal polarization, compliant with EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01)
BS ANT 65/3.5 DP	2 x 16.5 dBi minimum in the 3.3-3.8 GHz band, 65°AZ x 7°EL sector antenna, dual slant +/- 45° polarization, compliance with ETSI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01) and RoHS
BS ANT 90/3.5 DP	2 x 15.5 dBi minimum in the 3.3-3.8 GHz band, 90°AZ x 7°EL sector antenna, dual slant +/- 45° polarization, compliance with ETSI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01) and RoHS
BS ANT 120/3.5DP	2 x 13 dBi minimum in the 3.3-3.8 GHz band, 120°AZ x 7°EL sector antenna, dual slant +/- 45° polarization, compliance with ETSI EN 302 326-3 V1.2.1 (2007-01) and RoHS
Omni ANT 3.4-3.6	10 dBi typical in the 3.4-3.6 GHz band, 360° AZ x 9° EL, vertical polarization

1.5.4 Micro Base Station IDU to AU-ODU Communication

Table 1-4: Micro Base Station IDU to AU-ODU Communication

Item	Description
IF Frequency	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tx: 240 MHz ■ Rx: 140 MHz
Ref Synchronization Frequency	64 MHz
Bi-Directional Control Frequency	14 MHz
IF cable Impedance	50 Ohm
Maximum IF cable Attenuation	10 dB @ 240 MHz 7.5 dB @ 140 MHz 8 dB @ 64 MHz
Minimum IF cable Shielding Effectiveness	90 dB in the 10-300 MHz band
Minimum IF cable Return Loss	20 dB in the 10-300 MHz band
Maximum IF cable DC Resistance	1.5 Ohm

1.5.5 Data Communication (Ethernet Ports)

Table 1-5: Data Communication (Ethernet Ports)

Item	Description	
Standard Compliance	IEEE 802.3 CSMA/CD	
Maximum Packet Size	1550 Bytes (including 4 CRC bytes and 4 VLAN tag bytes)	
Speed and Duplex	Data Port	10/100 Mbps, Full Duplex
	Management Port	10/100 Mbps, Half/Full Duplex with Auto Negotiation

1.5.6 Configuration and Management

Table 1-6: Configuration and Management

Item	Description
Out Of Band (OOB) Management	<ul style="list-style-type: none"> ■ Telnet via Management port ■ SNMP via Management port ■ Monitor port

Table 1-6: Configuration and Management

Item	Description
In Band (IB) Management via Data Port	<ul style="list-style-type: none"> ■ SNMP ■ Telnet
SNMP Agents	SNMP ver 1 client MIB II (RFC 1213), Private BreezeMAX MIBs
Authentication	RADIUS
Software upgrade	Using TFTP
Configuration upload/download	Using TFTP

1.5.7 Environmental

Table 1-7: Environmental Specifications

Type	Unit	Details
Operating temperature	Outdoor units	AU-ODU-HP-2.3-WCS: -52°C to 55°C All other ODUs: -40°C to 55°C Outdoor GPS Receiver: -40°C to 85°C Outdoor Antenna of Indoor GPS Receiver: -40°C to 70°C
	Indoor equipment	0°C to 40°C
Operating humidity	Outdoor units	5%-95% non condensing, Weather protected
	Indoor equipment	5%-95% non condensing

1.5.8 Standards Compliance, General

Table 1-8: Standards Compliance, General

Type	Standard
EMC	<ul style="list-style-type: none"> ■ ETSI EN 301 489-1/4 ■ ETSI EN 300-385
	<ul style="list-style-type: none"> ■ EN 60950-1 ■ UL 60 950-1

Table 1-8: Standards Compliance, General

Type	Standard
Environmental	ETS 300 019: <ul style="list-style-type: none"> ■ Part 2-1 T 1.2 & part 2-2 T 2.3 for indoor & outdoor ■ Part 2-3 T 3.2 for indoor ■ Part 2-4 T 4.1E for outdoor
Radio	<ul style="list-style-type: none"> ■ ETSI EN 301 753 V.1.1.1 ■ ETSI EN 301 021 V.1.6.1 ■ FCC 04-135 ■ FCC 27.53

1.5.9 Services

Table 1-9: Services

Item	Description
Max number of Services per Micro Base Station	1,023 (One or several services may be defined per subscriber, one or more subscribers can be supported per SU)
Max number of Service Profiles per Micro Base Station	1,024
Max number of Forwarding Rules per Micro Base Station	255
Max number of Priority Classifiers per Micro Base Station	255
Max number of QoS Profiles per Micro Base Station	255
Max number of Subscribers per Micro Base Station	1,024 (applicable only for permanent SUs)
Min number of data connections per Service	2 (1 uplink, 1 downlink)
Max number of data connections per Service	8 (4 uplink, 4 downlink)
Max number of data connections per SU	32
Max number of data connections per Micro Base Station	3072 - 3 x number of SUs (3 connections are reserved for each SU)
Max number of SUs per Micro Base Station	250

Table 1-9: Services

Item	Description
Max number of MAC addresses in Bridging Table	Micro Base Station: 1,000 SU: 512 (Aging time is configurable. The default is 3 minutes for SU, 10 minutes for Micro Base Station)
Max number of VLANs per Service	16
Max number of VLANs per SU	16
Max number of VLANs (VPL IDs) per Micro Base Station	1,024
Max number of concurrent voice calls per Voice/L2 Service (with DRAP based Service)	50
Max number of concurrent voice calls per Micro Base Station (with DRAP based Service)	50

1.5.10 Physical and Electrical

1.5.10.1 Mechanical

Table 1-10: Mechanical Specifications, Micro Base Station Equipment

Unit	Dimensions (cm)	Weight (kg)
Micro Base Station IDU	1U ETSI type shelf, 1U x 44.4 x 27.2	3
AU-ODU-HP (excluding 2.3 GHz WCS models)	32.9 x 15.7 x 16.9.9	6.1
AU-ODU-HP (2.3 GHz WCS models)	32.9 x 15.7 x 20.9	8.6
AU-ODU-3.6b	31.5 x 8.8 x 15.7	2.9
GPS Adapter	15.7 x 14.6 x 3.17	0.4
Outdoor Timing GPS Receiver (Accutime)	Tubular enclosure, 15.5 D x 12.7 H	0.363
Outdoor GPS Receiver (Lassen)	8.8 x 10.4 x 16 (including bracket)	0.38
Indoor GPS Receiver	1U x 30.8 x 21.3	1.4

* 1U=44.45 mm (1.75")

1.5.10.2 Electrical

Table 1-11: Electrical Specifications, Micro Base Station Equipment

Unit	Details	
Power Source	-40.5 to -60 VDC	
Power Consumption (excluding ODUs)	53W typical, 64W maximum	
AU-ODU-HP-2.x GHz	Tx (DL)	89W maximum, 75W typical
	Rx (UL)	15W maximum, 9W typical
AU-ODU-HP-3.3/3.5 GHz	Tx (DL)	90W maximum, 62W typical
	Rx (UL)	20W maximum, 14W typical
AU-ODU-3.6b	Tx (DL)	48W maximum, 27W typical
	Rx (UL)	17W maximum, 15W typical
GPS Adapter	12 VDC from the NPU, 1.2W maximum	
Indoor GPS Receiver	Power Source: -36 to -72 VDC Power Dissipation: 20W maximum, 12W typical	
Outdoor Timing GPS Receiver (Accutime)	12 VDC from the Micro Base Station via the GPS Adapter, 6W maximum	
Outdoor GPS Receiver (Lassen)	12 VDC from the NPU via the GPS Adapter, 2W maximum	

1.5.10.3 Connectors

Table 1-12: Connectors, Micro Base Station Equipment

Connector	Connector	Description
Micro Base Station IDU	DC IN (on rear panel)	3 pin D-Type male Amphenol P/N 17TWA3W3PR157
	DATA	10/100Base-T (RJ-45) with 2 embedded LEDs. Cable connection to a PC: Crossed Cable connection to a hub: Straight
	MGMT	10/100Base-T (RJ-45) with 2 embedded LEDs. Cable connection to a PC: Crossed Cable connection to a hub: Straight
	GPS/SYNC IN	15-pin micro D-Type jack
	GPS/SYNC OUT	15-pin micro D-Type jack
	MON	3-pin low profile jack
	ODU 1 - ODU 2	4 x TNC jack, lightning protected
	ALRM IN	9-pin micro D-Type jack
	ALRM OUT	9-pin micro D-Type jack
AU-ODU	IF	TNC jack, lightning protected
	ANT	N-Type jack, 50 Ohm, lightning protected
GPS Adapter	BASE STATION INTERFACE	15-pin D-Type jack
	IDU GPS CMD	9-pin D-Type jack
	IDU GPS 1PPS IN	BNC jack
	ODU GPS	RJ-45 jack
Indoor GPS Receiver	POWER	4 pins power plug
	TIME OF DAY CHANNEL	9-pin D-Type jack
	COMMAND CHANNEL	9-pin D-Type jack
	2.048MHz	BNC jack
	1PPS	BNC jack
	ANTENNA	TNC jack
Outdoor Timing GPS Receiver (Accutime)		12-pin round plug
Outdoor GPS Receiver (Lassen)		RJ-45, lightning protected

1.5.10.4 2.X GHz Antennas, Mechanical Specifications

Table 1-13: Micro Base Station 2.X GHz Antennas, Mechanical Specifications

Unit	Description	Dimensions (cm)	Weight (kg)
BS ANT 60/2.X V	Downtilt Mounting Kit: 2" to 4.5" pole Connector: N-Type female	109.3 x 21.3 x 12.4	5 maximum
BS ANT 90/2.X V	Downtilt Mounting Kit: 2" to 4.5" pole Connector: N-Type female	109.3 x 21.3 x 12.2	5 maximum
BS ANT 120/2.X V	Downtilt Mounting Kit: 2" to 4.5" pole Connector: N-Type female	109.3 x 20.5 x 11.9	5 maximum
BS ANT 65/2.X DP	Downtilt Mounting kit: 4 to 12 cm pole Connector: 2 x N-Type female	100 x 12 x 5	2 maximum
BS ANT 90/2.X DP	Downtilt Mounting kit: 4 to 12 cm pole Connector: 2 x N-Type female	100 x 12 x 5	2 maximum
BS ANT 120/2.X DP	Downtilt Mounting kit: 4 to 12 cm pole Connector: 2 x N-Type female	100 x 17 x 9	5 maximum

1.5.10.5 3.x GHz Antennas, Mechanical Specifications

Table 1-14: Micro Base Station 3.x GHz Antennas, Mechanical Specifications

Unit	Description	Dimensions (cm)	Weight (kg)
BS ANT 60V/3.3-3.8	Mounting kit: 2" to 4.5" pole Connector: N-Type female	76.6 x 15 x 8.7	2.2
BS ANT 90V/3.3-3.8	Mounting kit: 2" to 4.5" pole Connector: N-Type female	76.6 x 15 x 8.6	2.2
BS ANT 120V/3.3-3.8	Mounting kit: 2" to 4.5" pole Connector: N-Type female	76.6 x 14.4 x 8.3	2.0
BS ANT 60/3.5H	Mounting kit: 2" to 4" pole Connector: N-Type female	50 x 20 x 2.8	1.5
BS ANT 90/3.5H	Mounting kit: 2" to 4" pole Connector: N-Type female	60 x 25 x 5.5	2.0
BS ANT 65/3.5 DP	Downtilt Mounting kit: 4 to 12 cm pole Connector: 2 x N-Type female	85.1 x 16 x 6.1	2 maximum

Table 1-14: Micro Base Station 3.x GHz Antennas, Mechanical Specifications

Unit	Description	Dimensions (cm)	Weight (kg)
BS ANT 90/3.5 DP	Downtilt Mounting kit: 4 to 12 cm pole Connector: 2 x N-Type female	85.1 x 16 x 6.1	2 maximum
BS ANT 120/3.5 DP	Downtilt Mounting kit: 4 to 12 cm pole Connector: 2 x N-Type female	68.8 x 16 x 14.5	2 maximum
Omni ANT 3.4-3.6	Mounting bracket: up to 50 mm pole. Connector: N-Type female	67.5 tubular, 8 diameter	0.29

1.2 Specifications

1.2.1 WiMAX Radio

Table 1-4: WiMAX Radio Specifications

Item	Description
Radio Type	IEEE 802.16e WAVE 1 & WAVE 2
Frequency Band	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2300 MHz or ■ 2500 MHz or ■ 3500 MHz
Antenna Type	<ul style="list-style-type: none"> ■ Omnidirectional: Built-in dual dipole antennas Transmit: Single antenna
Channel Bandwidth	5.00, 7.00, and 10.00 MHz
Maximum Throughput	3.5 Mbps Upload, 13 Mbps download
Antenna Technology	Maximum-Ratio Combining (MRC)
Modulation Technique	<ul style="list-style-type: none"> ■ Scalable OFDMA employing Time-Division Duplex (TDD) mechanism ■ PRBS subcarrier randomization ■ Contains pilot, preamble, and ranging modulation
FEC Coding Rates	<ul style="list-style-type: none"> ■ Down Link: QPSK, 16 QAM, 64 QAM ■ Up Link: QPSK, 16 QAM, 64 QAM ■ FEC 1/2, 3/4, 5/6
Antenna Gain	<ul style="list-style-type: none"> ■ Omnidirectional: Gain: 5 dBi at 2.5 GHz, 4 dBi at 3.5 GHz, and 3 dBi at 2.3 GHz
TPL (Transmit Power Level)	+26 dBm maximum
Receive Sensitivity	-94 dBm maximum

1.2.2 WiFi Radio



NOTE

This section only applies to the 4M-CPE-Si-4D2V-WiFi-3.5-Omni.

Table 1-5: WiFi Radio Specifications

Item	Description
Radio Type	IEEE 802.11b, IEEE 802.11g
Frequency Band	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2.4 ~ 2.4835 GHz (US, Canada) ■ 2.4 ~ 2.497 GHz (Japan) ■ 3.4 ~ 3.6 GHz (ETSI)
Maximum Channels	<ul style="list-style-type: none"> ■ FCC/IC: 1-11 ■ ETSI: 1-13 ■ France: 10-13 ■ MKK: 1-14
Data Rates	<ul style="list-style-type: none"> ■ 802.11g: 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps (automatic fall back) ■ 802.11b: 1, 2, 5.5, 11 Mbps (automatic fall back)
Radio Technology	Orthogonal Frequency Divisional Multiplexing (OFDM)
Modulation Technique	<ul style="list-style-type: none"> ■ 802.11g: CCK, BPSK, QPSK, OFDM ■ 802.11b: CCK, BPSK, QPSK
FEC Coding Rates	1/2 2/3, 3/4
Max Tx Power Levels at Antenna Port	<ul style="list-style-type: none"> ■ 802.11b: 18 dBm* ■ 802.11g: 14 dBm*
RF Receive Sensitivity	<ul style="list-style-type: none"> ■ 802.11b: -88 dBm @ 11 Mbps ■ 802.11g: -74 dBm @ 54 Mbps
TPC (Transmit Power Control)	100%, 50%, 25%, 12.5%, Min (0 dBm).
Antenna	Diversity Antenna
*The maximum value can be lower depending on the radio band and modulation used. Check Table 1-6 for details.	

1.2.3 VoIP Specifications

Table 1-6: VoIP Specifications

Item	Description
Voice Signalling Protocol	SIP v2 (RFC 3261)

Table 1-6: VoIP Specifications

Item	Description
Voice Codecs	<ul style="list-style-type: none"> ■ G.711 (a-law and u-law) ■ G.726 ■ G.729ab ■ G.723 ■ AMR-NB
Voice Quality	<ul style="list-style-type: none"> ■ VAD (Voice Activity Detection) ■ CNG (Comfortable Noise Generation) ■ Echo cancellation (G.165/G168) ■ Adaptive jitter buffer, up to 200 milliseconds ■ DTMF tone detection and generation
Call Features	<ul style="list-style-type: none"> ■ Call transfer ■ Call waiting/hold/retrieve ■ 3-way conference call ■ Call blocking ■ T.38 fax relay ■ Dial plan (E.164 dialing plan) ■ Call forwarding: No Answer/Busy/All
REN (Ring Equivalent Number)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3 REN total in system

1.2.4 Configuration and Management

Table 1-7: Configuration and Management

Item	Description
Management options	<ul style="list-style-type: none"> ■ Web-based (HTTP/HTTPS) ■ TR-069
Management access	From Wired LAN, Wireless Link
Management access protection	Access Password

Table 1-7: Configuration and Management

Item	Description
Encryption	WEP 152-bits
Allocation of IP parameters	Configurable or automatic (DHCP client)
Software upgrade	HTTP
Configuration Upload/Download	HTTP

1.2.5 Mechanical

Table 1-8: Mechanical Specifications

Item	Description
Dimensions	169mm (H) X 184mm (W) X 80 (T) X 74mm
Weight	1.6kg
Mounting	Desktop

1.2.6 Electrical

Table 1-9: Electrical Specifications

Type	Details
AC Power Supply	Input: 100-240 VAC, 50-60 Hz, maximum power consumption 0.5A Output: 19 VDC, maximum power consumption 3.4A

1.2.7 Environmental

Table 1-10: Environmental Specifications

Item	Details
Operating Temperature	-5°C to 45°C
Storage Temperature	-40 to 75 °C
Humidity	Maximum 95%, non-condensing

1.2.8 Standards Compliance

Table 1-11: Standards Compliance

Type	Standard
EMC	<ul style="list-style-type: none"> ■ FCC Part 15B Class B ■ ETSI EN 301 489-1/4 ■ EN 55022 Class B
Safety	<ul style="list-style-type: none"> ■ UL 60950-1 ■ EN 60950-1 / IEC 60950-1
Radio	<ul style="list-style-type: none"> ■ FCC Part 25, 27 ■ EN 300 328, EN 302 326-1, EN 302 326-2 ■ ETSI EN 302 544-2
Standards	<ul style="list-style-type: none"> ■ IEEE 802.16e-2005 WAVE 1 and WAVE 2 ■ IEEE 802.3-2005 10BASE-T and 100BASE-TX ■ IEEE 802.11b and 802.11g ■ UPnP

ANEXO C: ALVARISTAR



**Carrier-class
WiMAX™
Network
Management
System (NMS)**

AlvariStar

AlvariStar is a carrier-class NMS for mobile and fixed WiMAX networks. AlvariStar enables operators and service providers to effectively manage WiMAX networks while maximizing resource usage and minimizing operational expenses (OPEX). A key component in the Star management suite, AlvariStar is a reliable and cost-effective platform that provides a full range of network surveillance, maintenance, configuration and fault handling capabilities.



Field-proven, WiMAX Optimized

A field-proven management platform based on a robust JAVA application server, AlvariStar enables management of large-scale access networks and supports expansion using distributed and scalable server architecture. Delivering maximum flexibility without compromising on stability, AlvariStar keeps broadband network expansion costs under close control.

Comprehensive FCAPS to Maximize Performance

AlvariStar provides comprehensive fault, configuration, real time, performance and security management functionality — all accessed via a single, uniform GUI. Designed to address the needs of network technicians, regional and national Network Operations Centers (NOCs), AlvariStar enables fully functional network surveillance, monitoring and configuration.

Northbound Interface

AlvariStar offers standard-based northbound (NBI) interfaces for higher level OSS and BSS connectivity. This is accomplished via an abstraction level to ensure smooth and quick integration. AlvariStar also supports Web Services (XML/SOAP) and SNMP northbound interfaces.

Batch and Bulk Operations

Particularly suited for bulk operations on large-scale deployments, AlvariStar supports batch configuration and maintenance tasks over multiple network elements. The task manager can be run manually or automatically at scheduled intervals and offers status indication or task progress and completion.

AlvariStar Benefits

- Control costs with gradual pay-as-you-grow configurations to fit to any size network
- Enable reduced OPEX and Total Cost of Ownership (TCO)
- Reduce costly repair personnel dispatch
- Simplify network maintenance
- Shorten time-to-market for new service introduction
- Smoothly integrate with OSS/BSS layers
- Increase subscriber loyalty and satisfaction

Headquarters

International Corporate HQ
corporate-sales@alvarion.com
North America HQ
na-america-sales@alvarion.com

Sales Contacts

Australia:
anz-sales@alvarion.com

Asia Pacific:
ap-sales@alvarion.com

Brazil:
bra-br-sales@alvarion.com

Canada:
canada-sales@alvarion.com

Caribbean:
carb-bean-sales@alvarion.com

China:
cn-sales@alvarion.com

Czech Republic:
czech-sales@alvarion.com

France:
france-sales@alvarion.com

Germany:
germany-sales@alvarion.com

Italy:
italy-sales@alvarion.com

Ireland:
uk-sales@alvarion.com

Japan:
jp-sales@alvarion.com

Latin America:
la-sales@alvarion.com

Mexico:
mexico-sales@alvarion.com

Nigeria:
nigeria-sales@alvarion.com

Philippines:
ph-sales@alvarion.com

Poland:
poland-sales@alvarion.com

Portugal:
sales-portugal@alvarion.com

Romania:
romania-sales@alvarion.com

Russia:
info@alvarion.ru

Singapore:
asean-sales@alvarion.com

South Africa:
africa-sales@alvarion.com

Spain:
spain-sales@alvarion.com

U.K.:
uk-sales@alvarion.com

Uruguay:
uruguay-sales@alvarion.com

For the latest contact information
in your area, please visit:
<http://www.alvarion.com/index.php?ter=companyworldwide-offices>



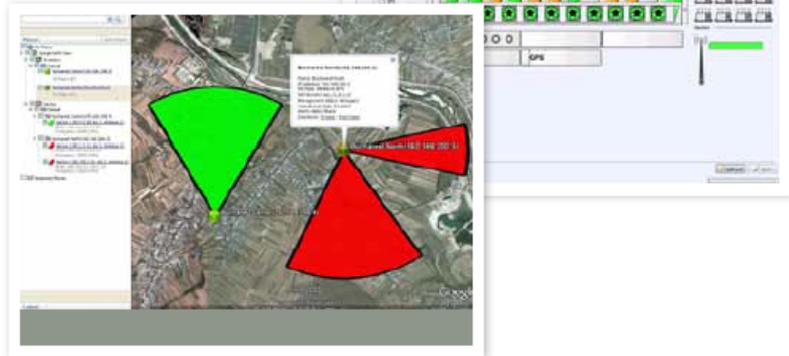
© Copyright 2010 Alvarion Ltd. All rights reserved.
Alvarion® its logo and all names, product and service names, names and logos are either registered trademarks, trademarks, trade names or service marks of Alvarion Ltd. in certain jurisdictions.
All other names are or may be the trademarks of their respective owners. The content herein is subject to change without further notice.
"WiMAX Forum" is a registered trademark of the WiMAX Forum. "WiMAX," the WiMAX Forum logo, "WiMAX Forum Certified" and the WiMAX Forum Certified logo are trademarks of the WiMAX Forum.

215132 rev.c

Specifications

Supported Alvarion WiMAX Portfolio

- BreezeMAX® Macro Outdoor 16e
- BreezeMAX Macro Indoor 16e
- BreezeMAX Micro Outdoor 16e
- Mini Centralized ASN-GW 16e
- BreezeMAX Macro Indoor 16e-ready
- BreezeMAX Micro Indoor 16e-ready
- BreezeMAX Macro Indoor 16d
- BreezeMAX Micro Indoor 16d
- BreezeMAX Extreme
- BreezeACCESS®



Alvarion's Star management suite is a comprehensive, robust, carrier-grade network management solution for enabling rapid network deployment and seamless, cost-effective operation of WiMAX services. The Star Suite includes:

- AlvariStar: Base station management for WiMAX network deployment and operation
- StarACS: Device management system supporting TR-69 devices
- StarDM: Large-scale, multi-protocol, standards-based device management system supporting WiMAX devices for automated device activation and service introduction
- StarQuality: Performance and traffic monitoring system for ensuring QoS and WiMAX network optimization
- StarReport: Powerful Business Objects-based tool providing network configuration and performance visibility for improved decision support

About Alvarion

Alvarion (NASDAQ:ALVR) is a global 4G communications leader with the industry's most extensive customer base, including hundreds of commercial 4G deployments. Alvarion's industry leading network solutions for broadband wireless technologies WiMAX, TD-LTE and WiFi, enable broadband applications for service providers and enterprises covering a variety of industries such as mobile broadband, residential and business broadband, utilities, municipalities and public safety agencies. Through an open network strategy, superior IP and OFDMA know-how, and ability to deploy large scale end-to-end turnkey networks, Alvarion is delivering the true 4G broadband experience today (www.alvarion.com)

ANEXO D: SHELTER OUTDOOR KNÜRR



PRODUCT MANUAL BREEZE BOX

2. Technical information

2.1 External dimensions

Width 669 mm

Depth 799 mm (excluding protruded swing handles – 25mm)

Height 2,070 mm

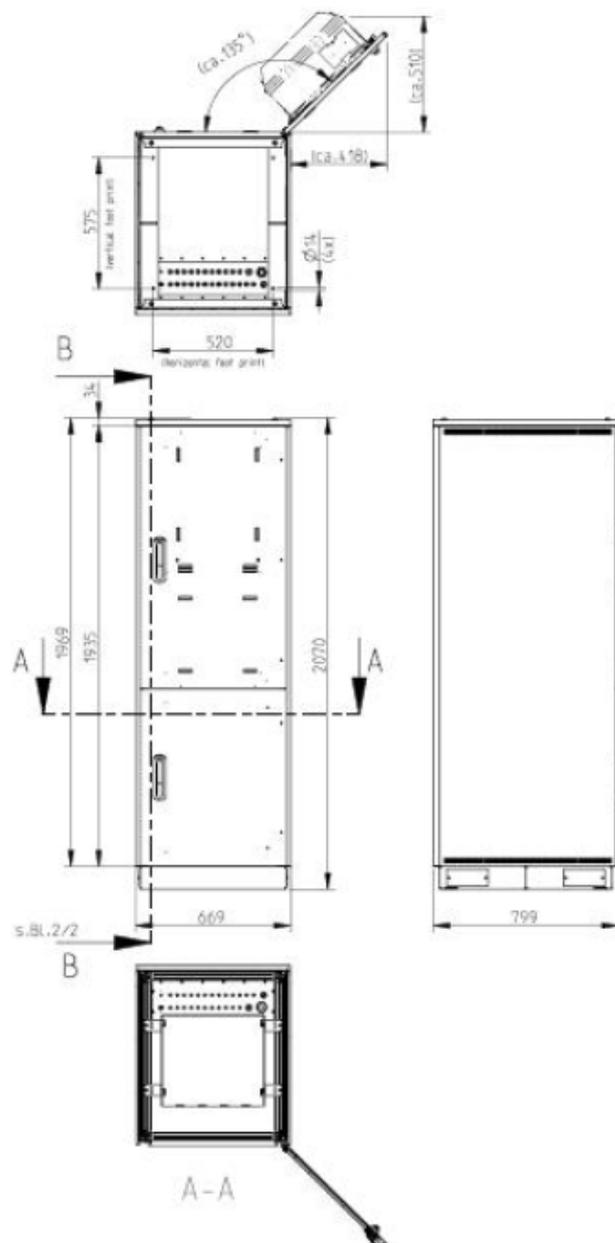


Fig. 1 External view

2.6 Finish and colour

All external and internal aluminium surfaces are colourless chromated .

The basic frame is made of polished aluminium.

The finish for the external panels is a powder coated RAL 7035 light-grey medium textured.

The door handles are of black colour.

2.7 Materials List

Table 1 General materials list

Material	Standard	Part
Aluminium extrusion	AlMgSi 0.5	Basic Frame, 19" uprights, Door frame
Aluminium die cast	GD-AISi12Cu	Edge connector, hinges, swing handle frame and handle, bushes for latching,cams
Polymers	Polyamide 6 (Nylon) Durethane	cable glands; cover for cams
Aluminium sheet metal	AlMg3 cr thickness 1.5mm, 2mm and 3mm	Side and rear panels, doors, roof, internal top and bottom cover, cable inlet panel, partition panel, bracket for smoke detector, bracket for DIN rail, plinth
Stainless steel sheet metal	1.4301, 4mm 1.4404	Gear rod, brackets for door contact switch; Pinions
Steel sheet metal	DX51D + Z140 M-B-C 1.5 mm, 2 mm (hot-dip galvanised)	Battery trays, DIN rail, bracket for rack light
IP gasket	Polyurethane	At doors, cable inlet panel

2.8 Keys and security screws

The door locks are of an Euro half-cylinder type in accordance with DIN 18252, maximum length 40mm.

Knürr supplies with simple cylinder lock code 1333.

The hoisting eyebolt access threads above of the rooftop are closed with 4 security screws type Ejot Torx Plus T25 IPR.

The cable access plates at the plinth are closed with Torx T25 screws.

ANEXO E: SWITCH HUAWEI

Component	Brief Description	Detailed Description
Cable	The CX200 uses the following cables: <ul style="list-style-type: none">• Power cable• Grounding cable• Console cable• Ethernet cable• Optical cable• 8CE1/CT1 cable• 4CE1/CT1 cable• Clock cable	For details, refer to Chapter 5 "Cables."

1.4 System Configuration and Physical Specifications

1.4.1 System Configuration

Table 1-2 shows the system configuration of the CX200.

Table 1-2 System configuration of the CX200

Item	Description
Dominant frequency of the processor	200 MHz
Switching capacity	12.8 Gbps
Packet forwarding capacity	9.6 Mpps
DDR memory	256 MB
Flash memory	32
Number of slots for the SIC	2

1.4.2 Physical Specifications

Table 1-3 shows the physical specifications of the CX200.

Table 1-3 Physical specifications of the CX200

Item		CX200A	CX200B	CX200C
Dimensions (width x depth x height)	With IEC297 rack-mounting ears	444 mm x 225 mm x 86 mm		
	With ETSI rack-mounting ears	535 mm x 225 mm x 86 mm		

Item		CX200A	CX200B	CX200C
Maximum power (configured to the full capacity)		95 W	75 W	95 W
Weight	Full configuration	≤ 5.0 kg	≤ 5.0 kg	≤ 5.0 kg
	Empty chassis	≤ 2.4 kg	≤ 2.4 kg	≤ 2.4 kg
DC input voltage	Rated voltage	-48 V DC/-60 V DC		
	Maximum voltage range	-36 V DC to -75 V DC		
AC input voltage	Rated voltage	110 V AC/220 V AC		
	Maximum voltage range	90 V AC to 264 V AC		
Temperature	Long-term operation	0°C to 45°C		
	Short-term operation	-5°C to +55°C		
Relative humidity	Long-term operation	5% RH to 85% RH		
	Short-term operation	0% RH to 95% RH		
Altitude	Long-term operation	Less than 3000 m		
	For storage	Less than 5000 m		

 **NOTE**

Short-term working condition means that the continuous working hours should be less than 48 hours and the total working hours for the entire year not more than 15 days under such conditions.

Maximum power is reached when the CX is configured to the full capacity with the most powerful cards.

ANEXO F: BANCO DE RETIFICADORES Y MÓDULOS ELTEK



Compact HE 1U power systems

Increasing network speed demands flexible and expandable DC power solutions. Due to its small size, high efficiency, reliability and wide range of communication, the Flatpack S System is the key for future needs. The shallow depth makes the system suitable for most cabinets and thereby excellent as a replacement unit.



FLATPACK S 1U SYSTEMS

1U x 19" 48V – 2R/3R

Doc CTOS0X01.DS3 – v3

APPLICATIONS

TELECOM – MOBILE / WIRELESS

- RADIO BASE STATIONS / CELL SITES
- LTE / 4G / WIMAX
- DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEMS
- MICROWAVE
- BROADBAND

TELECOM – FIXED

- TELEPHONY SERVERS / SWITCHES
- FIBER OPTICS / FTTX
- MICROWAVE
- CABLE
- BROADBAND



SMARTPACK S CONTROLLER



FLATPACK S 548V 1800W RECTIFIER

KEY FEATURES

- COMPLETE SYSTEM
 - SMARTPACK S CONTROLLER
 - RECTIFIERS
 - BATTERY DISTRIBUTION
 - LOAD DISTRIBUTION
- 262 MM SYSTEM DEPTH
- 1U HEIGHT
- HOT PLUGGABLE RECTIFIERS
- HOT PLUGGABLE CONTROLLER
- ADVANCED CONTROL AND MONITORING THROUGH ETHERNET PORT
- 2R (40A) LOAD OPTIONS
 - 7 X 20A MCB DRAWER (OPTIONAL LVLD)
 - 4 X 20A MCB FRONT
 - 7 X 15A FUSE FRONT
- 3R (100A) LOAD OPTIONS
 - 2 X 80A

FLATPACK S 1U SYSTEMS



1U X 19" 48V – 2R/3R

Model	1 Controller + 2 Rectifiers	1 Controller + 3 Rectifiers
Part number	CTOS0201.xxx	CTOS0301.xxx
INPUT DATA		
Voltage	100 - 250V _{AC}	100 - 250V _{AC}
Mains Configuration	230V _{AC} , 1 phase or 2 x 1phase	230V _{AC} , 3 x 1 phase or 3 phase (Δ) 230/400V _{AC} , 3 phase (Y)
Mains Connection	2,5mm ² Terminal blocks, rear connection	
Frequency	45 to 66Hz	
OUTPUT DATA		
Voltage	- 48Vdc	- 48Vdc
Max. Current	40A	100A
BATTERY DISTRIBUTION		
LVBD	Default	Default
Breaker (Plug-in type) maximum size	2 x 40A ¹⁾	2 x 80A ¹⁾
Connection (rear)	16mm ² Terminal blocks	M6 cable lug
LOAD DISTRIBUTION		
Rear connections	N/A	2 x 80A, M6 cable lug
Rear cable entry, front access	7 x 20A MCB ²⁾	
Connections, screw terminals	7 X 4mm ²	N/A
Optional LVLD	on MCB 1 and 2	
Front connections	4 x 20A MCB / 7 x 15A Fuse	
Plug-able screw terminals	4mm ²	N/A
CONTROL & MONITORING		
Smartpack S	6x Input/Output and Ethernet, See Smartpack S datasheet	
MECHANICAL DATA		
Dimensions (W/H/D)	19" 1U/262mm Recommended minimum cabinet depth, 300 mm	
Weight, including controller and distributions, excluding rectifiers	5.3 kg [11.7 lbs]	5.2 kg [11.5 lbs]
DESIGN STANDARDS		
Electrical safety	UL 60950-1, EN 60950-1	
EMC	ETSI EN 300 386 V.1.4.1 EN 61000-6-1 (immunity, light industry) EN 61000-6-2 (immunity, industry) EN 61000-6-3 (emission, light industry) EN 61000-6-4 (emission, industry)	
Environment	ETSI EN 300 019-2-1 Class 1.2 ETSI EN 300 019-2-2 Class 2.3 ETSI EN 300 019-2-3 Class 3.2	

1) If only one string is used, one of the battery breakers can be configured as a load breaker.
 2) Drawer solution, front access for actual connection, but cables enters from rear



COMPACT, RICH-FEATURED, HOT SWAPPABLE, ALL-IN-ONE CONTROLLER

The Smartpack S covers all control and monitoring needs of small to medium telecom and industrial dc power systems. Status and configuration is fully available through the display locally, or through the Ethernet plug both remote or locally.

Designed for the Flatpack S system platform, the Smartpack S finds its way into many space restricted application. Used in the 1U high, 265mm deep power racks, Smartpack S offers comprehensive monitoring and control of a 2-3kW system occupying less than 6 liters.



SMARTPACK S CONTROLLER

FOR 12V_{DC}, 24V_{DC}, 48 V_{DC} & 60 V_{DC} SYSTEMS

Doc 242100.41 0.DS3 - v2

APPLICATIONS

TELECOM – MOBILE / WIRELESS

- RADIO BASE STATIONS / CELL SITES
- LTE / 4G / WIMAX
- DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEMS
- BROADBAND



TELECOM – FIXED

- FIBEROPTICS / FTTX
- MICROWAVE
- CABLE
- BROADBAND



OFFSHORE AND PROCESS INDUSTRY

- SAFETY AND AUTOMATION SYSTEMS (SAS)



RAILWAY INFRASTRUCTURE

- CONTROL & PROTECTION
- SIGNALING

KEY FEATURES

- GRAPHICAL 2.2" TFT HIGH CONTRAST, HIGH RESOLUTION COLOR DISPLAY FOR EASY NAVIGATION IN USER MENU
- ETHERNET FOR REMOTE OR LOCAL MONITORING AND CONTROL VIA WEB BROWSER
- SNMP PROTOCOL WITH TRAP, SET AND GET ON ETHERNET. EMAIL OF TRAP ALARMS
- 6 PROGRAMMABLE RELAY OUTPUTS
- 6 PROGRAMMABLE MULTI-PURPOSE INPUTS ("DIGITAL INPUTS" OR ANALOG SIGNALS).
- COMPREHENSIVE LOGGING
- AUTOMATIC BATTERY MONITORING AND TEST
- BATTERY QUALITY INDICATION (BASED ON TEST RESULTS)

SMARTPACK S CONTROLLER



FOR 12V_{DC}, 24V_{DC}, 48 V_{DC} & 60 V_{DC} SYSTEMS

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Model	Smartpack S
Part number	242100.410
INPUT DATA	
Voltage (nominal)	10 - 75 V _{DC}
Power Consumption, max - no relays energized	3,1W (display sleep)
max - all relays energized	5,5W (display on)
SYSTEM CONNECTIONS - SYSTEM MONITORS	
Voltage sense, system voltage support	12 V _{DC} , 24 V _{DC} , 48 V _{DC} & 60V _{DC}
Current sense, shunt support	0 - 20mV and 0 - 60mV
Battery fuse monitoring	Auxiliary switch NO/NC, Pull up/down
Load fuse monitoring	Auxiliary switch NO/NC, Diode Matrix Pull up/down
Ground fault detection	Simple bridge circuit detection
SYSTEM CONNECTIONS - LVD CONTROL	
Battery disconnect	1 (latched or non-latched supported)
Load disconnect	1 (latched or non-latched supported)
INPUTS AND OUTPUTS	
Digital configurations, Inputs #1-6	Auxiliary switch: NO/NC
Analog configurations, Inputs #1-4	Analog Voltage[±0 - 10V] ±4-20mA current measurement (through external 470kΩ resistor) Temperature (for NTC probe)
Analog configurations, Inputs #5-6	Analog Voltage[0-75V] Symmetry measurement
Output configurations, Outputs #1-6 (alarms)	6x Relay-Dry/Form C Configurable Normally Open/Closed [Max capacity 75V/2A/60W]
USER INTERFACE	
Local	2.2" TFT 65k Colour display QVGA resolution 4 keys
Ethernet port	10/100 BASE-T HP Auto MDI/MDI-X IP protocols: HTTP / SSL, SNMP v3, MODBUS TCP and pComm UDP (PowerSuite)
Serial port	RS-232 and RS-485 on RJ11 connector Serial protocols: MODBUS RTU, Modem Call-Back/SMS reporting (PSTN or GSM), COMLI, CSCP and pComm (PowerSuite)
GENERAL SPECIFICATIONS	
Dimensions (WxHxD)	72.2 x 43.0 x 220.7mm (2.8 x 1.7 x 8.7")
Temperature Range	Operating -20 to +60°C (-40 to 140°F)
DESIGN STANDARDS	
Electrical safety	UL 60950-1-3 rd edition, EN 60950-1-3 rd edition
EMC	ETSI EN 300 386 V.1.4.1 EN 61000-6-1 / -2 / -3 / -4 FCC Part 15 Subpart 109
Marine ^{*)}	DNV-OS-D202, Ch.2 Sev.4 (DNV 2.4), Temperature Cl. B, Humidity Cl. B, Vibration Cl. A and EMC Class B
Environment	ETSI EN 300 019: 2-1 (Class 1.2), 2-2 (Class 2.3) & 2-3 (Class 3.2) ROHS compliant

*) As part of CA0603.000 Flatpack S3U Marine system

Doc 242100410.DS3 - v2

Specifications are subject to change without notice

Eltek — Gråterudveien 8, PB 2340 Strømsø, 3003 Drammen, Norway

Phone: +47 32 20 32 00

Eltek © 2013 - www.eltek.com

Compact HE rectifiers for small to medium telecom applications

The Flatpack S rectifiers incorporate Telecom specifications, high efficiency, ORing protection on output and high power in a small, 217 mm deep box.

Used in the 1U high, 2 or 3 rectifier positions power rack with Smartpack S controller and battery and load distributions, the Flatpack S rectifiers cover 2 to 5.4kW applications using a minimum of space, less than 6 liters, and low heat dissipation.



FLATPACK S 48V RECTIFIERS

1000W HE & 1800W HE

Doc 2411.22.1x5.DS3 - v2

APPLICATIONS

TELECOM - MOBILE / WIRELESS

- RADIO BASE STATIONS / CELL SITES
- LTE / 4G / WIMAX
- DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEMS
- MICROWAVE
- BROADBAND

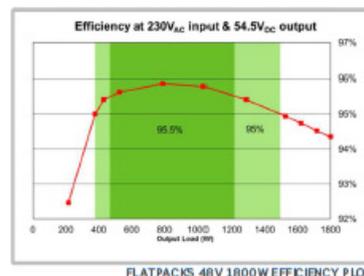
TELECOM - FIXED

- TELEPHONY SERVERS / SWITCHES
- FIBER OPTICS / FTTX
- MICROWAVE
- CABLE
- BROADBAND



KEY FEATURES

- SMALL
- SHORT
- POWER DENSITY - 47 W/INCH³
- HIGH EFFICIENCY
- ORING PROTECTION ON OUTPUT
- HOT PLUGGABLE
- VOLTAGE AND POWER KEYING



FLATPACK S 48V RECTIFIERS

1000W HE & 1800W HE



Model	48/1000 HE	48/1800 HE
Part number	241122.105	241122.125
INPUT DATA		
Voltage (nominal)	185 - 270 V _{AC} / 185 - 250 V _{DC} ¹⁾	195 ²⁾ - 277 V _{AC} / 195 ²⁾ - 250 V _{DC} ¹⁾
Voltage (operating range)	85 - 300 V _{AC} / 85 - 250 V _{DC} ¹⁾	85 ²⁾ - 305 V _{AC} / 85 ²⁾ - 250 V _{DC} ¹⁾
Current (maximum) @ nominal input, full load	5.9 A _{RMS}	9.9 A _{RMS}
Frequency	45 - 66 Hz / 0 Hz ¹⁾	
Power Factor	> 0.99 at 50% load or more	
Protection	Fuse in L & N Varistor Shutdown when input voltage is out of operating range	
OUTPUT DATA		
Voltage (default)	53.5 V _{DC}	
Voltage (adjustable range)	43.5 - 57.6 V _{DC}	
Power (maximum) @ nominal input	1000 W	1800 W
Power @ 85 V _{AC}	420 W	700 W ²⁾
Current (maximum) @ nominal input	20.9 A (@V _{OUT} < 48V _{DC})	37.5 A (@V _{OUT} < 48V _{DC})
Hold up time, maximum output power	>20ms; output voltage > 41 V _{DC}	>10ms; output voltage > 42 V _{DC}
Current sharing (10 - 100% load)	±5% of maximum current from 10 to 100% load	
Static Voltage regulation (10 - 100% load)	±0.5%	
Dynamic Voltage regulation	±5.0% for 10-90% or 90-10% load variation, regulation time < 50ms	
Ripple	< 150 mV _{PP} , 30 MHz bandwidth	
Protection	ORing FET Short circuit proof High temperature protection Over voltage Shutdown	
OTHER SPECIFICATIONS		
Efficiency	Up to 95.5 %	Up to 95.8 %
Isolation	3.0 kV _{AC} - input to output 1.5 kV _{AC} - input to earth 710 V _{DC} - output to earth	
Alarms: Red LED	Low and high input voltage shutdown, High and low temperature shutdown, Rectifier Failure, Overvoltage shutdown on output, Fan failure, Low output voltage alarm, CAN bus failure	
Warnings: Yellow LED	Rectifier in power de-rate mode, Remote output current limit activated, Input voltage out of range, flashing at overvoltage, Loss of CAN communication with controller	
Normal operation: Green LED		
MTBF (Telcordia SR-332 Issue I method III (a))	> 315 000 (@ T _{ambient} : 25 °C)	> 300 000 (@ T _{ambient} : 25 °C)
Operating temperature (5-95% RH n.cond. hum.)	-40 to + 85°C [-40 to +185°F]	
Maximum output power de-rates above temp / to	45°C [113°F] / 600W @ 85°C [185°F]	45°C [113°F] / 1000W @ 85°C [185°F]
Storage temperature	-40 to +85°C (-40 to +185°F), humidity 0 - 99% RH non-condensing	
Dimensions[WxHxD] / Weight	72 x 41.5 x 217mm (2.83 x 1.63 x 8.54") / < 850 g (1.9 lbs)	
DESIGN STANDARDS		
Electrical safety	UL 60950-1, EN 60950-1	
EMC	ETSI EN 300 386 EN 61000-6-1 / -2 / -3 / -4 TS 61000-6-5 FCC CFR 47 Part 15	
Environment	ETSI EN 300 019: 2-1 (Class 1.2), 2-2 (Class 2.3) & 2-3 (Class 3.2) RoHS (2011/ 65/EU) and WEEE (2002/96/EC) compliant	

1) DC input: only allowed when up-stream breaker is rated for the applicable DC input voltage and has a maximum current rating of 32A
2) For HW revisions 1 - 1.31, nominal range is 207 - 277 V_{AC} / 207 - 250 V_{DC} maximum output power at 176 V_{ACDC} is 1180 W with further linear de-rating to 90W at 122 V_{ACDC}. Not to be used in applications with 110/120V_{AC} mains.

ANEXO G: BANCO DE BATERIAS POWERSAFE



The PowerSafe® SBS® Front Terminal battery further extends the technical leadership of PowerSafe SBS battery product line: not only do PowerSafe SBS Front Terminal monoblocs retain the benefits typically associated with Thin Plate Pure Lead (TPPL) Technology such as long life, high energy density, superior shelf life, etc., they also deliver exceptional cyclic performance in both float and fast charge applications, even in the hottest and harshest operating environments.

Where conventional Valve Regulated Lead Acid (VRLA)/Absorbed Glass Mat (AGM) batteries struggle to cope with harsh conditions and frequent power outages, cutting edge (TPPL) technology makes PowerSafe 12V batteries the perfect solution for the challenging operating conditions of today's telecommunication networks.

PowerSafe SBS batteries are designed to high quality standards and a unique manufacturing methods means superior energy and power, high performance and proven reliability, there is no substitute to PowerSafe SBS Front Terminal batteries.

Features and Benefits

- Capacity range 31-190Ah
- 12V monobloc configurations
- Multiple string configurations available
- Two year shelf life
- SR4228 compliant
- Proven long service life
- High energy density and cycling capability



Visit us at www.enersys.com



Publication No: US-SBSF-RS-004 - January 2014

Construction

- Robust positive plates are designed to prolong service life and enhance corrosion resistance
- Separators are low resistance microporous (AGM). The electrolyte is absorbed within the AGM, preventing acid spills in case of accidental damage
- Container and cover in flame retardant UL94-V0 material, highly resistant to shock and vibration
- Terminals are stainless steel front access with top access copper alloy insert. Top and front access terminations provide maximum conductivity
- Self-regulating one way pressure relief valves prevents ingress of atmospheric oxygen

Installation and Operation

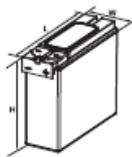
- Space efficient footprint
- VRLA design, reduces maintenance requirements
- Lifting handles for easy handling
- Greater than 10 year life expectancy in float service at 77°F (25°C)
- Increased active material surface area yields great cycling capability
- Operating temperature: -40°F (-40°C) to 122°F (50°C)
Recommended temperature: 68°F (20°C) to 86°F (30°C)

Standards

- Meets criteria for "non-spillable" batteries
- Complies with Telcordia® SR-4228, Network Equipment Building System (NEBS™) Criteria Levels
- The management systems governing the manufacture of this product are ISO 9001:2008 and ISO 14001:2004 certified

General Specifications

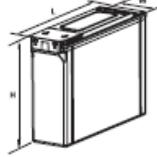
Cell Type	Nominal Capacity (Ah)		Nominal Dimensions						Weight - Volumes	
	10 hr rate to 1.80V/pc @20°C	8 hr rate to 1.75V/pc @77°F	Length		Width		Height		Unpacked	
			in	mm	in	mm	in	mm	lbs	kg
SBS B8F	31	31	11.9	303	3.8	97	6.3	159	22.7	10.3
SBS B 10F	38	38	11.9	303	3.8	97	7.2	184	28.2	12.8
SBS B 14F	62	62	11.9	303	3.8	97	10.4	264	42.0	19.1
SBS C 11F	92	91	16.4	417	4.1	105	10.1	256	61.6	28.0
SBS 100F	100	100	15.6	395	4.3	108	11.3	287	71.9	32.6
SBS 112F	112	112	22.1	561	4.9	125	9.0	228	90.4	41.1
SBS 145F	145	145	17.9	455	6.8	173	9.4	238	105.0	47.7
SBS 165F	165	165	17.9	455	6.8	173	10.8	273	117.4	53.3
SBS 170F	170	170	22.1	561	4.9	125	11.1	283	115.7	52.5
SBS 190F	190	190	22.1	561	4.9	125	12.4	316	132.3	60.0



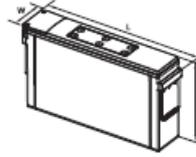
SBS B8F-B14F



SBS C11F



SBS 100F-112F



SBS 145F - 190F



www.enersys.com

EnerSys World Headquarters 2366 Barnville Road, Reading, PA 19605, USA Tel: +1-610-208-1991 / +1-800-538-3627

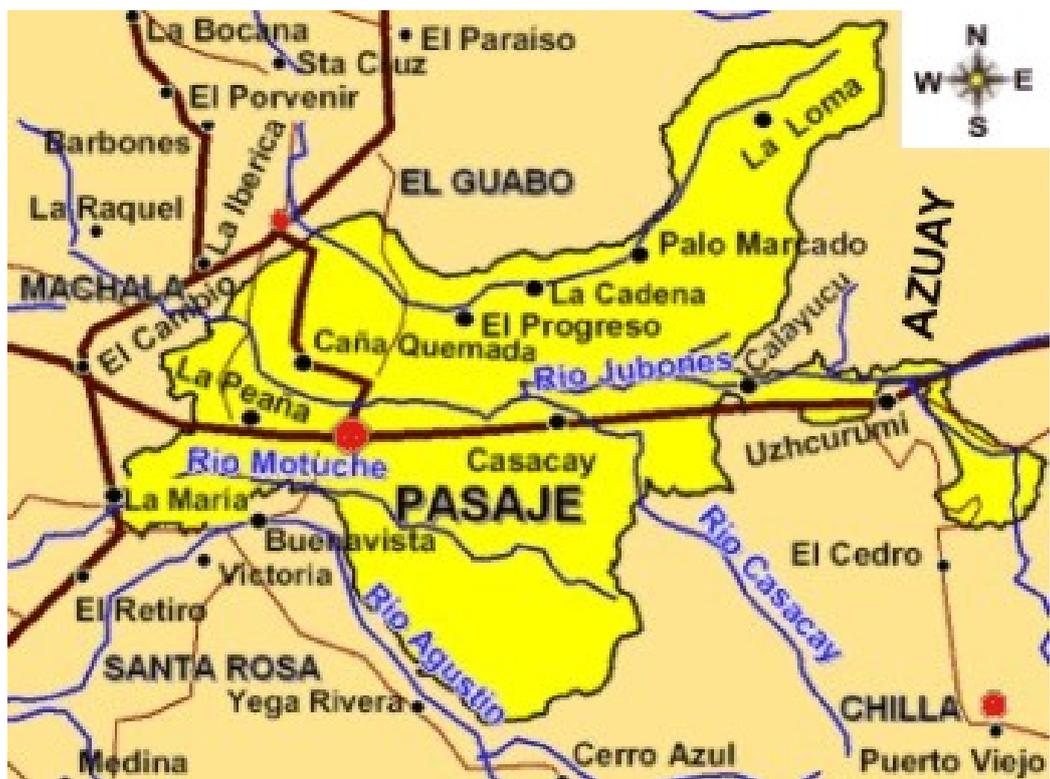
EnerSys EMEA EH Europe GmbH, Löwenstrasse 32, 8001 Zurich, Switzerland Tel: +41 44 215 74 10

EnerSys Asia 152 Beach Road, Gateway East Building #11-03, Singapore 189721 Tel: +65 6508 1780

© 2014 EnerSys. All rights reserved.
Trademarks and logos are the property of EnerSys and its affiliates, except NEBS, which is a trademark of Telcordia Technologies.
Subject to patents without prior notice. E&OE.

Publication No: US-66SF-RS-004 - Jan 2014

ANEXO H: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO GALAYACU



Ubicación del sitio Galayacu dentro del Cantón Pasaje.



Ubicación del Cantón Pasaje dentro de la Provincia de El Oro.

ANEXO I: FOTOS DEL SITIO GALAYACU Y UBICACIÓN DE EB



Entrada al Sitio Galayacu.



Vista aérea del Sitio Galayacu.



Vista aérea del Sitio Galayacu.



MALEZA QUE
DEBERA SER
LIMPIADA

Ubicación de la base de concreto para estación base Wimax.



Poste y acometida que alimentaría de AC a la estación base Wimax.



Poste y acometida que alimentaría de AC a la estación base Wimax.