

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED WMAN DE SERVICIOS DE TELEMEDICINA QUE INTERCONECTE UNIDADES MÓVILES DE SALUD Y HOSPITALES FIJOS

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

GEOVANNA ANDREINA ROSERO CÁCERES
geo23andreina@hotmail.com

DIRECTOR: ING. RAÚL ANTONIO CALDERÓN EGAS
a_calderon_e@hotmail.com

Quito, enero 2014

DECLARACIÓN

Yo, Geovanna Andreina Rosero Cáceres, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Geovanna Andreina Rosero Cáceres

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Geovanna Andreina Rosero Cáceres, bajo mi supervisión.

Ing. Antonio Calderón Egas

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a mi papá Jorge y mi mamá Sandra, por el apoyo incondicional que me han brindado y por los valores que me han inculcado.

A mis hermanos Jorge y Oscar por cuidarme, ayudarme y estar a mi lado siempre.

A mi abuela Dolores por darme su continuo y afectuoso aliento.

A Frank por su amor, cariño y ayuda incondicionales, por estar ahí cuando lo necesito y darme la motivación para esforzarme y alcanzar mi más preciado sueño.

A la Escuela Politécnica Nacional por acogerme en sus aulas, de igual modo a los profesores por compartir sus conocimientos y en especial al Ing. Antonio Calderón Egas por guiarme en el presente estudio.

Gracias a todas las personas que han formado parte de mi vida.

Geovanna.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia y a la persona más importante de mi vida:

A mis padres, por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en todo momento para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona y me han enseñado a nunca rendirme y dar todo mi esfuerzo hasta cumplir mis objetivos.

A mis hermanos, por estar siempre presentes, acompañándome mientras nos formamos juntos como personas luchadoras.

A Frank por ser la parte más importante de mi vida y el motivo que me hace querer ser mejor cada día.

Geovanna.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
CONTENIDO	V
RESUMEN	XI
PRESENTACIÓN	XII
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN A LA TELEMEDICINA	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 TELEMEDICINA	3
1.2.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2.2 DEFINICIÓN	4
1.3 RESEÑA HISTÓRICA	5
1.3.1 TELEMEDICINA EN EL ECUADOR	6
1.4 NIVELES DE ATENCIÓN HOSPITALARIA	8
1.4.1 DEFINICIÓN	9
1.4.1.1 Primer nivel (Complejidad baja)	9
1.4.1.2 Segundo nivel (Complejidad intermedia)	10
1.4.1.3 Tercer nivel (Complejidad alta)	10
1.5 UNIDADES MÓVILES DE SALUD	12
1.5.1 CONSULTORIO MÓVIL	13

1.5.2	TIPOS DE TRANSPORTES DE SALUD	13
1.6	SISTEMAS DE TELEMEDICINA.....	15
1.6.1	TOPOLOGÍAS POSIBLES	16
1.6.1.1	A-Centralizada	18
1.6.1.2	B-Jerarquizada sin Actualización	18
1.6.1.3	C-Referencia Jerarquizada-Transmisión Centralizada con Actualización	18
1.6.1.4	D-Referencia Jerarquizada-Trasmisión Jerarquizada con Actualización	18
1.6.2	SERVICIOS Y APLICACIONES DE TELEMEDICINA	20
1.6.2.1	Según el Tiempo de Atención	21
1.6.2.1.1	<i>Tiempo Diferido</i>	21
1.6.2.1.2	<i>Tiempo Real</i>	21
1.6.2.2	Según el Tipo de Servicio	22
1.6.2.2.1	<i>Teleconsulta</i>	22
1.6.2.2.2	<i>Telediagnóstico</i>	22
1.6.2.2.3	<i>Telecuidado</i>	22
1.6.2.2.4	<i>Telemetría</i>	23
1.6.2.2.5	<i>Teleeducación</i>	23
1.6.2.2.6	<i>Teleadministración</i>	23
1.6.2.2.7	<i>Teleterapia</i>	23
1.6.2.2.8	<i>Telefarmacia</i>	23
1.6.2.2.9	<i>Telecirugía</i>	24
1.6.2.3	Según el Tipo de Especialidad Médica	24
1.6.2.3.1	<i>Telerradiología</i>	24
1.6.2.3.2	<i>Telepatología</i>	25
1.6.2.3.3	<i>Telecardiología</i>	25
1.6.2.3.4	<i>Teleendoscopia</i>	25
1.6.2.3.5	<i>Teledermatología</i>	26
1.6.2.3.6	<i>Teleoftalmología</i>	26
1.6.3	SERVICIOS EN UNIDADES MÓVILES.....	26
1.6.4	INFORMACIÓN MÉDICA	27

1.6.4.1	Tipos de Información Médica	28
1.6.4.1.1	Audio.....	28
1.6.4.1.2	Datos (texto y señales)	28
1.6.4.1.3	Imágenes fijas.....	29
1.6.4.1.4	Imágenes en movimiento (Video).....	29
1.6.4.2	Ancho de Banda Recomendado	31
1.7	TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	32
1.7.1	COMUNICACIONES SATELITALES.....	32
1.7.1.1	GEO (Geosynchrónica Earth Orbit).....	32
1.7.1.2	MEO (Medium Earth Orbit).....	33
1.7.1.3	LEO (Low Earth Orbit).....	33
1.7.2	COMUNICACIONES TERRENAS POR RADIO	34
1.7.2.1	Wi-Fi (Wireless Fidelity)	35
1.7.2.2	WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access).....	36
1.7.3	COMUNICACIONES POR TELEFONÍA CELULAR	38
1.7.3.1	Tecnología 3G.....	38
1.7.3.1.1	CDMA2000	39
1.7.3.1.2	UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)	39
1.7.3.1.3	HSPA (High-Speed Packet Access).....	39
1.7.3.1.4	HSPA+ (HSPA Evolution)	40
1.8	FORMULACIÓN DE LA SITUACIÓN EN ESTUDIO	40
1.8.1	JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS DEL SISTEMA	40
1.8.2	SELECCIÓN DE UNA CIUDAD REFERENCIAL.....	42
1.8.3	SELECCIÓN DE TOPOLOGÍA.....	44
1.8.4	SERVICIOS Y TIPOS DE INFORMACIÓN EN UNIDADES MÓVILES.....	45
1.8.5	SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN INALÁMBRICA.....	48
1.8.6	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS	49
1.9	TECNOLOGÍA SELECCIONADA WIMAX MÓVIL.....	51
1.9.1	CARACTERÍSTICAS DE IEEE 802.16E WIMAX MÓVIL	52

CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA	55
2.1 INTRODUCCIÓN	55
2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO	55
2.2.1 LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES.....	55
2.2.2 ÁREA DE COBERTURA	56
2.2.2.1 Cálculo de los Enlaces.....	56
2.2.2.1.1 <i>Presupuesto de Potencia</i>	56
2.2.2.1.2 <i>Cálculo de la Primera Zona de Fresnel</i>	57
2.2.2.2 Selección de las Antenas.....	58
2.2.3 CAPACIDAD DE LA RED.....	59
2.2.4 REGULACIÓN DEL ANCHO DE BANDA POR USUARIO.....	60
2.2.5 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL SISTEMA	60
2.3 DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA	61
2.3.1 ANÁLISIS DE USUARIOS DE LA RED.....	61
2.3.1.1 Centros de Salud de la Ciudad de Ibarra	62
2.3.1.2 Cantidad de Usuarios Existentes	64
2.3.1.2.1 <i>Entrevista</i>	64
2.3.1.2.2 <i>Resultados de la Investigación</i>	65
2.3.2 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA RED	65
2.3.3 UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE.....	67
2.3.4 BANDA DE FRECUENCIA	68
2.3.5 POTENCIA DE TRANSMISIÓN.....	68
2.3.6 COMPONENTES DE LA RED INALÁMBRICA.....	69
2.3.6.1 Comparación de Equipos WiMAX Móvil.....	71
2.3.6.1.1 <i>Alvarion</i>	72
2.3.6.1.2 <i>Proxim</i>	73
2.3.6.1.3 <i>RuggedCom</i>	73
2.3.6.2 Equipos de Referencia Seleccionados.....	75
2.3.6.3 Disposición Física de los Equipos.....	77
2.3.6.3.1 <i>Estación Central</i>	78
2.3.6.3.2 <i>Estaciones Suscriptoras</i>	79

2.3.7	ESTRUCTURA DE LA RED	80
2.3.8	ANÁLISIS DEL ENLACE	82
2.3.8.1	Simulación del Sistema	82
2.3.8.1.1	Áreas de Cobertura	85
2.3.8.1.2	Radio Enlaces	89
2.3.8.2	Pérdidas en el Espacio Libre	102
2.3.8.2.1	<i>Presupuesto del Enlace Estación Central-Unidades Móviles</i>	103
2.3.8.2.2	<i>Presupuesto del Enlace Estación Central-Establecimientos de Salud</i>	105
2.3.8.3	Cálculo del Despeje de la Primera Zona de Fresnel	106
CAPÍTULO 3: COSTOS DEL SISTEMA		108
3.1	INTRODUCCIÓN	108
3.2	MARCO REGULATORIO	108
3.2.1	HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS	109
3.2.2	CONCESIÓN DE FRECUENCIAS	109
3.3	COSTOS DE EQUIPAMIENTO	111
3.4	COSTOS DE INFRAESTRUCTURA POR OBRA CIVIL	112
3.5	COSTOS DE INSTALACIÓN	112
3.6	COSTO TOTAL DEL SISTEMA	112
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		114
4.1	CONCLUSIONES	114
4.2	RECOMENDACIONES	116
GLOSARIO DE TÉRMINOS		117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		126

ANEXOS

Anexo A: Entrevista Hospital San Vicente De Paúl

Anexo B: Entrevista Cruz Roja Ecuatoriana Junta Provincial de Imbabura

Anexo C: Entrevista Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos Ibarra

Anexo D: Antenas sectoriales Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17

Anexo E: Antenas omnidireccionales AirMAX Omni AMO-5G13

Anexo F: Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000

Anexo G: CPE Alvarion VSU-5000

Anexo H: CPE Alvarion BreezeMAX PRO 5000

RESUMEN

La telemedicina se presenta como un recurso tecnológico para mejorar la calidad de la atención sanitaria llevando servicios de salud a lugares que de otra manera sería difícil o costoso.

En la actualidad existen proyectos desarrollados de redes internas e interconexiones para instituciones sanitarias.

Este proyecto de titulación se presenta como una alternativa para extender estos sistemas de telemedicina ya creados hacia unidades móviles de salud.

De esta manera, se presenta un análisis de telemedicina y unidades móviles de salud existentes con el objetivo de establecer las aplicaciones que serán soportadas por la red. Además se realiza un estudio comparativo de las tecnologías que pueden cumplir las necesidades de estas aplicaciones.

A continuación, se efectúa un estudio de los parámetros tecnológicos que se deben considerar para posteriormente desarrollar un diseño referencial de interconexión entre hospitales fijos y unidades móviles.

Seguidamente, se presentan los costos referenciales que permitirán brindar una idea de la inversión inicial que sería necesaria para una posible implementación del proyecto.

Finalmente, se presenta un conjunto de conclusiones y recomendaciones como resultado del estudio y diseño realizados.

PRESENTACIÓN

Con todos los beneficios que la telemedicina brinda, las instituciones sanitarias se han visto en la necesidad de implementar estas tecnologías para incrementar la calidad en sus servicios.

En la actualidad existen muchas instituciones que ya tienen desarrolladas sus redes locales para su desenvolvimiento interno, también existen proyectos que posibilitan la interconexión a través de redes de área amplia y que permiten la integración de centros de salud dentro del país. Sin embargo, los servicios que necesitan movilidad quedan fuera de estas redes.

El presente proyecto se presenta como una alternativa para dar una solución de comunicación al sector de la atención sanitaria que se encuentra conformado por las unidades móviles de salud. Considerando sus requerimientos de movilidad, se realiza un estudio para extender la red interna ya existente en el sistema hospitalario, hacia los diferentes tipos de unidades móviles de salud dentro de una zona de cobertura de una ciudad referencial.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN A LA TELEMEDICINA

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad se han dado avances primordiales que han permitido vincular a la tecnología con la transferencia de información médica en ciertas instituciones pertenecientes a este campo; es decir, se muestra claramente como los anteriores métodos de intercambio físico de información se reemplazan por nuevos sistemas más dinámicos que buscan disminuir los tiempos de espera y permiten transferir información en tiempo real. Estos avances tecnológicos nos han permitido crear enlaces entre diferentes instituciones de salud para poder compartir entre ellas información prioritaria, mejorando ciertos procesos como: la espera de resultados de exámenes, diagnósticos o la transferencia de historias clínicas.

La aplicación de las tecnologías de telecomunicaciones en el campo de la medicina, permite a los médicos tener a mano la información necesaria y, en ciertos casos, la asesoría para poder verter un diagnóstico más preciso basado en criterios de varios especialistas que pueden encontrarse en localidades remotas comunicándose por medio de teleconferencias o haciendo uso de otros medios de telecomunicación.

Nuestro país, que no se encuentra ajeno a estos avances tecnológicos, ha visto en ellos una oportunidad de poder mejorar sus sistemas médicos a manos de varios tipos de tecnologías que permitan la transferencia de información vital entre establecimientos sanitarios. Es así que varias unidades médicas, con el afán de vincularse a estos nuevos sistemas, han modernizado sus equipos y mantienen como una prioridad la digitalización de las historias clínicas así como los exámenes que se realizan de cada paciente. Esto hace necesario que exista una red que permita la transferencia de esta información entre todo tipo de instituciones dependiendo de los servicios que estas ofrezcan a sus usuarios, es

decir que la información que se transfiera vaya acorde a las actividades que desempeñan.

En la actualidad ha habido intentos de establecer sistemas de transferencia de información entre unidades médicas, mismos que se han visto abolidos por una falta de estructura tecnológica o el presupuesto necesario para su ejecución. De esta manera, en la mayoría de los casos se ha podido diseñar las redes de telecomunicaciones que pueden soportar servicios de telemedicina, pero solo han quedado en simples proyectos o tesis para la obtención de un título superior. Cabe señalar que si existen ciertas instituciones médicas privadas que gozan de este tipo de sistemas, y hospitales estatales que introducen en su estructura la transferencia de datos entre ellos; pero no incluyen a sus propias unidades móviles de salud, por lo que éstas no pueden acceder al suministro de información que mejoraría el servicio que brindan.

La idea de crear un sistema de redes de telecomunicación que interconecte a todas las unidades médicas nace de la necesidad imperiosa que existe de poder compartir información entre ellas. Es así, que se busca vincular a todos los establecimientos, fijos y móviles, relacionados con la salud pública para ser parte de este sistema y puedan encontrar en esta solución una herramienta para el desempeño de sus funciones.

Se conoce que el desarrollo tecnológico ha llegado a tal punto que una visión al futuro muestra una imagen en donde los pacientes son prevalorados en unidades médicas móviles que poseen el soporte de instituciones superiores; es decir que puede existir la capacidad de comunicación en tiempo real para mostrar el estado del paciente a especialistas que se encuentran a kilómetros de distancia, los cuales podrán verter criterios inmediatos sobre las acciones a tomar, tales como: procesos médicos, intervenciones quirúrgicas, asistencias con medicamentos, traslados hacia otras instituciones médicas que podrían atender de mejor manera cada caso particular, entre otras medidas.

Este sistema busca poder transferir entre unidades médicas diferente tipo de información que va desde signos vitales de un paciente, hasta la realización de videoconferencias que permitan compartir criterios entre especialistas. Los tipos

de aplicaciones, servicios e información irán en función a la actividad que desempeña cada tipo de unidad médica y las necesidades del paciente. De esta manera, se define la utilización de diferentes tecnologías de telecomunicaciones que buscan la modernización de los sistemas médicos para brindar servicios de mayor calidad.

1.2 TELEMEDICINA

1.2.1 INTRODUCCIÓN

La telemedicina se presenta como una respuesta para mejorar la calidad de la atención sanitaria llevando servicios de salud a lugares que de otra manera sería difícil o costoso, permitiendo cada vez más un diagnóstico temprano y un tratamiento más efectivo de las enfermedades.

Hoy en día la medicina utiliza cada vez más los medios de comunicaciones para transportar información médica. En las transmisiones en las que la distancia es un factor crítico surge la interacción de las ciencias médicas con el desarrollo de las telecomunicaciones y la informática, definiéndose el término de telemedicina.

De esta idea se desprende su característica principal que es la separación geográfica entre los elementos que hacen uso del servicio: médico y un paciente, médico y otro médico, o un médico o un paciente y la información o datos requeridos.

La telemedicina ha tenido un rápido crecimiento y desarrollo con el nacimiento de las redes de telecomunicaciones, sin embargo, las aplicaciones de medicina a distancia se han dado desde tiempo atrás con la aparición del teléfono y al empezar a utilizarse los sistemas de radiocomunicaciones. De esta manera, la telemedicina ha avanzado, evolucionando de manera paulatina y a la vez constante, desde una simple llamada telefónica para solicitar servicios médicos y poder establecer una conversación profesional entre el paciente y el personal

capacitado para atender una determinada dolencia, servicios que se mostraron en primera instancia en el Hospital de la Universidad de Sahlgrens de Gotemburgo (Suecia), que permitía brindar este tipo de servicio a sus pacientes. Pasando por desarrollos más sofisticados como la transmisión de información por medio de enlace satelital en la realización de una operación de corazón abierto, hecho dado entre los hospitales de Methodist de Estados Unidos y el Hospital Cantonal de Génève en Suiza realizándose la primera transmisión satelital de interconexión continental para un fin médico. Hasta la actualidad donde robots controlados por especialistas operan a sus pacientes a grandes distancias, permitiendo que llegue este tipo de vanguardia tecnológica a todo tipo de lugar donde la geografía lo hace inaccesible, acortando el tiempo de acción en emergencias que requieren un actuar prolijo en tiempo con el único afán de salvar vidas.

En términos generales, la telemedicina ha sido definida como medicina a distancia utilizando tecnologías de la información y comunicaciones, definición que incluye tres puntos importantes: diagnóstico, tratamiento y educación médica. Sin embargo existen varias definiciones en donde la mayoría no engloban la extensa temática de telemedicina, que se tomarán en cuenta a continuación para obtener una visión general del tema que se va tratar.

1.2.2 DEFINICIÓN

En 1998 la Organización Mundial de Salud (OMS) presenta esta definición:

“La telemedicina es el suministro de servicios de atención sanitaria, en cuanto la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y actividades de investigación y de evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven”. [1]

De ésta amplia definición se derivan las partes más importantes que componen la telemedicina: diagnóstico, tratamiento y educación médica.

La *American Telemedicine Association* (ATA) da una definición para telemedicina más resumida:

“El intercambio de información médica de un lugar a otro, usando las vías de comunicación electrónicas, para la salud y educación o el proveedor de los servicios sanitarios, y con el objetivo de mejorar la asistencia del paciente.” [1]

El Organismo Andino de Salud (ORAS) adopta la siguiente definición de telemedicina:

“La telemedicina es la práctica de la medicina y de sus actividades conexas, como la educación y la planeación de sistemas de salud, a distancia, por medio de sistemas de comunicación. Su característica principal es la separación geográfica entre dos o más agentes implicados: ya sea un médico y un paciente, un médico y otro médico, o un médico y/o un paciente y/o la información o los datos relacionados con ambos”. [2]

Para el presente estudio la telemedicina será entendida como:

“Telemedicina es la prestación de servicios de asistencia sanitaria por medio de las TIC en situaciones en que el profesional sanitario y el paciente (o dos profesionales sanitarios) se encuentran en lugares diferentes”. [3]

1.3 RESEÑA HISTÓRICA

A pesar de que la telemedicina se desarrolló mayormente en las últimas décadas, se asume que su nacimiento se concibe junto con la creación del teléfono, desde el momento en que éste fue utilizado en aplicaciones médicas. Con la primera llamada de petición de servicios médicos para un paciente o con la primera conversación entre dos profesionales de la salud en la que discuten un caso. Sin embargo también hay que tener en cuenta que ya se ofrecían consejos médicos

con el uso del telégrafo y posteriormente por radio mediante código Morse. De esta manera comenzó un necesario desarrollo de la telemedicina a la par del avance de las tecnologías de comunicación, desde el uso del telégrafo, telefonía, radio, televisión, comunicación satelital y redes destinadas para uso exclusivo en esta aplicación.

A continuación se muestra los principales acontecimientos que exponen el avance de las aplicaciones de telecomunicaciones en el campo médico, en donde se puede observar que Estados Unidos ha sido el pionero y uno de los mayores aportadores del progreso de la telemedicina.

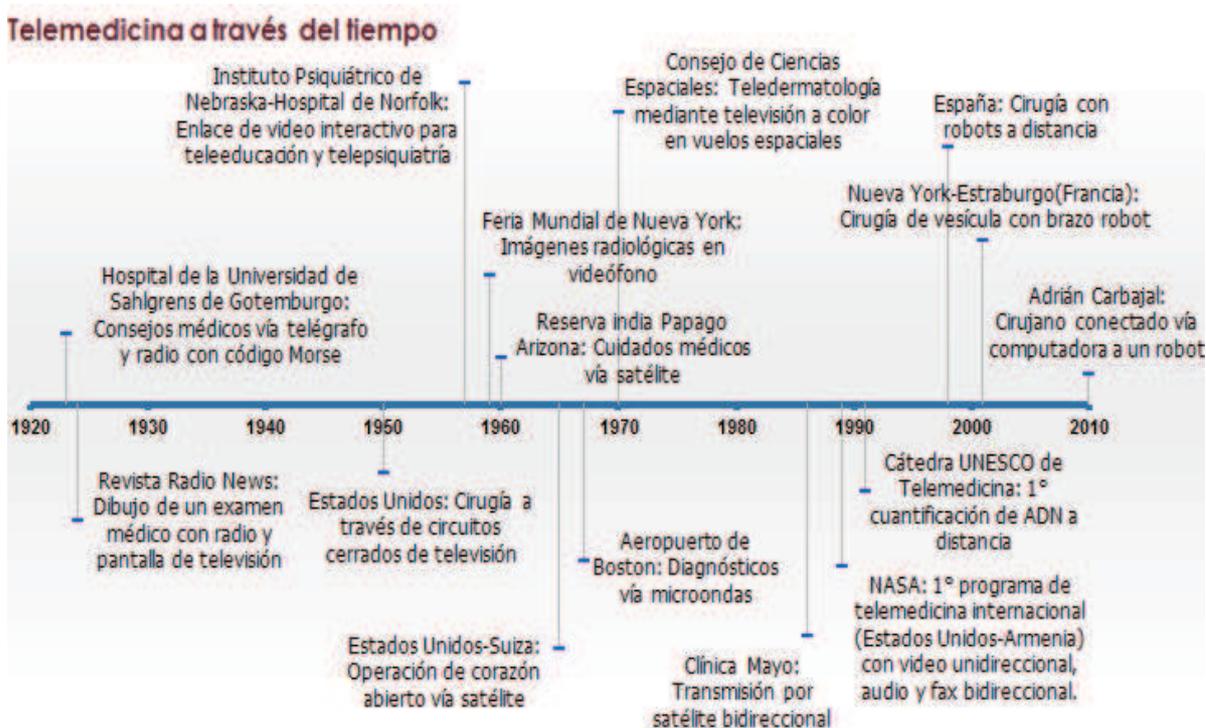


Figura 1.1: Telemedicina a través del tiempo.¹

1.3.1 TELEMEDICINA EN EL ECUADOR

Nuestro país ya cuenta con diversos tipos de procedimientos médicos en donde se introduce las tecnologías de telecomunicaciones para facilitarlos: evoluciones

¹ Desarrollo personal basado en [2] [3] [4] [5].

preoperatorias, selección de pacientes, inducción de anestesia, continuación de procedimientos, educación de equipos médicos. Estos procesos se encuentran abarcados por las partes más importantes que componen la telemedicina: diagnóstico, tratamiento y educación médica. Sin embargo, estos avances en la utilización de la tecnología para mejorar la atención del paciente se han visto estancados por diversos motivos que es necesario analizar y resolver para que el país incluya a la telemedicina como una de las prioridades de investigación y desarrollo. Con este objetivo, se pueden citar los principales procesos en el campo de la telemedicina que se han presentado en el Ecuador:

En 2001 hubo una convocatoria y trabajo de la Agenda Nacional de Conectividad para diversos tipos de instituciones y especialistas interesados en desarrollar esta temática en nuestro país, generándose así una base para el inicio de telemedicina en el Ecuador. Sin embargo, los gobiernos no asignaron presupuesto para la ejecución de los proyectos idealizados.

En 2006 se retoma lo que es la Agenda Nacional de Conectividad en el área llamada Libro Blanco de la Sociedad de Información Ecuatoriana, pero con los mismos resultados.

Posteriormente se da inicio a proyectos por instituciones privadas y ONGs, así se desarrollan varios proyectos universitarios con fondos internacionales con el problema de que todos los proyectos se forman de manera individual:

- *Telemedicina para cirugías móviles. Proyecto Fundación CINTERANDES. Universidad del Azuay, Cuenca. A cargo del Doctor Edgar Rodas.*
- *Proyecto piloto de telemedicina para la península de Santa Elena. Desarrollado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en la actual provincia de Santa Elena.*
- *Telemedicina para sitios rurales. Desarrollado por la Universidad Tecnológica Equinoccial en las provincias de Orellana (región oriental del Ecuador) y Galápagos.*

- *Uso de la telemedicina en atención médica, redes virtuales de bibliotecas en salud. Conjunto de proyectos desarrollados por la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca (UC).*
- *Telesalud rural Tutupaly. Proyecto en desarrollo por la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), que atiende la provincia de Zamora Chinchipe en la región oriental ecuatoriana.*
- *Experiencia de Centro de Teletrauma de la Fuerza Aérea Ecuatoriana y apoyos en conectividad satelital y otras para proyectos nacionales. [3]*

Como podemos observar se han realizado varios intentos para lograr desarrollar este tipo de servicios en nuestro país, pero varias zonas aún han quedado aisladas de este proceso. No necesariamente se trata de lugares lejanos y apartados sino que pueden ser barrios urbano marginales en donde los recursos sanitarios son tan escasos que no son suficientes para la cantidad de gente que desea dar solución a sus dolencias.

Son amplias las posibilidades de desarrollo de la telemedicina, sin embargo en nuestro país los recursos necesarios son caros y escasos además de que tienen que competir con otras necesidades urgentes de salud. Por esta razón es necesario buscar soluciones costo-beneficio efectivas para dar solución a estos problemas mediante proyectos económicamente viables.

1.4 NIVELES DE ATENCIÓN HOSPITALARIA

Para establecer una topología adecuada de una red de telemedicina, es necesario organizar las instituciones de salud de acuerdo a los servicios que prestan, sus recursos y su infraestructura. Esta clasificación permitirá determinar el escalamiento de los pacientes en el proceso de atención en salud y los puntos que deberá cubrir la red que se estudia.

1.4.1 DEFINICIÓN

Los niveles de atención hospitalaria es una forma de clasificar el conjunto de establecimientos de salud con niveles de complejidad necesaria para resolver necesidades de salud de diferentes magnitudes, que se presentan con distintas frecuencias y que requieren mayor o menor tecnificación de recursos.

1.4.1.1 Primer nivel (Complejidad baja)

En estas instalaciones se atienden problemas que presentan una baja complejidad con gran cantidad de pacientes, necesidades de salud más frecuentes y no requieren mayor especialización. Están incluidos:

- *Puestos de salud*
- *Consultorio general*
- *Centro de salud rural*
- *Centro de salud urbano*
- *Centro de salud urbano de 12 horas*
- *Centro de salud urbano de 24 horas*
- *Unidad móvil de medicina general y odontología*
- *Talleres de apoyo al tratamiento y rehabilitación (taller de óptica, taller de mecánica dental, taller de prótesis médica, taller de órtesis)*
- *Establecimientos de apoyo diagnóstico y/o terapéutico (psicología, optometría, audiometría, logopedia, enfermería, rehabilitación física, nutrición y dietética, podología)*
- *Servicios complementarios de apoyo diagnóstico (laboratorio clínico general, imagenología, radiología básica, ultrasonido, ecodoppler, puesto de recepción y toma de muestras biológicas)*
- *Centros de cosmetología, estética, reducción de peso y/o tatuaje [4]*

Entre sus funciones se encuentran: creación y protección de entornos saludables, fomento de estilos de vida saludables, prevención de riesgos y daños, recuperación de la salud, análisis de la situación local y encuestas.

1.4.1.2 Segundo nivel (Complejidad intermedia)

El segundo nivel de atención hospitalaria presenta servicios de atención ambulatoria especializada y de hospitalización a pacientes derivados del primer nivel o pacientes de urgencias. Se incluyen:

- *Ambulatorio (consultorio médico u odontológico de especialidades, centro de especialidad, centro clínico quirúrgico ambulatorio-modalidad Hospital del Día)*
 - *Hospitalario (hospital básico, hospital general)*
 - *Móviles (unidad móvil quirúrgica, unidad móvil de diagnóstico especializado, hospital móvil clínico quirúrgico)*
 - *Servicios complementarios de apoyo diagnóstico (laboratorio clínico de especialidades, imagenología/intervencionismo diagnóstico especializado)*
- [4]

Tiene las mismas funciones que en primer nivel, además de que hace énfasis en la recuperación del paciente.

1.4.1.3 Tercer nivel (Complejidad alta)

Esta categoría ubica a los hospitales y clínicas de ámbito nacional con mayor complejidad que prestan servicios ambulatorios y/o de hospitalización de especialidad y especializados. Incluyen los siguientes:

- *Ambulatorio (centro especializado)*
- *Hospitalario (hospital especializado, hospital de especialidades)*
- *Servicios complementarios de apoyo diagnóstico y tratamiento (laboratorio clínico especializado, imagenología/intervencionismo diagnóstico especializado, establecimientos de medicina nuclear, bancos de sangre, bancos de órganos, tejidos y células)* [4]

Entre las funciones de estos hospitales también se incluye la investigación y docencia.

De esta manera podemos observar los niveles de atención hospitalaria que estarían presentes dentro del diseño de una red de telemedicina. Dependiendo de la zona en donde se implemente el sistema, se pueden incluir las siguientes instituciones pertenecientes al segundo y tercer nivel de atención:

- Hospital Básico: *“Es una unidad de salud que brinda atención ambulatoria, emergencia y hospitalización de corta estancia en: medicina general, gineco-obstetricia, pediatría y cirugía de emergencia; cumple acciones de fomento, protección y recuperación de la salud y odontología; dispone de auxiliares de diagnóstico como laboratorio clínico e imagenología. Es el eje del sistema de referencia y contrareferencia de los servicios del primer nivel y se ubica generalmente en cabeceras cantonales. Estos pueden ser del sector público o privado”.*
- Hospital General: *“Es una unidad operativa que provee atención de salud ambulatoria e internación en las cuatro especialidades básicas y algunas subespecialidades, de la medicina, de acuerdo al perfil epidemiológico de su área de influencia y emergencias; dispone de servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento, odontología, medicina física y de rehabilitación; resuelve las referencias recibidas de las unidades de menor complejidad y las contrarefiere y realiza docencia e investigación. Corresponde al segundo nivel de prestación de servicios y está ubicado en las capitales de provincia y cabeceras cantonales de mayor concentración poblacional. Estos pueden ser del sector público o privado”.*
- Hospital Especializado: *“Es una unidad operativa que provee atención de salud ambulatoria de especialidad, de referencia y hospitalización en una especialidad o subespecialidad, o que atiende a un grupo de edad específico; atiende a la población local o nacional mediante el sistema de referencia y contrareferencia y puede ser de tipo agudo o crónico.*

Corresponde al tercer nivel de atención, realizan docencia e investigación en salud y está localizado en ciudades consideradas de mayor desarrollo y concentración poblacional.

Son de Tipo Agudo los establecimientos que cubren una especialidad, cuya atención demandan los enfermos internados, con un promedio de permanencia no mayor de 30 días de estadía y, Crónico los establecimientos que cubren una especialidad, cuya atención demandan los enfermos internados, con un promedio de permanencia mayor a 30 días”.

- Hospital de Especialidades: *“Es una unidad de salud de referencia de la más alta complejidad destinada a brindar atención especializada de emergencias, recuperación y rehabilitación a los usuarios de las diferentes especialidades y subespecialidades médicas; es un establecimiento de pacientes agudos y atiende a toda la población del país a través de la referencia y contrareferencia. Como ejemplo podemos mencionar los Hospitales Eugenio Espejo en Quito y León Becerra en Guayaquil. Existe tanto en el sector público como privado”.* [5]

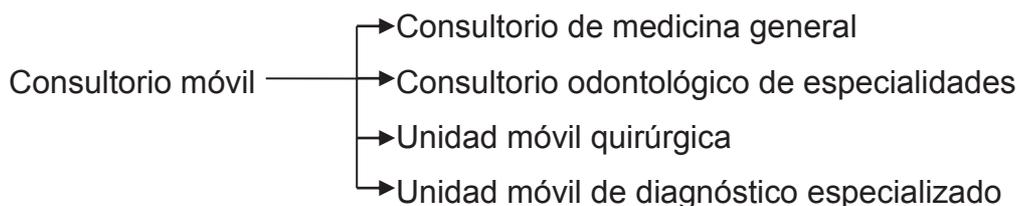
Estos hospitales constituyen los establecimientos de recepción de información o de pacientes y ofrecen sus servicios de diagnóstico y ayuda a las unidades móviles. Posteriormente se debe establecer un sistema de escalamiento entre estos distintos tipos de instituciones de salud y su interconexión con las unidades móviles.

1.5 UNIDADES MÓVILES DE SALUD

Las unidades móviles son elementos de los niveles de atención hospitalaria y sistemas de emergencia que, dependiendo de su complejidad, pueden ser consultorios móviles o unidades cuyo objetivo específico es el transporte de pacientes entre instituciones médicas.

1.5.1 CONSULTORIO MÓVIL

Un consultorio móvil consiste en una unidad médica móvil diseñada para convertirse si así lo requiere en un consultorio de medicina general, consultorio odontológico de especialidades, unidad móvil quirúrgica o unidad móvil de diagnóstico especializado.



1.5.2 TIPOS DE TRANSPORTES DE SALUD

El transporte sanitario se realiza para el desplazamiento de personas enfermas, accidentadas o por otra razón sanitaria, en vehículos especialmente acondicionados al efecto.

Los transportes de salud pueden ser clasificados según el tipo de enfermo, el medio de transporte, el equipamiento y la medicalización o según el objeto del transporte. A continuación se muestra cada tipo de transporte con sus respectivas características:

TIPOS DE TRANSPORTE DE SALUD		CARACTERÍSTICAS
EL TIPO DE ENFERMO	CRÍTICO	Requiere atención inmediata para restablecer las funciones vitales del paciente que presenta riesgo potencial para su vida (respiratoria, cardiológica y neurológica).

Tabla 1.1: Tipos de Transporte de Salud.²

² Desarrollo personal basado en [9] [10].

TIPOS DE TRANSPORTE DE SALUD		CARACTERÍSTICAS	
EL TIPO DE ENFERMO	GRAVE NO CRÍTICO	Pacientes que no presentan riesgo vital que requieren atención no en primera instancia pero si para no deteriorar su cuadro clínico.	
	NO GRAVE	Pacientes que no tienen ningún riesgo vital ni pueden presentar complicaciones a futuro por lo que su atención no es esencial.	
MEDIO DE TRANSPORTE	TERRESTRE	Ambulancia no asistencial o de traslado (tipo A)	Para transporte individual de pacientes en camilla, no acondicionado específicamente para la prestación de cuidados asistenciales.
		Ambulancia asistencial de soporte vital básico o de urgencias (tipo B)	Presenta elementos para administrar cuidados básicos de soporte vital y permite reducir al mínimo el riesgo de muerte o secuelas (incluye pacientes psiquiátricos)
		Ambulancia asistencial de soporte vital avanzado o UVI-MÓVIL (tipo C)	Tiene los elementos necesarios para aportar soporte vital avanzado, cuidados intensivos y posibilitar la práctica de cirugía.
		Ambulancia colectiva (tipo D)	Posibilita el transporte conjunto de enfermos cuyo traslado no tiene carácter de urgencia ni que sus enfermedades impliquen riesgo para los ocupantes.
		Ambulancia todo-terreno (tipo E)	Permite el transporte de pacientes en camilla para zonas con dificultades orográficas, condiciones climáticas adversas o situaciones de rescate. No está acondicionado específicamente para la prestación de cuidados asistenciales.

Tabla 1.1: Tipos de Transporte de Salud. (Continuación)

TIPOS DE TRANSPORTE DE SALUD		CARACTERÍSTICAS
MEDIO DE TRANSPORTE	AÉREO	Se disminuye el tiempo de traslado mediante el uso de helicópteros o aviones sanitarios.
	MARÍTIMO	Embarcaciones rápidas y barcos hospitalares.
EL EQUIPAMIENTO	AMBULANCIAS NO ASISTENCIALES	
	AMBULANCIAS ASISTENCIALES	
	HELICÓPTERO SANITARIO	
	AVIÓN SANITARIO	
EL OBJETO DE TRANSPORTE	PRIMARIO	Traslado desde el lugar donde se produce la emergencia o traslado a una unidad que brinde una mejor atención.
	SECUNDARIO	Traslado desde un centro sanitario a otro.
	TERCIARIO	Traslado dentro del propio centro hospitalario.

Tabla 1.1: Tipos de Transporte de Salud. (Continuación)

1.6 SISTEMAS DE TELEMEDICINA

Los sistemas de telemedicina se presentan como una necesidad para implementar un servicio basado en la transferencia de información entre todo tipo de unidades médicas, por lo que es preciso crear los sistemas informáticos y físicos que permitan su desarrollo. De esta manera, se transmite información inherente a pacientes entre distintas instancias dependiendo de la conformación del sistema, es así como un paciente y quien le brinda una asistencia médica accede a esta información de manera dinámica y con la brevedad que requiere el caso.

Se puede definir la funcionalidad de los sistemas de telemedicina de acuerdo a su topología, servicios que soportará la red y al tipo de información que se transmitirá.

1.6.1 TOPOLOGÍAS POSIBLES

Para poder establecer un diseño de red es necesario definir las distintas alternativas de interconexión física y lógica con las que puede trabajar el sistema respecto a la transmisión de información y a la recepción de unidades móviles hacia los hospitales fijos. En esta sección se analizarán las alternativas de topologías que se presentan para sistemas de telemedicina.

Los sistemas de telemedicina, al igual que una red normal de telecomunicaciones, presentan los puntos de red entre los que se compartirá la información. Para el caso más simple, se considera un emisor y un receptor formando un enlace punto a punto tanto para el sistema de referencia como para el de transmisión de la información. Otros proyectos de telemedicina presentan mayor complejidad dependiendo de la cantidad de usuarios y de los servicios que se ofrecen.

El caso de una interconexión física y lógica punto a punto, se puede dar entre un punto aislado y un centro hospitalario, o entre dos puntos hospitalarios con cualquier nivel de especialización.

Para los casos de mayor complejidad con más usuarios se pueden definir varias posibilidades de topología, que varían por la jerarquía que se establece en el sistema de referencia y por la manera de transmitir la información.

Se debe tomar en cuenta la clasificación jerárquica de las instituciones de salud de acuerdo con los servicios prestados y con su infraestructura (Nivel I, Nivel II y Nivel III). Esta jerarquía puede ser utilizada para el escalamiento en el sistema de referencia, es decir el proceso de selección de una institución de salud destino para el envío de los pacientes a ser atendidos. En este caso hablamos de una referencia jerarquizada. También se puede definir un sistema en el que solamente exista un destino para todos los envíos de pacientes, este punto central de recepción de pacientes puede ser la institución de mayor nivel. Este caso es un sistema de referencia centralizada.

La manera de transmitir la información de un punto a otro y de almacenarla también puede ser jerarquizada o centralizada. Para el sistema jerarquizado el enlace es establecido desde el punto de emisión directamente hacia la institución con la que desea comunicarse, en el caso del sistema centralizado todos los puntos de emisión se comunican únicamente con un punto central. En el primer caso el almacenamiento de información se realiza en la institución con la que se comunica el punto de emisión, es decir que la información almacenada se encuentra repartida entre varias instancias médicas. En el segundo caso el almacenamiento lo realiza solamente la institución central, es decir que el sistema de almacenamiento de toda la red también es centralizado.

Como ejemplo, al realizar la combinación del sistema de referencia jerárquico con un sistema de transmisión centralizado, se producen dos comunicaciones: la primera entre el punto de emisión y el punto central, y la segunda entre el punto central hacia el punto de referencia que el sistema determine. De esta manera se pueden realizar combinaciones entre el sistema de referencia y el sistema de transmisión, por lo que se derivan cuatro posibles topologías de redes:

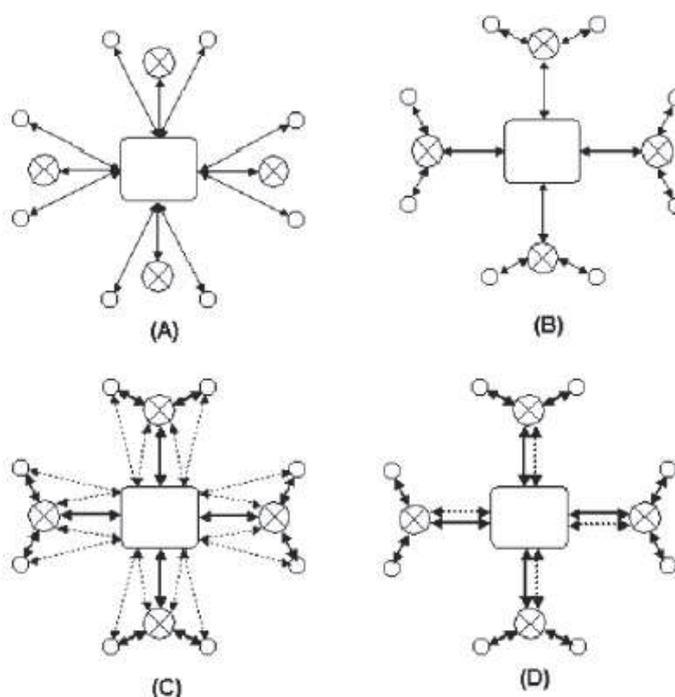


Figura 1.2: Topologías de Redes de Telemedicina. [2]

1.6.1.1 A-Centralizada

Esta topología centralizada en el sistema de referencia y en el sistema de transmisión, permite que todos los casos sean remitidos y se comuniquen directamente con el punto central.

1.6.1.2 B-Jerarquizada sin Actualización

Este caso presenta un sistema de referencia y un sistema de transmisión jerarquizados, es decir que los casos serán remitidos al punto de la red de nivel inmediatamente superior y de igual manera la comunicación será directa hacia este punto. Debido a que se trata de un sistema jerarquizado, si el caso no puede ser tratado en el punto al que fue enviado en primer lugar será remitido a un punto de nivel superior.

1.6.1.3 C-Referencia Jerarquizada-Transmisión Centralizada con Actualización

Esta topología muestra un sistema de referencia jerarquizado y un sistema de transmisión centralizado. Con una transmisión centralizada se logra tener una información actualizada establecida en un punto central que se encarga de recibirla y distribuirla a los puntos involucrados en cada caso. El sistema de referencia jerarquizado permite que la atención de cada caso sea realizada por el punto de nivel inmediatamente superior, lo que evita que el trabajo sea recargado a los especialistas de la unidad central.

1.6.1.4 D-Referencia Jerarquizada-Trasmisión Jerarquizada con Actualización

Esta topología trabaja de igual manera que el caso B-Jerarquizada sin Actualización con la ventaja de que permite mantener la información actualizada en el punto central de la red. Cuando un punto de referencia recibe un caso debe comunicarse con el punto central para verificar la información del paciente y de igual manera debe actualizarla con sus propios resultados. En cuanto a la atención de casos y la comunicación, ambos se realizan al punto de nivel

inmediatamente superior y en la situación de que no pueda ser tratado será remitido al siguiente punto de nivel superior.

A continuación, con propósitos comparativos, se recopila las ventajas y desventajas de cada tipo de topología en aspectos técnicos y médicos:

TOPOLOGÍA	VENTAJAS		DESVENTAJAS	
	TÉCNICAS	MÉDICAS	TÉCNICAS	MÉDICAS
A-Centralizada	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento de la información unificado. - Permite compartir de manera más eficiente los recursos como equipos, software, canales de comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Con información consolidada permite realizar estudios y estadísticas poblacionales más realistas. - Emplea de manera eficiente la cantidad de médicos expertos. - Posibilita determinar ágilmente la institución apropiada para atender cada caso 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependiendo de la distancia entre puntos remotos al sistema central, podría requerir comunicaciones de larga distancia costosas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede recargar el trabajo a los especialistas o exigir la contratación de expertos adicionales.
B-Jerarquizada sin Actualización	<ul style="list-style-type: none"> - Los costos de comunicaciones son menores debido a que en general serán comunicaciones locales o de larga distancia regional. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evita la consulta a expertos por casos que probablemente no lo requieren, aprovechando los recursos de salud existentes en la jerarquía establecida. 	<ul style="list-style-type: none"> - El almacenamiento de la información se realiza en diferentes puntos de la red. - Puede incrementar los costos de comunicaciones cuando se hace necesario referir un caso a varios niveles superiores hasta encontrar una solución apropiada. 	<ul style="list-style-type: none"> - La información dispersa dificulta la realización de estudios estadísticos. - La historia clínica puede fragmentarse y permanecer desactualizada si el paciente ha consultado en varios puntos de la red. - Puede retardar el tratamiento del paciente cuando se hace necesario referir su caso a varios niveles superiores hasta encontrar una solución apropiada.

Tabla 1.2: Ventajas y Desventajas de las Topologías de Redes de Telemedicina.³

³ Desarrollo personal basado en [2].

TOPOLOGÍA	VENTAJAS		DESVENTAJAS	
	TÉCNICAS	MÉDICAS	TÉCNICAS	MÉDICAS
C-Referencia Jerarquizada- Transmisión Centralizada con Actualización	- Almacenamiento de la información unificado.	- Información consolidada y actualizada para estudios estadísticos. - Se utilizan los recursos de salud existentes en la jerarquía establecida sin tener que consultar a los expertos por casos que probablemente no lo requieran.	- Dependiendo de la distancia entre los puntos remotos al sistema central, podría requerir comunicaciones de larga distancia incrementando los costos. - Requiere retransmisión de la información recibida en el sistema central hasta el punto de referencia destino del caso. Representa un costo adicional a los dos métodos anteriores.	
D-Referencia Jerarquizada- Transmisión Jerarquizada con Actualización	- Menores costos de comunicación ya que en general serán comunicaciones locales o de larga distancia regional, especialmente para los niveles más bajos de jerarquía que en general son los más pobres.	- Utiliza los recursos de salud existentes sin tener que consultar a expertos por casos que probablemente no lo requieren. - La información disponible está actualizada.	- Requiere mecanismos complejos de actualización cuando existen varios niveles de referencia, lo que adicionalmente incrementa los costos de comunicación de los puntos de referencia.	- El punto de referencia requiere comunicación obligatoria con el nivel superior antes y después de atender el caso para verificar si existe información actualizada y para actualizarla posteriormente.

Tabla 1.2: Ventajas y Desventajas de las Topologías de Redes de Telemedicina.

(Continuación)

1.6.2 SERVICIOS Y APLICACIONES DE TELEMEDICINA

Para desarrollar una categorización adecuada de los servicios y aplicaciones que debe ofrecer una red de telemedicina, se toman en cuenta tres tipos de clasificaciones: según el tiempo de atención, el tipo de servicio y el tipo de especialidad médica.

1.6.2.1 Según el Tiempo de Atención

El tiempo de atención se refiere a si existe diferencia entre los tiempos de intervención médica del paciente y el momento en el que se realiza la comunicación. Se puede tener dos casos: tiempo diferido y tiempo real.

1.6.2.1.1 Tiempo Diferido

Conocido como *store-and-forward*, metodología de almacenamiento y envío de la información médica, es decir que la comunicación no se realiza en línea ni en tiempo real. En este caso el receptor acumula todos los pedidos almacenándolos para atenderlos posteriormente y finalmente enviar sus resultados o respuestas tiempo después. Ej.: telerradiología, telepatología, teledermatología, teleoncología, en donde el médico recibe las imágenes, las analiza y posteriormente envía el resultado.

Este sistema consta de almacenamiento de la información en el computador del especialista o en un servidor, con una posterior transmisión de los resultados de los casos tratados por el médico.

La mayoría de las aplicaciones de telemedicina pertenecen a esta clasificación, a menos de que sean aplicaciones de urgencia que implican una amenaza inmediata para la vida del paciente y cuya asistencia no puede ser demorada. Este tipo de casos necesitan transmisión en tiempo real para ofrecer una rápida solución.

1.6.2.1.2 Tiempo Real

En este caso el cliente y el proveedor se encuentran en una comunicación simultánea. Esto permite una atención y resolución instantánea del caso, lo que puede ser más eficaz que una comunicación en tiempo diferido, pero es necesario un mayor ancho de banda. Ej.: teleconsulta, teleasistencia, teleeducación, teledermatología, teleoncología, telepsiquiatría, teleoftalmología, telepatología, teleotorrinolarinología, cirugía telepresenciada.

Hay dos herramientas que se utilizan para aplicaciones en tiempo real: videoconferencia y aplicación interactiva (protocolo que permite sincronizar dos aplicaciones remotas para que puedan compartir información en tiempo real).

1.6.2.2 Según el Tipo de Servicio

Según el tipo de servicio médico las aplicaciones de telemedicina pueden ser variadas.

1.6.2.2.1 Teleconsulta

Los pacientes pueden realizar una consulta con un médico distante directamente o a través del médico que está en la consulta con ellos, es decir que puede ser un asesoramiento entre médicos. Esta consulta puede ser con un médico general o con un especialista. Generalmente, la metodología que se utiliza en esta aplicación es la videoconferencia.

1.6.2.2.2 Telediagnóstico

Consiste en la consulta de un cliente a un médico o entre especialistas para el diagnóstico del paciente. Es decir que también incluye si un médico realiza la petición de análisis de una prueba complementaria a un especialista.

1.6.2.2.3 Telecuidado

Este sistema puede reemplazar las visitas a domicilio que resultan relativamente costosas. La información del paciente es recopilada y analizada periódicamente, y se brinda el cuidado necesario a través de equipos de videoconferencia o audioconferencia. Existen dos aplicaciones que se dan de telecuidado: telecuidado domiciliario y telealarmas. En este último el paciente puede activar un sistema inalámbrico de emergencia que lleve consigo y que pueda desconectarse a voluntad. Son de utilidad en la vida diaria, ayuda de personas con impedimentos sensoriales, además de ayuda para personas mayores.

1.6.2.2.4 Telemetría

La información de signos vitales y exámenes médicos son transmitidos continuamente y se analiza en un centro remoto evitando la transferencia del paciente. Los signos vitales que pueden ser monitoreados y que necesitan constantes controles son: ECG, EEG, EMG, presión arterial, temperatura, pulso, oximetría, espirometría y exámenes de laboratorio.

1.6.2.2.5 Teleeducación

Este sistema facilita la formación continua de los profesionales y estudiantes remotos con la utilización de tecnologías de videoconferencia. Además puede utilizarse en educación para la población en materia de salud, información sobre programas y campañas de prevención, consultas en línea, regímenes alimenticios, higiene, entre otros.

1.6.2.2.6 Teleadministración

La telemedicina abarca la gestión de los sistemas de salud haciendo uso de las tecnologías de telecomunicaciones. Las aplicaciones van desde realización, control de asistencia de listas, remisiones, referencias, facturación, control de cartera, inventarios, personal, entre otros.

1.6.2.2.7 Teleterapia

Esta aplicación de la telemedicina utiliza la tecnología de videoconferencia para dar seguimiento al tratamiento de los pacientes mediante consultas frecuentes. Ej.: telepsiquiatría, telefisioterapia, teleoncología, teleprescripción.

1.6.2.2.8 Telefarmacia

Es una serie de servicios que se ofrece a los pacientes para evitar su desplazamiento. Estos servicios pueden ser: prescripción, atención a pedidos y

envío de medicamentos directamente a domicilio, facturación y seguimiento del paciente en su hogar.

1.6.2.2.9Telecirugía

En estos procedimientos se utiliza ayuda de tecnología robótica y telecomunicaciones para el acto quirúrgico. Este sistema le permite al cirujano operar o guiar una operación desde otra ubicación, ya que se podrá realizar la intervención a través de tecnologías de telepresencia.

1.6.2.3 Según el Tipo de Especialidad Médica

Según el tipo de especialidad médica las aplicaciones que se pueden dar a la telemedicina se clasifican de la siguiente manera:

1.6.2.3.1Telerradiología

El propósito de la telerradiología es la transmisión de imágenes médicas para facilitar el diagnóstico de los pacientes. Esto evita que el radiólogo, el paciente u otro médico tengan que desplazarse para establecer la consulta, reduciendo el tiempo de atención y gastos de traslado.

La telerradiología es una de las aplicaciones de telemedicina más utilizadas en la actualidad. Este éxito se debe al manejo de las imágenes digitales mediante el sistema de PACS (*Picture Archiving and Communication System*) y los avances de los sistemas de telecomunicaciones.

Un sistema de telerradiología básicamente está conformado por los dispositivos de captura, para el envío las redes de transmisión y de almacenamiento, y los sistemas de recepción de las imágenes. Es recomendable la obtención digital de las imágenes, en caso contrario se digitalizan las imágenes analógicas y se realiza una compresión sin pérdida de información para su envío, con el objetivo de tener una interpretación clara por parte del receptor.

La telerradiología tiene un gran número de aplicaciones:

- Radiología convencional
- Escanografía (TAC-Tomografía axial computarizada)
- Resonancia Magnética
- Medicina Nuclear
- Ultrasonido (Ecografía)

1.6.2.3.2 Telepatología

En esta práctica de telemedicina se transfieren imágenes o videos de exámenes de los pacientes de diversos estudios de tipo anatómicos como: biopsias, punciones, citología, autopsias, especímenes de cirugía; o exámenes de origen clínico como: hematología, microbiología, análisis de orina o sangre, entre otros.

Un sistema de telepatología está conformado por una base de datos multimedia para revisar la historia clínica del paciente y dispositivos de adquisición como el microscopio y de visualización con imagen de alta calidad.

1.6.2.3.3 Telecardiología

En esta rama de la telemedicina se usa sistemas de comunicación que pueden grabar y transmitir entre dos estaciones remotas: electrocardiogramas, ecocardiogramas (2D, 3D, fijas, dinámicas), angiografías, ruidos cardíacos, sonidos, mensajes hablados e imágenes.

Un sistema de telecardiología debe contar con monitorización del paciente, redes de transmisión, videoconferencia, intercambio de historia clínica.

1.6.2.3.4 Teleendoscopia

En esta aplicación los exámenes realizados a través de sistemas de endoscopia pueden ser enviados remotamente mediante un sistema de videoconferencia o de envío de imágenes digitales de video al especialista.

1.6.2.3.5 Tele dermatología

Esta técnica permite ofrecer atención dermatológica a distancia. Se pueden aplicar ambos medios de envío de la información: en tiempo diferido o en tiempo real. Así, el dermatólogo puede utilizar sistemas de videoconferencia para ver al paciente, o puede usar un sistema de almacenamiento para realizar un análisis posterior.

1.6.2.3.6 Tele oftalmología

La oftalmología es otra área en donde la imagen es una de las principales herramientas para el diagnóstico. Aunque no ha crecido exponencialmente como otras ramas de la telemedicina, ya se encuentra en proceso de normalización y puede demostrar gran desarrollo debido a que se basa en la transmisión y recepción de imágenes y datos. Esta parte de la telemedicina se puede realizar a través de equipos oftalmológicos conectados a sistemas de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video.

1.6.3 SERVICIOS EN UNIDADES MÓVILES

En lo referente a unidades móviles, tanto ambulancias como consultorios móviles, los siguientes servicios de información médica son los que tienen mayor utilidad y pueden ser requeridos frecuentemente:

- Pruebas de signos vitales: Temperatura corporal, pulso (o frecuencia cardíaca), presión arterial, frecuencia respiratoria.
- Pruebas de laboratorio: Consisten en el análisis de muestras del paciente para determinar si los resultados se encuentran dentro de los límites normales (sangre, orina, heces, líquido cefalorraquídeo, semen, entre otros).

- Pruebas de imagen: Son exámenes de diagnóstico que permiten visualizar los tejidos y órganos del cuerpo para identificar anomalías mediante pruebas como:
 - Radiodiagnóstico: radiografía, tomografía axial computarizada.
 - Resonancia magnética.
 - Medicina nuclear: gammagrafías, tomografía por emisión de positrones.
 - Ultrasonidos, ecografía.
- Pruebas endoscópicas: Permiten la observación del interior de cavidades u órganos huecos del cuerpo mediante el uso de una cámara o lente dentro de un tubo o endoscopio.
- Anatomía patológica: Mediante estas pruebas se analiza una muestra de tejido o biopsia, piezas quirúrgicas, citologías y autopsias.
- Electrogramas: Electrocardiograma ECG, electroencefalograma EEG, electromiograma EMG.
- Estudios alérgicos: Se lleva un registro continuo de la reacción a las exposiciones a fármacos, animales, vegetales, minerales, etc.
- Espirometrías: Este estudio mide el volumen y el ritmo del flujo de aire dentro de los pulmones. Evalúa la función pulmonar.
- Consulta de audioconferencia y videoconferencia: La utilización de audio y video beneficia principalmente a las aplicaciones de teleconsulta.

1.6.4 INFORMACIÓN MÉDICA

La información que se transmite en un sistema de telemedicina suele ser multimedia por lo que es necesario analizar su naturaleza y características. De esta manera, se presenta la necesidad de clasificar los tipos de información médica para posteriormente proceder a establecer requerimientos de ancho de banda para la transmisión de estos datos a través de una red de comunicación.

1.6.4.1 Tipos de Información Médica

Los tipos información que se transmiten a través de una red de telemedicina se detallan a continuación:

1.6.4.1.1 Audio

Es una señal que en el caso de aplicaciones para rangos audibles por los seres humanos es necesario mantener el rango de frecuencias de 20Hz-20KHz. Para que la voz y los sonidos sean comprensibles, a esta señal se le puede dar calidad telefónica (64Kbps) o alta fidelidad (1.4Mbps) y requiere mínimo retardo.

La comunicación a través de audioconferencia se aplica en telemedicina principalmente para consulta remota, telediagnóstico y urgencias.

1.6.4.1.2 Datos (texto y señales)

Son una representación binaria (8bits/carácter) de caracteres de texto, puntos, líneas, curvas, trazos, etc. Las aplicaciones de datos normalmente no requieren una gran capacidad de almacenamiento, en promedio se generan archivos de decenas de KB.

La información de texto es una pieza fundamental para el seguimiento de la evolución del paciente mediante el manejo de datos personales, antecedentes, resultados de examen físico, diagnóstico probable, prescripción de tratamiento y la valoración de la efectividad del tratamiento. Además su utilización permite realizar estudios estadísticos en beneficio de futuros proyectos de salud.

Respecto a las señales médicas, suelen ser de tipo fisiológico o funcional como en el caso de los EEG, ECG, Espirometría y Signos Vitales entre otros ejemplos. Tienen importancia para el diagnóstico precoz o de urgencia en pacientes a distancia. [2]

1.6.4.1.3 Imágenes fijas

Se forman mediante la captura digitalizada a partir de una imagen real formándose una matriz de píxeles (usualmente 640 x 480, o 1024 x 768), en donde cada píxel se representa con 2^m bits de contraste ($m=1$ en grises, y $m=5, 6, 8$ en color). Para estas aplicaciones se usan diferentes codificadores y métodos de compresión, pero este tipo de información suele representar un tráfico de tasa constante de bits (CBR) con tamaños de cientos de KB en promedio.

Las imágenes médicas son en general de tipo anatómico como las radiografías desde los Rayos X Simples, Tomografía Axial Computarizada y Resonancia Magnética, fotografías de lesiones cutáneas, endoscopias en especialidades como la otorrinolaringología, fondo del ojo en oftalmología, láminas de patología, y procedimientos más sofisticados de visualización dinámica de las imágenes como la ecografía doppler. [2]

1.6.4.1.4 Imágenes en movimiento (Video)

Se componen de una secuencia temporal de imágenes (*frames*) que genera una sensación de movimiento que se asocia a tráfico de tasa variable de bits (VBR), dada la alta redundancia espacial (cambios de píxeles) y temporal (cambios de secuencias).

El principal objetivo del video en telemedicina es posibilitar las aplicaciones de teleconsulta, teleeducación, teledermatología, telepsiquiatría, entre otras. Con esta finalidad, se puede utilizar videoconferencia para una comunicación en tiempo real con los siguientes anchos de banda mínimos para una buena calidad de video ante el ojo humano:

CALIDAD (fps)	ANCHO DE BANDA MÍNIMO
15 cuadros por segundo	128Kbps
30 cuadros por segundo	192Kbps

Tabla 1.3: Relación entre el ancho de banda y calidad de video. [6]

Dependiendo del ancho de banda que se asigne se presentan diferentes tipos de videoconferencia:

- *Videoconferencia personal de baja calidad: Ideal para conversaciones informales de 2 personas. Transmite en un rango de velocidad entre los 28.8 y los 64Kbps sobre líneas telefónicas.*
- *Videoconferencia de escritorio: Usado por grupos pequeños de individuos, por ejemplo, reuniones hasta de 4 personas. Opera en el rango de velocidades entre los 64 y 128Kbps.*
- *Videoconferencia de calidad intermedia: Ideal para reuniones en torno a una mesa (hasta 15 personas). Se transmite en un rango de velocidades entre los 128 y los 384Kbps.*
- *Videoconferencia de calidad mejorada: Necesaria para grandes reuniones. Opera en un rango de velocidad entre 384Kbps y 2Mbps. [6]*

La calidad de 30–40fps es suficiente para evitar que el video se perciba como una animación o película pausada con un ancho de banda de entre 384Kbps y 2Mbps, adecuado para las aplicaciones de telemedicina de video que se mencionaron anteriormente. Sin incluir servicios de telecirugía debido a que requieren una mayor velocidad de entre 8 y 16Mbps correspondiente a videoconferencia de alta calidad. Ver [6]

Con respecto a la obtención de imágenes, señales y datos digitales, el proceso se ve facilitado debido a que la mayoría de equipos modernos manejan información digital desde el inicio, es decir que la adquisición y captura de la información médica se realiza digitalmente. De esta manera se simplifica la transferencia directa de esta información desde el equipo médico al computador mediante el uso de software específico para realizarlo, por ejemplo el software de compatibilidad de equipos médicos DICOM (*Digital and Imaging Communication in Medicine*). Cuando no es posible la adquisición de la información de manera digital se recurre a sistemas de digitalización para su almacenamiento y transmisión dentro de la red.

1.6.4.2 Ancho de Banda Recomendado

En la siguiente tabla se muestran las principales aplicaciones de telemedicina distinguiendo el tipo de información (datos, audio, imágenes, video) y el tipo de transmisión en una red (Tiempo Real TR, Tiempo Diferido TD). Se recopilan sus características como el tamaño medio de señales o ficheros transmitidos y los recursos necesarios de ancho de banda recomendado según un estudio realizado por la Universidad de Zaragoza-España sobre modelos de tráfico y calidad de servicio en servicios sanitarios basados en telemedicina. Ver [7].

	APLICACIÓN DE TELEMEDICINA	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	TIPO DE INFORMACIÓN	TAMAÑO (bytes)	BW (*) (Kbps)
Tiempo Real (TR)	Señales biomédicas -Presión sanguínea/Pulsioxímetro -Electrocardiografía (ECG) -Electroencefalograma (EEG)	Adquisición y envío de señales biomédicas con dispositivos médicos digitales o analógicos (con posterior digitalización) de tipo: -Simple (muestras numéricas 2B) -Evento (señal continua N canales)	Datos BP/PsO2 ECG EEG	400B 12ch.250B 32ch.2B	64 32 24 80
	Audiokonferencia -Líneas fijas de emergencias -Consulta remota, telediagnóstico -Urgencias, UVI-MÓVIL	Canales de audio (voz) -1 conex. telefónica convencional -2 canales digitales de voz	Audio Analógico Digital	8KB 2ch.8KB	128 64 128
	Videoconferencia -Consulta remota, telediagnóstico -Teledermatología -Urgencias, UVI-MÓVIL -Teleeducación	Puede usar video digital y analógico. Video digital con tamaño de 320x280 píxeles con contraste de 24bpp (bits/pixel) y tasas entre 5-30fps. El video analógico utiliza 1 canal TV.	Video-Audio Analógico Dig-H.263 Dig-30fps	800KB 140KB 2MB	512 534 15 1250
Tiempo Diferido (TD)	Señales biomédicas pre-adquiridas -Electrocardiografía (ECG) -Electroencefalograma (EEG) -Electromiograma (EMG)	Adquisición de señales vitales, sin la necesidad de envío instantáneo.	Datos ECG EEG EMG	40MB 2MB 4MB	256
	Acceso a bases de datos médicas -Información médica (Historial clínico, presión, temperatura, pulso, pruebas de laboratorio)	Digitalización electrónica del historial en papel del paciente con datos administrativos, clínicos, etc.	Datos Word PDF	800KB 80KB	64
	Transmisión de imágenes médicas -Radiografía -Tomografía -Resonancia Magnética -Gammagrafía -Ecografía -Imagen médica digitalizada	Imagen digital/Contraste/Número promedio de imágenes por estudio: -2048x2560píxeles/12-16bpp/6 -512x512píxeles/12-16bpp/25 -512x512píxeles/12-16bpp/40 -512x512píxeles/8bpp/9 -512x512píxeles/8bpp/9 -Según tamaño/16bpp/1	Imagen-Datos RADIO TAC RM GAMMA ECO Digital	60MB 9.6MB 15.36MB 2.304MB 2.304MB 9MB	512

(*) Ancho de Banda Recomendado para uso en telemedicina [7].

Tabla 1.4: Información Médica y Ancho de Banda Recomendado. [7] [6] [8]

1.7 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Para establecer un sistema de telemedicina se debe considerar los medios empleados para transmitir la información médica. En el presente estudio se recopilan las opciones que ofrecen una solución tecnológica móvil y pueden ser empleadas para aplicaciones de telemedicina.

1.7.1 COMUNICACIONES SATELITALES

Las comunicaciones satelitales representan una excelente solución cuando los problemas geográficos de la zona dificultan la instalación de otro tipo de tecnologías. De esta manera, las mayores ventajas de un sistema satelital son la cobertura a nivel mundial y que las antenas pueden ser fijas o móviles.

La topología más sencilla de los enlaces satelitales es el sistema punto a punto, en donde se comunican dos puntos terrestres mediante un satélite funcionando como repetidora.

Los satélites utilizan ondas de las Bandas Ka, Ku y L:

Banda Ka: 18-31GHz

Banda Ku: 11.7-12.7GHz en recepción y 14-17.8GHz en transmisión

Banda L: 1.53-2.7GHz [9]

Dependiendo de la altitud a la que se encuentre el satélite desde el nivel de la tierra, éstos pueden ser clasificados respecto a sus órbitas.

1.7.1.1 GEO (*Geosyncronic Earth Orbit*)

Estos satélites orbitan a 35848Km sobre el ecuador terrestre permaneciendo estacionarios respecto a un punto de observación en la tierra. Se necesita una menor cantidad de satélites para tener una cobertura mundial, sin embargo la comunicación tierra-satélite-tierra tiene una latencia (retardo) de 0.24 segundos y los costos de este servicio se ven incrementados porque las posiciones satelitales en esta órbita son limitadas.

Se utilizan en televisión, telefonía y transmisión de datos. Inmarsat es un consorcio que ofrece servicios satelitales móviles orientados principalmente a vehículos con una cobertura casi mundial.

1.7.1.2 MEO (*Medium Earth Orbit*)

Se encuentran a una altura de entre 10075 y 20150Km por lo que se necesita mayor cantidad de satélites para obtener cobertura mundial pero la latencia se reduce sustancialmente. Las antenas terrestres deben tener un sistema de seguimiento para mantener la comunicación con el satélite en movimiento.

Actualmente no existen muchos satélites MEO y se utilizan para aplicaciones de posicionamiento, telefonía y televisión. Los sistemas ICO (10355Km) con 10 satélites más 2 de reserva y el sistema Odyssey (10354Km) con 12 satélites más 3 de reserva, son los sistemas satelitales MEO más conocidos que ofrecen servicios a nivel mundial.

1.7.1.3 LEO (*Low Earth Orbit*)

Tienen una altura de 800 a 5000Km con una reducida latencia pero se requiere de una mayor cantidad de satélites para ofrecer cobertura total. Presentan mayor complejidad en los sistemas de seguimiento de las antenas terrestres, lo que se ve compensado con las sólidas conexiones que se mantienen pero son mejores para aplicaciones de almacenamiento y transmisión.

Se emplean principalmente para aplicaciones buscapersonas, telefonía móvil y transmisión de datos operando en la franja de Mbps. El sistema Iridium que consta de 66 satélites a 740Km de altura, y el sistema Globalstar con una flota de 48 satélites a 1410Km, son los sistemas de satélites LEO más conocidos que ofrecen servicios a nivel mundial.

1.7.2 COMUNICACIONES TERRENAS POR RADIO

Esta forma de comunicación, que se realiza por ondas de radio, presenta varias aplicaciones y diferentes comportamientos de las ondas dependiendo de la banda de frecuencia en la que opera el sistema dentro del espectro radioeléctrico:

Rango de Frecuencia	Designación	Usos
30Hz-300Hz	ELF(<i>Extremely Low Frequency</i>)	Submarino/Energía
300Hz-3KHz	ULF(<i>Ultra Low Frequency</i>)	Oído Humano
3KHz-30KHz	VLF(<i>Very Low Frequency</i>)	Oído Humano
30KHz-300KHz	LF(<i>Low Frequency</i>)	
300KHz-3MHz	MF(<i>Medium Frequency</i>)	Radio AM
3MHz-30MHz	HF(<i>High Frequency</i>)	
30MHz-300MHz	VHF(<i>Very High Frequency</i>)	Radio FM y TV en difusión
300MHz-3GHz	UHF(<i>Ultra High Frequency</i>)	TV difusión
3GHz-30GHz	SHF(<i>Super High Frequency</i>)	Microondas terrestres/satélites
30GHz-300GHz	EHF(<i>Extremely High Frequency</i>)	Microondas terrestre/satélite

Tabla 1.5: Espectro Radioeléctrico. [10]

El alcance es otra característica de las ondas electromagnéticas que define la cobertura y la potencia de transmisión. Las ondas con menor frecuencia y mayor longitud de onda presentan mayor alcance que las ondas de mayor frecuencia, pero son más sensibles a fenómenos atmosféricos que provocan mayor atenuación, por lo que requieren mayor potencia para establecer la comunicación. Sin embargo, las ondas con mayor frecuencia y menor longitud de onda presentan mayor penetración y posibilidad de refracción, por esta razón pueden contornear obstáculos y así tener un mayor alcance.

De esta manera, con varias características que definen una radiocomunicación, existen diferentes estándares de tecnologías de los dispositivos que proporcionan conectividad en una red.

1.7.2.1 Wi-Fi (*Wireless Fidelity*)

Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) comprende una gran cantidad de estándares basados en las especificaciones IEEE 802.11 para redes inalámbricas de área local que permiten la conexión de dispositivos electrónicos con un punto de acceso de la red (*access point*). Esta tecnología ha tenido una mayor aplicación en conexiones a Internet, sin embargo puede ser utilizada para cualquier tipo de red local inalámbrica.

La conexión inalámbrica se establece entre el equipo y el punto de acceso, posteriormente se conecta a un MODEM que se comunica de manera cableada con el núcleo de la red.

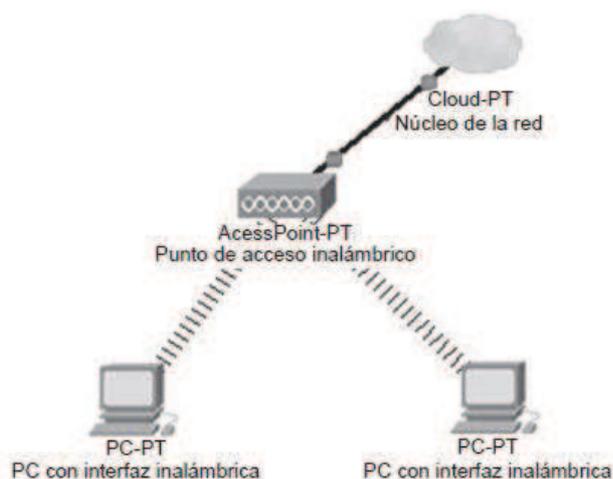


Figura 1.3: Diagrama de una red Wi-Fi. [11]

Respecto a la seguridad de la comunicación se utilizan esquemas como WEP (*Wired Equivalent Privacy*), WPA (*Wi-Fi Protected Access*) o WPA2, que codifican la información protegiendo su confidencialidad y estableciendo una autenticación de usuarios para el acceso a la red.

Esta tecnología ofrece velocidades de hasta 54Kbps en un canal de 20MHz en la banda de 2.4GHz (banda no licenciada) y puede trabajar con modulaciones PSK, QPSK y OFDM. Su instalación es sencilla lo que representa una ventaja, sin embargo no garantiza calidad de servicio (QoS) que es importante para aplicaciones de medicina. Su sistema de seguridad es vulnerable, además de su cobertura de área local que representa una limitación significativa.

1.7.2.2 WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) comprende el conjunto de estándares IEEE 802.16 aprobados por el WiMAX Fórum, que permite una comunicación inalámbrica de largo alcance con una cobertura de área metropolitana de 50Km por celda y tasas de transmisión de hasta 70Mbps tanto en bandas licenciadas y no licenciadas. Su alcance es apreciablemente mayor a las tecnologías IEEE 802.11, además de la ventaja de que permite manejar calidad de servicio.



Figura 1.4: Diagrama de una red WiMAX. [11]

Esta tecnología ha tenido un gran desarrollo desde sus inicios en donde trabajaba en la banda de 10 a 66GHz, con una capacidad de 100Mbps en un canal de 28MHz y necesitando establecer línea de vista en la conexión LOS. Posteriormente las modificaciones que se desarrollaron permitieron trabajar en la banda de 2 a 11GHz sin la necesidad de línea de vista con sistemas NLOS a una velocidad de 70Mbps y alcances de hasta 50Km, ofreciendo conexiones de última milla desde la estación base hasta el suscriptor del servicio. Estas ventajas se alcanzaron gracias a la utilización de Capas Físicas basadas en OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) la cual divide a la portadora en 128 y 256 subportadoras. Finalmente se establecieron capacidades de 30Mbps

operando en frecuencias de 2 a 6GHz, sin necesidad de línea de vista NLOS y con la movilidad de los suscriptores como un nuevo beneficio gracias a OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) con subportadoras que pueden ir de 256 a 2048, pero su alcance se redujo de 5 a 8Km. Estas últimas dos versiones poseen tamaños de canal flexibles que dependen de la banda de funcionamiento, modulación adaptativa (con esquemas BPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM) y de los tipos de duplexación TDD y FDD.

Los estándares vigentes actualmente, conocidos como WiMAX y WiMAX Móvil, son los siguientes:

- IEEE 802.16d (junio de 2004): Exclusivo para enlaces fijos y se perfila a ser el backbone para redes de distribución Wireless. Presenta las siguientes características principales:
 - *Enlaces fijos y portables PTP (Punto a Punto), PMP (Punto-Multipunto)*
 - *Permite enlaces LOS y NLOS*
 - *Canalizaciones flexibles*
 - *Alcance máximo de hasta 50Km*
 - *Alcanza velocidades de hasta 75Mbps*
 - *Número de subportadoras: 128, 256 [10]*
- IEEE 802.16e (diciembre de 2005): Permite la conexión de servicios multimedia para equipos terminales móviles sin que se pierda la comunicación. Las características de este estándar son:
 - *Banda de frecuencia menor a 6GHz*
 - *Puede trabajar en ambientes NLOS con un área de cobertura de 5 a 8Km por celda, dependiendo del rango de frecuencias, implementación y modulación*
 - *Número de subportadoras: 128, 256, 512, 1024, 2048*
 - *Ancho de banda desde 1,75 hasta 20MHz*
 - *Velocidades de 30Mbps*
 - *Modulaciones adaptativas 64QAM, 16QAM, QPSK [10]*

1.7.3 COMUNICACIONES POR TELEFONÍA CELULAR

La tecnología celular permite trabajar con zonas de cobertura divididas en partes pequeñas llamadas células o celdas, esto facilita el aprovechamiento de los recursos mediante la reutilización de frecuencias: la misma frecuencia se utiliza en varias celdas que están lo suficientemente alejadas entre sí para evitar interferencias.

La complejidad de este tipo de comunicación se amplía debido al control de todas las estaciones y dispositivos móviles que forman parte de la red. Además el costo de las instalaciones se ve incrementado debido a la cantidad de estaciones.

La telefonía celular ha ido evolucionando desde sus inicios ofreciendo mejoras en velocidad de transmisión y en servicios de voz y datos. Desde su primera generación 1G con la tecnología AMPS; pasando a la tecnología 2G D-AMPS, GSM y CDMA; posteriormente con la tecnología 2.5G GPRS y EDGE; 3G con WCDMA y CDMA 2000; luego con la tecnología que predomina en la actualidad 3.5G HSPA, HSPA+, EDGE *Evolution*; hasta llegar a 4G LTE, la tecnología con mayor capacidad que ya ha tenido aplicación en algunos países, pudiendo alcanzar capacidades de 100Mbps en movimiento y 1Gbps en reposo.

1.7.3.1 Tecnología 3G

La tercera generación de la telefonía móvil mejora las limitaciones de sus antecesores (2G y 2.5G) con las siguientes características:

- *Posibilita la transmisión tanto de voz y datos con velocidades de 2.048Mbps en reposo o interiores.*
- *Aplicaciones de audio y video en tiempo real.*
- *Velocidades de transmisión de datos de 384Kbps para peatones.*
- *Velocidades de transmisión de datos de 144Kbps para usuarios de vehículos a velocidades inferiores a los 100Km/h.*
- *Soporte para servicios basados en conmutación por paquetes y conmutación por circuitos.*

- *Reutilización de frecuencias lo que significa un uso más eficiente del espectro.*
- *Soporte para varias clases de equipos móviles. [10]*

Dentro de los sistemas 3G se han propuesto básicamente dos tipos de tecnologías: CDMA2000 y UMTS.

1.7.3.1.1 CDMA2000

Esta familia de estándares utiliza modulación CDMA (*Code Division Multiple Access*), un esquema de acceso múltiple para redes digitales que permite la transmisión de voz, datos y señalización entre teléfonos celulares y las estaciones base, compartiendo el mismo medio de comunicación simultáneamente en las bandas de frecuencias entre los 400 y 2100MHz con velocidades de transmisión de hasta 1.8Mbps.

1.7.3.1.2 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

Soporta aplicaciones de audio y video en tiempo real con una velocidad de acceso de 2Mbps por usuario utilizando una comunicación basada en una interfaz W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*).

UMTS puede ofrecer altas tasas de transmisión de datos hasta 144Kbps sobre vehículos a gran velocidad, 384Kbps en espacios abiertos y 2Mbps en reposo o interiores.

1.7.3.1.3 HSPA (High-Speed Packet Access)

HSPA es la combinación de tecnologías posteriores y complementarias a la tercera generación de telefonía móvil 3G UMTS (3.5G HSDPA y 3.5G Plus HSUPA). Utiliza un sistema W-CDMA en las bandas de frecuencias de 1.9GHz y 2.1GHz con una velocidad de hasta 14.4Mbps en bajada y hasta 2Mbps en subida, dependiendo de la ocupación de la red.

HSPA soporta aplicaciones como: PTT (*Push To Talk*), audio, videoconferencia, video *streaming*, televisión y principalmente acceso inalámbrico a internet.

1.7.3.1.4HSPA+ (HSPA Evolution)

HSPA *Evolution* es un estándar más avanzado posterior a HSPA que proporciona velocidades mayores de datos de hasta 28Mbps en el enlace de bajada y 11Mbps en el enlace ascendente.

Esta tecnología presenta mejoras como ahorro importante de batería y un acceso más rápido al servicio de datos debido a que tiene una permanente conexión.

1.8 FORMULACIÓN DE LA SITUACIÓN EN ESTUDIO

En esta sección se establecerá la situación en la que se aplicaría el presente estudio y los beneficios que proporcionaría su implementación. Además se asentará un caso específico para ejemplificar el diseño de un sistema de telemedicina de esta clase, determinando sus requerimientos y descripciones particulares dentro de los campos teóricos presentados anteriormente.

1.8.1 JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS DEL SISTEMA

Este tipo de sistema va dirigido a hospitales de distintos niveles de atención que contarán con las capacidades necesarias, y a sus distintos tipos de unidades móviles que podrán tener una localización dentro de una zona de cobertura dentro de la misma ciudad. Estas instituciones de salud pueden tener desarrolladas redes internas individualmente, incluso poseer sistemas de interconexión entre ellas, pero fuera de estas redes quedan excluidas las unidades de traslado de pacientes que pueden necesitar establecer una comunicación urgente con los hospitales fijos.

La comunicación Unidades Móviles-Hospitales Fijos puede dar una solución a varios problemas, destacando los casos que son de interés en el presente análisis:

- *En casos de consulta médica desde unidades móviles:* El sistema plantea solucionar el problema de contar con un número limitado de especialistas en áreas donde las unidades móviles proveerán el servicio médico. En este caso la red debe aprovechar los recursos médicos disponibles que laboran en hospitales fijos, incrementando su campo de acción hacia los pacientes atendidos en los vehículos sanitarios. La red dispondrá de la capacidad de comunicación y transferencia de información hacia los hospitales que pondrán a disposición sus recursos médicos especializados. Los consultorios móviles se tratan de manera separada de las unidades ambulatorias, ya que constituyen un nivel de servicio superior, por lo que tendrían diferentes beneficios dentro de la red.
- *En casos de Gestión Pre-Hospital para las unidades móviles de emergencia:* Constituyen situaciones en donde el paciente requerirá una atención inmediata y en tiempo real por parte del especialista remoto en casos de emergencia fuera del centro hospitalario, y sea necesario remitir al paciente al hospital que puede atender su problema. Para estos entornos, las unidades podrán transmitir información de los pacientes (signos vitales: ritmo cardíaco, presión arterial, imágenes, etc), aplicar consultas médicas de emergencia y seleccionar de una manera más eficiente la entidad hospitalaria a la que debe dirigirse. Con esta comunicación, la institución estará en la capacidad de tener una preparación más temprana y especializada para la recepción de pacientes. Esta gestión Pre-Hospital puede elevar las posibilidades de sobrevivencia del paciente que es trasladado al centro hospitalario, debido a que recibiría el tratamiento adecuado por parte del especialista remoto y sería enviado directamente a la institución preparada para su caso.

Para ofrecer estos beneficios a la prestación de servicios sanitarios de una ciudad, se propone instaurar un sistema de comunicación que interconecte

diferentes tipos de unidades móviles de salud y hospitales fijos, para el transporte de información médica. Este estudio tiene el objetivo de presentar una ejemplificación de este sistema de telemedicina móvil utilizando una tecnología de acceso inalámbrico.

1.8.2 SELECCIÓN DE UNA CIUDAD REFERENCIAL

Para realizar un ejemplo del sistema de interconexión inalámbrica entre Unidades Móviles de Salud y Hospitales Fijos, se procede a seleccionar una ciudad referencial que representará el área de cobertura en la que se desarrollará la red de telemedicina. Se toma como criterio de comparación el número de puntos fijos que contienen varias ciudades (cantidad de instituciones fijas de salud) para seleccionar una localidad promedio y así establecer un modelo referencial.

A continuación se realiza la comparación y se promedia el número de instituciones de salud de las ciudades que al menos posean un Hospital de Nivel II. Para simplificar el estudio, se consideran las ciudades pertenecientes a las principales provincias del país (consideradas así por el número de habitantes y por la actividad económica que desarrollan según el INEC, ver [5]).

Provincia	Ciudad	CANTIDAD DE INSTITUCIONES DE SALUD FIJAS				TOTAL
		Hospital de Especialidades/ Especializado (Nivel III)	Hospital General (Nivel II)	Hospital Básico (Nivel II)	Centro de Salud (Nivel I)	
Imbabura	Atuntaqui	-	-	1	2	3
	Cotacachi	-	-	1	1	2
	Ibarra	-	2	-	7	9
	Otavalo	-	-	1	4	5
Pichincha	Cayambe	-	-	1	2	3
	Machachi	-	-	1	-	1
	Quito	6	3	4	101	114
	Sangolquí	-	-	1	8	9

Tabla 1.6: Comparación de la Cantidad de Instituciones de Salud Fijas.⁴

⁴ Desarrollo personal basado en [17].

Provincia	Ciudad	CANTIDAD DE INSTITUCIONES DE SALUD FIJAS				TOTAL
		Hospital de Especialidades/ Especializado (Nivel III)	Hospital General (Nivel II)	Hospital Básico (Nivel II)	Centro de Salud (Nivel I)	
Guayas	Balzar	-	-	1	5	6
	Daule	-	-	1	2	3
	Durán	-	-	1	9	10
	El Empalme	-	-	1	2	3
	El Triunfo	-	-	1	-	1
	Guayaquil	8	9	-	89	106
	Milagro	-	1	2	6	9
	Naranjal	-	-	1	1	2
	Naranjito	-	-	1	2	3
	Playas	-	-	1	1	2
	Salitre	-	-	1	-	1
Yaguachi	-	-	1	1	2	
Azuay	Cuenca	-	4	2	16	22
	Girón	-	-	1	-	1
	Gualaceo	-	-	1	-	1
	Paute	-	-	1	-	1
	Santa Isabel	-	-	1	-	1
	Sigsig	-	-	1	1	2
Tungurahua	Ambato	-	2	1	8	11
	Baños	-	-	1	1	2
	Pelileo	-	-	1	-	1
	Píllaro	-	-	1	1	2
Manabí	Bahía de Caráquez	-	1	-	3	4
	Calceta	-	-	1	5	6
	Chone	-	1	1	4	6
	El Carmen	-	-	1	2	3
	Favio Alfaro	-	-	1	1	2
	Jipijapa	-	1	1	2	4
	Manta	-	2	2	17	21
	Paján	-	-	1	1	2
	Portoviejo	-	2	-	21	23
	Rocafuerte	-	-	1	5	6
PROMEDIO		0	1	1	8	10

Tabla 1.6: Comparación de la Cantidad de Instituciones de Salud Fijas.

(Continuación)

Mediante esta comparación se puede observar las ciudades que representan el promedio respecto a la cantidad de instituciones de salud fijas de cada tipo que poseen. Para desarrollar la ejemplificación del proyecto se tomará como referencia la ciudad de Ibarra, que representa una de las localidades promedio dentro de nuestro país. De esta manera, el presente análisis puede servir de base para ser tomado y aplicado en ciudades semejantes o de menores requerimientos.

1.8.3 SELECCIÓN DE TOPOLOGÍA

En función de las principales topologías de redes de telemedicina estudiadas anteriormente, se puede observar que el sistema de referencia jerarquizada y transmisión centralizada con actualización presenta mayores ventajas, ya que establece una jerarquía central capaz de remitir los casos en función a su gravedad a las dependencias sanitarias que dispongan del equipamiento y el soporte para ofrecer un auxilio inmediato, de esta manera se maximizan los beneficios con una Gestión Pre-Hospital organizada. La jerarquía de las instituciones sanitarias se debe establecer en función a los recursos y en función al personal que dispone cada unidad médica. Además, este tipo de topología presenta una constante actualización de la información lo que permite agilizar la consulta tanto en unidades móviles de salud como en otras instituciones para el seguimiento de cada uno de los casos y las complicaciones que pueden darse en el transcurso de los mismos.

Con las consideraciones anteriores se establece un sistema que permite vincular las unidades móviles con hospitales de todo tipo, mediante el control de un hospital general que cumplirá las funciones de punto central del conjunto jerarquizado de instituciones de salud, el mismo que remitirá todo caso en función a su complejidad y a la cercanía geográfica con otras unidades hospitalarias, ejemplificado claramente en el siguiente diagrama.

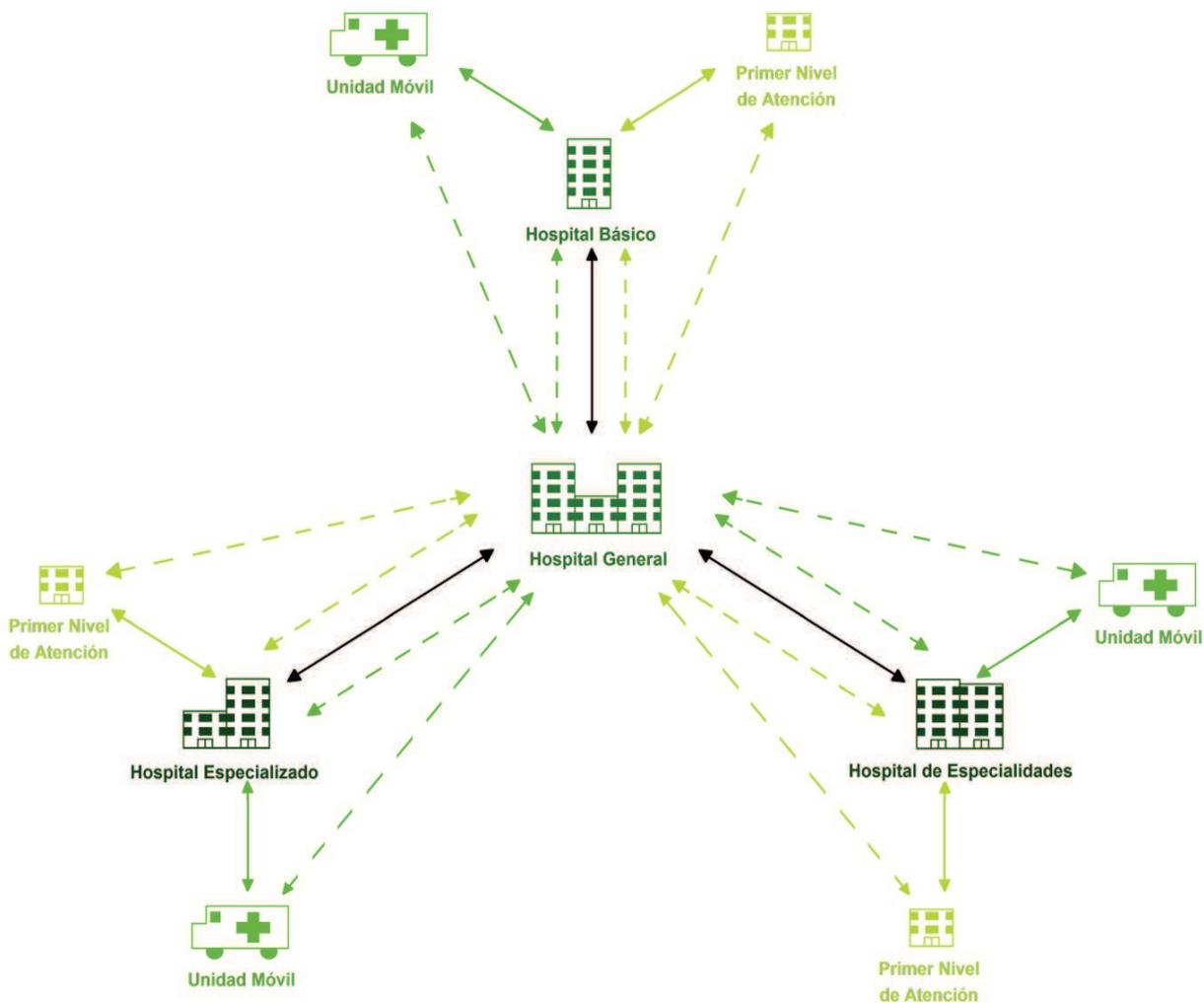


Figura 1.5: Topología de la Red de Telemedicina con Unidades Móviles.⁵

1.8.4 SERVICIOS Y TIPOS DE INFORMACIÓN EN UNIDADES MÓVILES

De acuerdo a los servicios que pueden soportar o requerir los diferentes tipos de unidades móviles de salud y al tipo de información que corresponde cada aplicación médica, se desprenden las características necesarias para establecer la capacidad de la red, como son el tamaño medio de ficheros transmitidos y los recursos necesarios de ancho de banda recomendado (tabla 1.4).

⁵ Desarrollo personal basado en [2].

		SERVICIOS	TIPO DE UNIDAD QUE GENERA	TIPO DE UNIDAD QUE SOLICITA	TIPO	TAMAÑO (bytes)	BW (*) (Kbps)
Tiempo Real (TR)	Pruebas de signos vitales	Temperatura corporal, pulso (o frecuencia cardíaca), presión arterial, frecuencia respiratoria	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Datos	8bits/carácter-decenas de KB	64
		Electrocardiograma ECG	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo C	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Datos	12ch.250B	
	Consulta de audioconferencia	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Audio	8KB 2ch.8KB	128	
	Consulta de videoconferencia	- Hospitales - Consultorio móvil	- Hospitales - Consultorio móvil	Audio y video	140KB 2MB	512	
Tiempo Diferido (TD)	Pruebas de laboratorio o análisis clínicos	Sangre, orina, heces	- Hospitales - Consultorio móvil	- Hospitales - Consultorio móvil	Datos	8bits/carácter-decenas de KB	64
		Líquido cefalorraquídeo, semen, etc	- Hospitales	- Hospitales - Consultorio móvil	Datos	8bits/carácter-decenas de KB	64
	Pruebas de imagen	Radiografía y tomografía	- Hospitales - Consultorio móvil	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Imagen	60MB y 9.6MB	512
		Resonancia magnética	- Hospitales	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Imagen	15.36MB	512
		Gammagrafías y tomografía por emisión de positrones	- Hospitales	Hospitales Consultorio móvil Ambulancia tipo A, B y C	Imagen	2.304MB	512

(*) Ancho de Banda Recomendado para uso en telemedicina [7].

Tabla 1.7: Servicios de Telemedicina en Unidades Móviles.⁶

⁶ Tabla desarrollada mediante consulta a fuentes médicas y datos obtenidos de [7] [6] [8].

SERVICIOS		TIPO DE UNIDAD QUE GENERA	TIPO DE UNIDAD QUE SOLICITA	TIPO	TAMAÑO (bytes)	BW (*) (Kbps)	
Tiempo Diferido (TD)	Pruebas de imagen	Ecografía	- Hospitales - Consultorio móvil	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Imagen	2.304MB	512
	Pruebas endoscópicas		- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo B y C	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Audio y video	2.304MB	512
	Anatomía patológica		- Hospitales - Consultorio móvil	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Imagen	9MB	512
	Electrogramas	Electrocardiograma ECG	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo C	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Datos	40MB	256
		Electroencefalograma EEG	- Hospitales	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Datos	2MB	256
		Electromiograma EMG	- Hospitales	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Datos	4MB	256
	Estudios alérgicos		- Hospitales	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Datos	8bits/carácter-decenas de KB	64
	Espirometrías		- Hospitales - Consultorio móvil	- Hospitales - Consultorio móvil - Ambulancia tipo A, B y C	Datos	8bits/carácter-decenas de KB	64

(*) Ancho de Banda Recomendado para uso en telemedicina [7].

Tabla 1.7: Servicios de Telemedicina en Unidades Móviles. (Continuación)

En esta recopilación de servicios se considera que las ambulancias utilizan principalmente aplicaciones de telemedicina que requieren transmisión en tiempo real, debido a que constituyen casos de atención de urgencia que implican una

amenaza inmediata para la vida del paciente; mientras que los consultorios móviles y establecimientos fijos pueden hacer uso de cualquier tipo de aplicación. Estas observaciones facilitan la determinación de los servicios que utilizará cada tipo de unidad.

1.8.5 SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN INALÁMBRICA

Partiendo de las opciones inalámbricas mencionadas anteriormente, se procede a realizar una comparación de las características que son más importantes para una aplicación de telemedicina de este tipo: movilidad, velocidad de transmisión, cobertura, ancho de banda, libertad de bandas, seguridad, calidad de servicio y costos.

Tecnología	Velocidad de trasmisión (Mbps)	Cobertura (Km)	Ancho de banda (MHz)
WiMAX 802. 16e	30	8	10
Satelital	8	-	27
HSPA	2	6	5
Wifi	54	0,1	20

Tabla 1.8: Comparación entre tecnologías inalámbricas.⁷

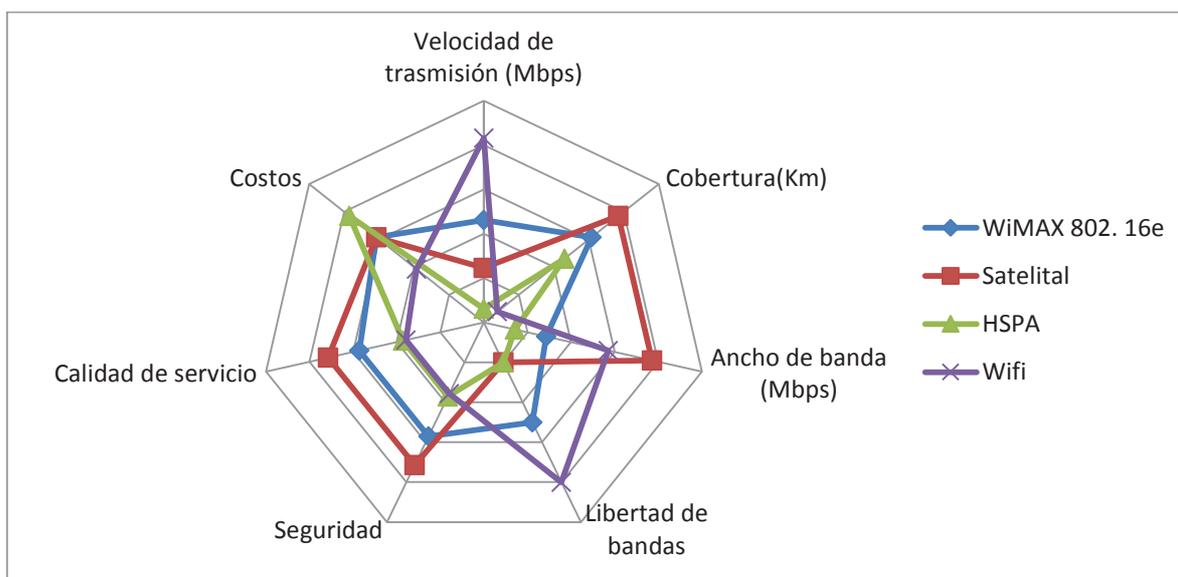


Figura 1.6: Comparación entre tecnologías inalámbricas.⁷

⁷ Tabla y gráfica desarrolladas mediante datos obtenidos de [11] [18] [19].

Mediante la recopilación de estas características se puede observar que cada tecnología muestra fortalezas y debilidades. La tecnología WiMAX IEEE 802.16e no posee los mayores valores en cada aspecto, sin embargo combina todas las cualidades principales que se han mencionado, como son la cobertura, seguridad, calidad de servicio, entre otras. Además, es posible trabajar en una banda de frecuencia no licenciada, lo que simplifica el proceso de concesión y la hace idónea para implementar aplicaciones médicas en beneficio de la comunidad en zonas rurales de poco tráfico.

1.8.6 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS

Como punto de partida, para definir los mínimos requerimientos en un sistema de telemedicina se debe conocer principalmente las siguientes características sobre la información y la tecnología:

- El tipo de información a transmitir. Tabla 1.7.
- El tipo de red que soportará los servicios: satelital, redes celulares, entre otros.

Para el presente estudio, en donde ya se estableció las características básicas, se tienen los siguientes requerimientos mínimos de operatividad para el funcionamiento del sistema de telemedicina:

- Contar con el equipo de cómputo con capacidad Ethernet y el sistema operativo vigente en la plataforma institucional que permita la comunicación entre los hospitales y las unidades móviles.
- Los equipos de cómputo de las instituciones médicas deberán incluir periféricos como parlantes, micrófono, cámara para videoconferencia, para el intercambio de imagen, voz y video.
- Tener una base de datos de expediente clínico electrónico. La red interna de los hospitales deberá contar con los servidores necesarios que cumplan

con los servicios que se extenderán a la red externa para unidades móviles.

- En caso de que se necesite la instalación de servidores adicionales o habilitar un equipo de cómputo para realizar las funciones de servidor, éstos deberán contar con las características mínimas para que puedan soportar los niveles de servicio.
- El sistema debe contar con autenticación de usuarios para poder ejercer un uso correcto y seguro de la información, con esquemas de usuarios, perfiles y grupos para la administración del acceso y de los privilegios en cada aplicación de la red.
- Los equipos médicos deberán permitir que el sistema de información opere con toda la funcionalidad cumpliendo con los estándares de interoperabilidad según el tipo de aplicación: HL7 v3 (para el intercambio de datos entre sistemas de información médica), DICOM 3 (para intercambio e impresión de imágenes médicas), MHEG-5 (para señales electrocardiográficas e imágenes en movimiento).
- Cada instalación debe contar con sistemas UPS con tiempo de respaldo a plena carga no menor a 5 minutos.

Respecto a las Unidades Móviles de Salud del sistema de telemedicina, dependiendo de su tipo y funcionalidad, se tienen las siguientes características mínimas de operatividad:

- Contar con el equipo de cómputo portátil con los periféricos necesarios como parlantes, micrófono, cámara para videoconferencia, para el intercambio de imagen, voz y video dependiendo de las aplicaciones que soportará cada unidad móvil según la tabla 1.7.
- Periféricos médicos (cámara dermatológica, electrocardiógrafo, equipo de laboratorio, entre otros) cumpliendo con los estándares de interoperabilidad según el tipo de aplicación: HL7, DICOM 3, MHEG-5.
- Servidor y base de datos para expediente clínico electrónico.

1.9 TECNOLOGÍA SELECCIONADA WIMAX MÓVIL

WiMAX Móvil fue aprobado el 7 de diciembre del 2005 por el IEEE como el estándar 802.16e. Con esta extensión de WiMAX se logra que el usuario tenga movilidad completa al momento de utilizar la red inalámbrica de banda ancha.

Los estándares IEEE 802.16 en las Capas MAC (Capa de Acceso al Medio) y PHY (Capa Física) definen factores técnico-operacionales como frecuencia de operación, modulación, codificación, multiplexación, sincronización, entre otros. Para permitir la movilidad en IEEE 802.16e se realizaron modificaciones en estas dos capas:

- Capa Física (PHY): Cambio de OFDM a OFDMA-SOFDMA (*Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access*).
- Capa de Acceso al Medio (MAC): Modificación en seguridad, *handover* o *handoff*, *roaming* y gestión de recursos (QoS, ancho de banda, potencia).

WiMAX Móvil conserva ventajas que ofrecen los estándares IEEE 802.16 como soportar varios usuarios por canal con múltiples aplicaciones simultáneas y ofreciendo QoS, conveniente para VoIP, video y datos. Entre otras ventajas WiMAX Móvil presenta las siguientes características:

- *Soporte para acceso fijo y principalmente móvil.*
- *OFDMA permite 1024 subportadoras y puede llegar a 2048 subportadoras mediante una modulación escalable como lo es SOFDMA.*
- *Optimizado para canales de radio móviles.*
- *Provee soporte para handover.*
- *Roaming global entre proveedores de servicio de WiMAX.*
- *Soporte a velocidades hasta 120Km/h.*
- *Bajas latencias para soporte mejorado de aplicaciones en tiempo real.*
- *Funcionalidades avanzadas AAA (Authorization, Authentication, Accounting), primordial para aspectos de seguridad y privacidad.*
- *Mecanismos de ahorro de energía para dispositivos móviles. [10]*

1.9.1 CARACTERÍSTICAS DE IEEE 802.16e WIMAX MÓVIL

En esta sección se describen las características técnicas principales que definen a WiMAX Móvil como una tecnología apta para su uso en una red de telemedicina de área metropolitana que requiere movilidad:

- *Modulación Adaptativa:* Consiste en la capacidad de ajustar la técnica de modulación dependiendo de las condiciones del canal y de la distancia de la estación base, escogiendo la opción que ofrezca mayor desempeño para cada caso: 64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK. Permite vencer interferencias geográficas, alcanzar mayor velocidad de transmisión y eficiencia espectral.
- *Topología de Red:* Se tienen tres tipos de infraestructuras para las redes WiMAX Móvil: PTP (punto a punto) en radio enlaces, PMP (punto-multipunto) principalmente para acceso a última milla y ofrecer movilidad, y las redes tipo *Mesh* (malla).
- *Bandas de Frecuencia:* WiMAX Móvil opera en bandas licenciadas y no licenciadas por debajo de los 11GHz. Dentro de este rango, el espectro más probable está disponible en 2.3GHz, 2.4GHz, 2.5GHz, 3.5GHz y 5.8GHz, por lo que los equipos deberán soportar hasta 5 bandas de frecuencia para asegurar interoperabilidad. Para zonas rurales de poco nivel de tráfico están disponibles las bandas no licenciadas como la banda de 5.8GHz y menos probable, por alta interferencia, la banda de 2.4GHz.
 - Bandas sin licencia: Presentan una barrera más baja y con menores costos para ofrecer el servicio pero conlleva desventajas como interferencias, limitación de potencia y disponibilidad. Para WiMAX Móvil se contemplan las bandas de 2.4GHz y 5.8GHz.
 - Bandas licenciadas: Su uso es privado y requiere una concesión que tiene un precio potencialmente alto presentando ventajas como

exclusividad y protección ante interferencia. Para WiMAX Móvil se presentan las bandas de 1.3GHz, 2.5GHz y 3.5GHz.

- *Ambientes LOS y NLOS:* WiMAX Móvil puede proveer servicio en ambientes LOS y NLOS con ventajas como: mayor penetración y cobertura en ambientes obstruidos, cobertura sin sombras y no se requiere mayor potencia de transmisión; estimando un área de cobertura de 5 a 8Km. Para esto se utilizan técnicas como modulación OFDM-OFDMA, modulaciones adaptativas, antenas inteligentes, diversidad de transmisión y recepción, control de potencia, modelos de propagación.
- *SOFDMA:* La tecnología OFDMA escalable o SOFDMA funciona con una adaptación de la cantidad de subportadoras que son asignadas a los abonados dependiendo del ancho de banda disponible, mejorando el uso en comunicaciones en vehículos en movimiento o en ambientes obstruidos.
- *Control de Potencia:* Reduce el consumo de energía y disminuye la interferencia con estaciones vecinas en un sistema de celdas. La estación base realiza un control ajustando el nivel de transmisión de la estación móvil dependiendo de su cercanía. Para el control de potencia en WiMAX Móvil se presentan dos modos de operación: Modo *Sleep* y Modo *Idle*.
- *Soporte QoS (Quality of Service):* Posibilita el uso de prioridades en un sistema de comunicación mediante el uso flexible de asignación de recursos. WiMAX Móvil posee características que permiten disponer de diferentes niveles de calidad de servicio en una sola conexión, tanto para el tráfico UL como DL de servicios y aplicaciones que tienen requerimientos diferentes de QoS como se especifica en la tabla 1.9.
- *Administración de Movilidad:* En un sistema de celdas el proceso de *handover* o *handoff* permite a una estación móvil cambiar de una estación base a otra sin interrumpir la comunicación. Así se puede tener un mejor enlace en otra celda, o se puede evitar la saturación de tráfico que soporta

una estación base. WiMAX Móvil soporta tres mecanismos de *handover*: HHO (*Hard Handoff*), FBSS (*Fast Base Station Switching*) y MDHO (*Macro Diversity Handover*); de los cuales solo HHO es obligatorio y los dos últimos son opcionales.

- **Seguridad:** Esta característica dentro de WiMAX Móvil asegura a los usuarios privacidad, autenticación y encriptación. La estación base evita accesos no autorizados mediante un protocolo de manejo de autenticación basada en EAP (*Extensible Authentication Protocol*): Tarjetas Inteligentes, Certificados Digitales y esquemas *Username/Password*. Se asegura la autenticación mutua equipo/usuario y la encriptación de la información del sistema a través del Protocolo de Gestión de Clave Privada (PKM) que emite, almacena y controla los códigos clave que son utilizados.

Categoría de QoS	Aplicación	Especificaciones de QoS
UGS Servicio Garantizado no Solicitado	VoIP	Velocidad máxima mantenida. Velocidad mínima reservada. Máxima tolerancia al retardo (latencia). Tolerancia al <i>Jitter</i> .
rtPS Servicio de Registro en Tiempo Real	Transmisión de Audio o Video	Velocidad máxima mantenida. Velocidad mínima reservada. Máxima tolerancia al retardo. Prioridad de tráfico.
nrtPS Servicio de Registro no en Tiempo Real	Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP)	Velocidad máxima mantenida. Velocidad mínima reservada. Prioridad de tráfico.
BE Servicio al Mejor Esfuerzo	Transferencia de Datos, Navegación	Velocidad máxima mantenida. Prioridad de tráfico.

Tabla 1.9: Aplicaciones de WiMAX Móvil y Calidad de Servicio. [12]

CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realizará el diseño de la red inalámbrica utilizando la tecnología WiMAX Móvil que permitirá la compartición de los recursos del sistema de comunicación ya establecido entre las instituciones de salud hacia unidades como son ambulancias y consultorios móviles.

En primer lugar se procederá a analizar los parámetros a considerar para posteriormente desarrollar el diseño de referencia.

2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para realizar el diseño de una red inalámbrica para una zona metropolitana (WMAN) existen criterios que se deben tomar en cuenta como la cobertura de los enlaces, la topología de las conexiones, el tráfico que deberá soportar el sistema, las características de los equipos y dispositivos de transmisión, los procedimientos de control y regulación de los usuarios de la red. Esto hace que la red deba cumplir con ciertas especificaciones en función a los requerimientos que se espera de ella y del tipo de equipos u operarios del sistema, al mismo tiempo se debe tomar en consideración cuan específico y aplicable es este sistema respecto a los servicios de telemedicina.

2.2.1 LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES

La tecnología IEEE 802.16e no necesita línea de vista, sin embargo es recomendable evitar la mayor cantidad de obstrucciones físicas al seleccionar la altura de las antenas de las estaciones. Este parámetro se define escogiendo los

sitios que puedan tener mayor visibilidad dentro de la zona con el objetivo de abarcar mayor cantidad de usuarios. Para esto se puede seleccionar elevaciones naturales, construcciones altas o, en su defecto, se puede disponer de una instalación de torres propias para este objetivo.

2.2.2 ÁREA DE COBERTURA

El estándar IEEE 802.16e puede trabajar en ambientes NLOS con un área de cobertura de 5 a 8Km por estación base, sin embargo se verá disminuida por diferentes variables por lo que es necesario realizar un análisis para verificar si los usuarios podrán acceder al servicio en el área geográfica específica del diseño. Este estudio depende de tres características: potencia de transmisión, patrón de radiación de las antenas y de las condiciones físicas de la superficie a cubrir.

Respecto a las condiciones del ambiente, la transmisión se ve afectada por múltiples factores como la distancia, fenómenos climáticos y obstrucciones físicas que la atenúan. Por esta razón, es recomendable establecer línea vista entre la estación transmisora y la estación receptora considerando el patrón de radiación y la potencia de las antenas que se utilizarán en la red.

2.2.2.1 Cálculo de los Enlaces

Existen dos formas de cálculo para el análisis de la viabilidad de los enlaces inalámbricos: el presupuesto de potencia y el cálculo de las zonas de Fresnel. Ambas deben cumplirse para tener un enlace confiable dentro de la red.

2.2.2.1.1 Presupuesto de Potencia

Mediante la fórmula de Friis se compara la potencia recibida (sumatoria del aumento y disminución de la señal durante todo el trayecto) con el valor mínimo que necesita el receptor.

$$P_{TX} + G_{TX} - L_{Ct} - L_{it} - L_o + G_{RX} - L_{Cr} - L_{ir} \geq U_{RX} + FM^8$$

Donde:

P_{TX} = Potencia de transmisión (dBm)

G_{TX} = Ganancia de antena transmisora (dBi)

L_{Ct} = Pérdida del cable del transmisor (dB)

L_{it} = Pérdidas de inserción en el transmisor por conectores (dB)

L_o = Pérdida de espacio libre (dB)

G_{RX} = Ganancia de la antena receptora (dBi)

L_{Cr} = Pérdida del cable del receptor (dB)

L_{ir} = Pérdidas de inserción en el receptor (dB)

U_{RX} = Sensibilidad del Receptor (dBm)

FM = Margen de holgura o desvanecimiento (dBm)

2.2.2.1.2 Cálculo de la Primera Zona de Fresnel

Este cálculo tiene el objetivo de establecer la distancia mínima a la que deberían encontrarse los obstáculos desde el eje de la trayectoria de la señal para que pueda transferirse al receptor la potencia con la que se logrará la comunicación. Esta zona libre, conocida como Zona de Fresnel, es un parámetro que debe garantizarse a pesar de que se cumpla con la línea de vista entre los puntos del enlace.

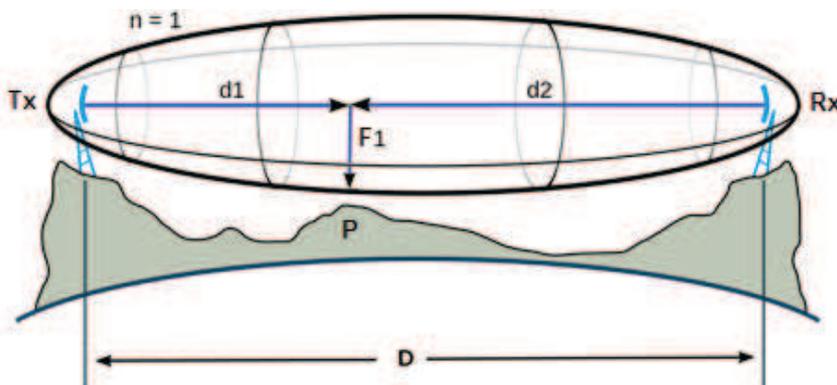


Figura 2.1: Zona de Fresnel. [13]

⁸ Basado en [21].

Normalmente se trabaja con un enfoque de diseño en donde es necesario que como mínimo el 60% de la primera zona de Fresnel se encuentre libre de obstáculos para lograrse la comunicación. La siguiente fórmula permite calcular la primera zona de Fresnel:

$$F_1 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{D}}$$

Donde:

F_1 = Radio de la primera zona de Fresnel (m)

λ = Longitud de onda (m) = (velocidad de la luz)/(frecuencia)

d_1 = Distancia desde el transmisor al objeto de obstrucción (m)

d_2 = Distancia desde el objeto de obstrucción al receptor (m)

D = Distancia desde el transmisor al receptor (m)

2.2.2.2 Selección de las Antenas

Existe una gran variedad de tipos de antenas con propiedades y finalidades distintas, por lo que la selección de este dispositivo en una aplicación específica depende de ciertas características principales:

- *El rango de frecuencias de operación:* Dentro de este margen la antena puede emitir y recibir energía correctamente cumpliendo determinadas características. A mayor frecuencia de trabajo se tendrá mayor pérdida por espacio libre.
- *El patrón de radiación:* Representación gráfica, generalmente trazada en dos dimensiones (horizontal y vertical), de la densidad de potencia radiada por una antena. Como muestra la figura 2.2, la mayor parte de la potencia se encuentra distribuida en una zona conocida como lóbulo principal. Esta característica del patrón de radiación facilita la selección de las antenas desde el punto de vista de la directividad que se necesita en los enlaces.

⁹ Basado en [22].

- *La polarización:* Se refiere a la dirección del campo eléctrico dentro de la onda electromagnética emitida, éste tiene la misma orientación que la posición de la antena. Puede ser lineal (horizontal o vertical), elíptica o circular (izquierda o derecha). Las antenas con diferentes polarizaciones pueden generar rechazo entre ellas, es decir que la señal emitida tendrá una protección contra el ruido generado por antenas con una polarización opuesta; por lo que es un parámetro importante a considerar en la elección.

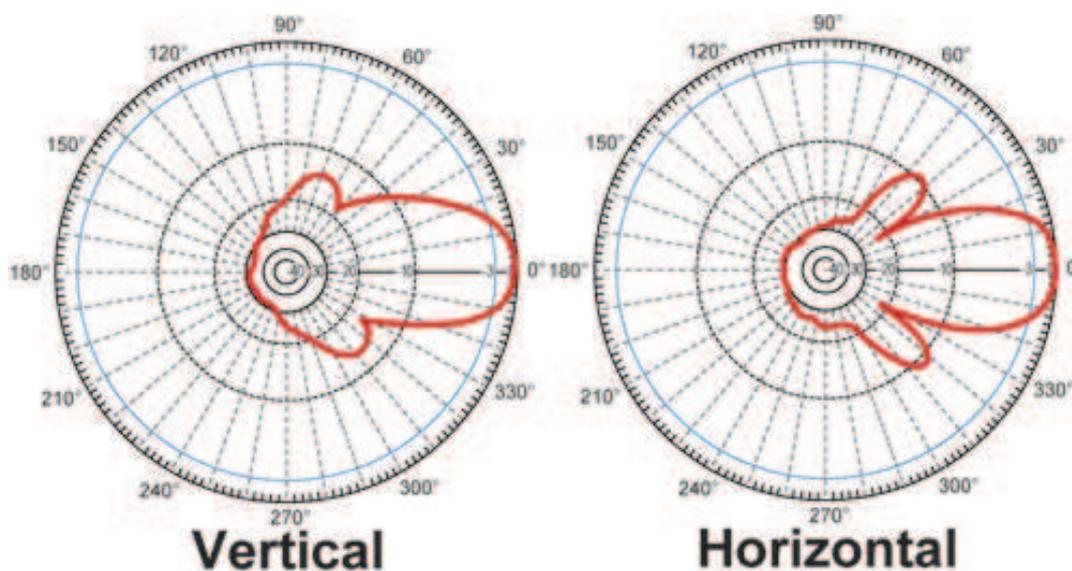


Figura 2.2: Patrón de Radiación de una antena direccional. [14]

2.2.3 CAPACIDAD DE LA RED

La arquitectura, los equipos y servicios seleccionados para una red determinan su capacidad. Una topología punto a punto puede soportar mayor tráfico pero no es útil para una mayor cantidad de receptores, para un sistema que exige movilidad y para casos de crecimiento de usuarios; por lo que la arquitectura afecta la capacidad disponible dependiendo del número de puntos de la red. Los equipos deben ser seleccionados desde un punto de vista económico, técnico y de disponibilidad, para que éstos puedan ser capaces de manejar la cantidad de tráfico que sea necesaria según los servicios que ofrecerá la red. Analizando

estos aspectos se realizará una planeación del sistema que sea capaz de soportar las aplicaciones con eficiencia.

2.2.4 REGULACIÓN DEL ANCHO DE BANDA POR USUARIO

Una de las características más importantes que definen a los equipos con tecnología WiMAX es la capacidad de ofrecer calidad de servicio (QoS), esta cualidad permite controlar el ancho de banda que se asigna según las necesidades del usuario y las aplicaciones del sistema. De esta manera, se logra brindar servicio a más usuarios evitando el acaparamiento de los recursos, como por ejemplo, que un solo usuario utilice todo el ancho de banda disponible en una sola aplicación.

Con la regulación del ancho de banda se tiene la posibilidad de considerar varios usuarios para el sistema y diversas aplicaciones simultáneas dentro de un diseño de red, a pesar de tener un ancho de banda limitado.

2.2.5 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL SISTEMA

A manera de recomendación, una cuestión que se debe tomar en cuenta posteriormente a la instalación del sistema, es la degradación con el paso del tiempo, tanto en aspectos físicos como en la necesidad de mayor capacidad de la red. Su degradación física se debe a varios factores ambientales y factores propios de la vida útil de los equipos, por lo que se exige una renovación constante. Los aspectos ambientales también afectan la capacidad de los enlaces mediante el ruido presente en el entorno. Un mantenimiento correcto de los elementos la red y una buena instalación puede aumentar su duración y evitar una gran disminución en la calidad de los enlaces. Por lo que es necesario incluir un sistema de monitoreo periódico encargado de la revisión de componentes defectuosos e interferencias externas que puedan interrumpir el servicio.

2.3 DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA

El proyecto tiene como objetivo otorgar servicio en el campo de la telemedicina a un número determinado de usuarios móviles dentro de una ciudad. La mayoría de usuarios a entregar este servicio cambian constantemente su posición por su condición de ser unidades móviles, lo que conlleva una posibilidad de obstrucción de la línea de visión según cada caso particular. La interferencia electromagnética es, en general, considerable; debido a que el diseño toma en cuenta un área de cobertura residencial en donde se tienen servicios de telecomunicaciones establecidos con anterioridad.

Para desarrollar este estudio se tomará como referencia la ciudad de Ibarra que representa una localidad promedio dentro de nuestro país, como se concluyó en la sección 1.8.2, y se analizará los siguientes aspectos que son necesarios para el diseño de la red inalámbrica:

- Análisis de usuarios de la red
- Análisis de la capacidad que soportará la red
- Ubicación de la Estación Base
- Banda de frecuencia
- Potencia de transmisión
- Componentes de la red inalámbrica
- Estructura de la red diseñada
- Análisis del enlace

2.3.1 ANÁLISIS DE USUARIOS DE LA RED

Este análisis permitirá definir los puntos principales de la red correspondientes a los usuarios que van adquirir los servicios, con el objetivo de establecer un ejemplo de aplicación del sistema en una situación específica. En este caso se seleccionó la ciudad de Ibarra para establecer el modelo, por lo que se analizará

los aspectos principales como son las condiciones de la ciudad respecto a los servicios públicos de salud y los posibles usuarios de los múltiples servicios de la red dentro de esta área.

2.3.1.1 Centros de Salud de la Ciudad de Ibarra

La ciudad de Ibarra es una amplia planicie con una superficie total de 1162.22Km², una superficie de la zona urbana de 41.68Km² y una población de 139721 habitantes [15]. Se encuentra dividida en más de 400 barrios que agrupan 5 parroquias urbanas: San Francisco, El Sagrario, Caranqui, Alpachaca y Priorato. Los requerimientos de servicios de salud en la ciudad de Ibarra se encuentran atendidos por dos hospitales principales de nivel II: San Vicente de Paúl (hospital público), Hospital del Seguro (Hospital del IESS); así como de 7 centros de salud públicos, más de 15 clínicas privadas y cerca de 300 consultorios privados. [16]

Respecto al presente análisis se tomarán en cuenta como puntos fijos de la red los siguientes establecimientos de salud del Estado:

INSTITUCIÓN	LOCALIZACIÓN	
	Latitud	Longitud
HOSPITAL GENERAL (Nivel II)		
Hospital San Vicente de Paúl	0.353112000000	-78.125787000000
Hospital del Seguro IESS	0.358552000000	-78.128101000000
CENTRO DE SALUD (Nivel I)		
Cuerpo de Bomberos	0.356927000000	-78.118973000000
Cruz Roja Ecuatoriana	0.348321000000	-78.121118000000
Alpachaca	0.365005000000	-78.132372000000
Azaya	0.370544000000	-78.131715000000
Caranqui	0.319281000000	-78.123230000000
Centro de Salud N1	0.354726000000	-78.113499000000
El Tejar	0.329153000000	-78.107036000000
Priorato	0.384903000000	-78.108383000000
Pugacho	0.346187000000	-78.144243000000

Tabla 2.1: Centros de Salud de la Ciudad de Ibarra. [17]

En el presente estudio se procederá a incluir estos establecimientos como usuarios de la red inalámbrica con el objetivo de instaurar un sistema de comunicación Unidad Móvil-Estación Central-Establecimientos de Salud, con el Hospital General San Vicente de Paúl como el punto central de la red debido a las prestaciones que ofrece y a su calidad de hospital público de nivel II.

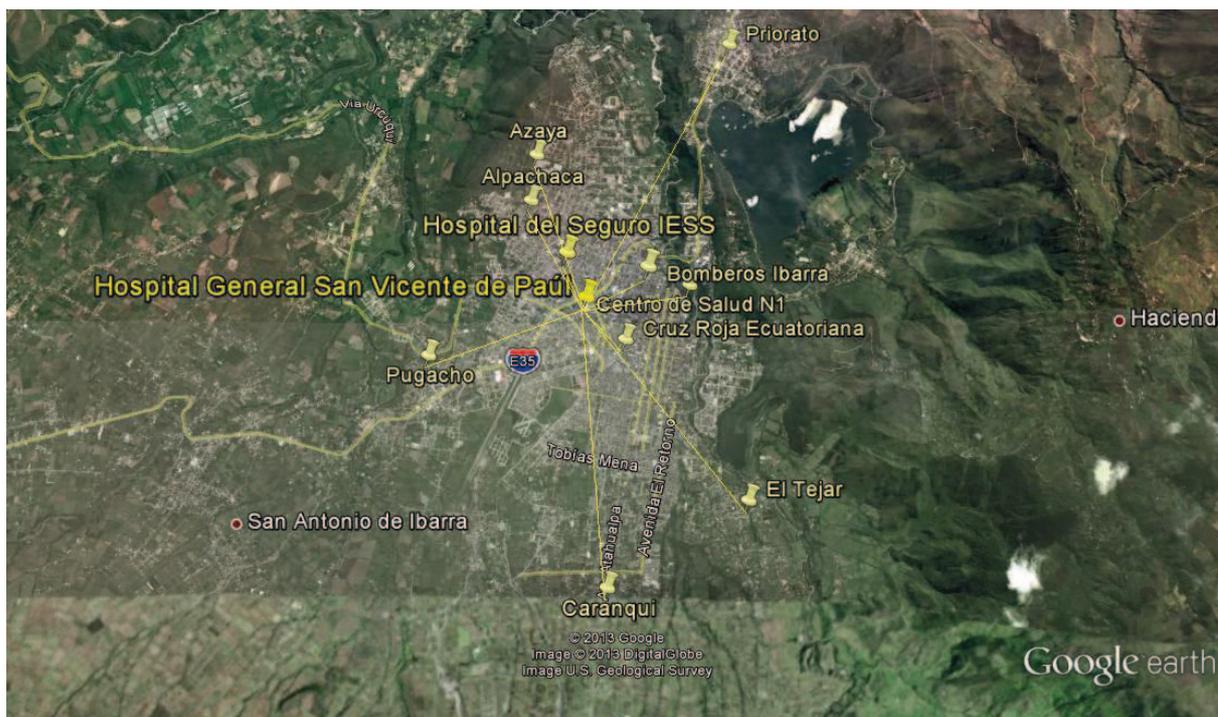


Figura 2.3: Centros de Salud de la Ciudad de Ibarra. [18]

Cumpliendo con la topología de referencia jerarquizada-transmisión centralizada con actualización, el Hospital San Vicente de Paúl se establecerá como la Estación Central de la red móvil, prestando sus servicios de administración del sistema total y manteniendo la información unificada para su posterior distribución a los siguientes niveles de jerarquía. Mientras que el Hospital del Seguro IESS pertenecerá a un nivel de jerarquía superior, y los centros de salud públicos van a constituir un nivel de jerarquía inferior correspondiente al primer nivel de atención de los casos entrantes. Este modelo puede variar según las necesidades y políticas del sistema de salud.

El grupo de individuos a ser entrevistados estará conformado por un especialista de cada institución que tenga conocimiento de sus sistemas de atención de pacientes en unidades móviles.

La entrevista estará estructurada con un grupo de preguntas base que buscan el cumplimiento del objetivo de la investigación, dando apertura a una posible adición de preguntas con fines investigativos.

2.3.1.2.2 Resultados de la Investigación

Con la información recopilada de los especialistas de cada institución se obtuvieron los siguientes resultados cuantitativos:

Institución	Cantidad de Unidades Móviles			
	Ambulancia Tipo A	Ambulancia Tipo B	Ambulancia Tipo C	Consultorio Móvil
Hospital San Vicente de Paúl	2	1	-	-
Hospital del Seguro IESS	-	2	-	-
Cruz Roja Ecuatoriana	3	-	1	-
Bomberos	5	4	2	-

Tabla 2.2: Cantidad de Unidades Móviles en la Ciudad de Ibarra. Ver Anexos A-C

Adicionalmente, con la opinión de los profesionales de cada institución se puede concluir que los servicios que pueden ser utilizados con mayor frecuencia en los diferentes tipos de unidades móviles son principalmente los siguientes: pruebas de signos vitales, consulta de historial clínico, videoconferencia y audioconferencia.

2.3.2 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA RED

Los requerimientos de velocidad de transmisión es un aspecto clave en el proceso de planificación de un sistema de comunicaciones para determinar la capacidad de la red y los equipos que sean necesarios.

Para el análisis se inicia considerando todos los tipos de usuarios de la red: establecimiento de salud, ambulancia tipo A, ambulancia tipo B, ambulancia tipo C y consultorio móvil; que se enlazarán hacia un hospital central del sistema (hospital general). En la siguiente tabla se enumera los servicios que cada unidad tendrá de acuerdo al tipo de información médica con su respectiva velocidad de transmisión recomendada en la tabla 1.4, y al estudio de aplicaciones realizado en la tabla 1.7.

		BW(*) [Kbps]				
		Ambulancia Tipo A	Ambulancia Tipo B	Ambulancia Tipo C	Consultorio Móvil	Establecimiento de Salud
TR	Pruebas de signos vitales	64	64	64	64	64
	Audioconferencia	128	128	128	128	128
	Videoconferencia	-	-	-	512	512
TD	Pruebas de laboratorio	-	-	-	64	64
	Pruebas de imagen	512	512	512	512	512
	Pruebas endoscópicas	512	512	512	512	512
	Anatomía patológica	512	512	512	512	512
	Electrogramas	256	256	256	256	256
	Estudios alergológicos	64	64	64	64	64
	Espirometrías	64	64	64	64	64

(*) Ancho de Banda Recomendado para uso en telemedicina [7].

Tabla 2.3: Servicios que genera o solicita cada tipo de unidad (Kbps).

Con el objetivo de realizar el análisis de la capacidad necesaria de la red para el caso de la ciudad de Ibarra, se considera el número de establecimientos de salud de la tabla 2.1 y la cantidad de unidades móviles que se observa en la tabla 2.2. Además, se toma en cuenta la información obtenida de los especialistas entrevistados respecto a los servicios que serían utilizados con mayor frecuencia, y se establece una situación correspondiente a un caso crítico en que todas las unidades se encuentren en servicio utilizando la red para diferentes aplicaciones simultáneas como se muestra en la siguiente tabla.

	BW(*) [Kbps]					
	Ambulancia Tipo A	Ambulancia Tipo B	Ambulancia Tipo C	Consultorio Móvil	Establecimiento de Salud	
Número de unidades	10	7	3	-	10	
Signos vitales TR	64	64	64	64	64	
Audioconferencia TR	128	128	128	128	128	
Videoconferencia TR	-	-	-	512	512	
Otra aplicación TR/TD (audio-video-datos)	512	512	512	512	512	
Tráfico por unidad	704	704	704	1216	1216	TOTAL
Tráfico	7040	4928	2112	-	12160	26240

(*) Ancho de Banda Recomendado para uso en telemedicina [7].

Tabla 2.4: Tráfico total del sistema (Kbps).

Debido a que esta red será diseñada con la tecnología WiMAX Móvil en la cual se especifica una capacidad de 30Mbps, de los cuales se tiene que restar los 26.24Mbps del caso de conexión crítico, se obtienen 3.76Mbps para utilizarlos en otras aplicaciones según los requerimientos de las unidades móviles.

2.3.3 UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE

El centro de operaciones de la red completa se localizará en el punto central del sistema de salud, en el caso de la ciudad de Ibarra se ha establecido como eje el Hospital General San Vicente de Paúl. Esta institución mantendrá el control tanto de la red de telecomunicaciones como del sistema de salud, mediante la administración de todos los servidores localizados en este punto.

Respecto a condiciones físicas, su posición centralizada dentro de la ciudad y su altura de 20m benefician el establecimiento de líneas de vista para cada sector dentro de la zona urbana. Por esta razón, el Hospital General San Vicente de Paúl también constituye una ubicación geográfica favorable para la instalación de los equipos de transmisión hacia las unidades móviles.

2.3.4 BANDA DE FRECUENCIA

Para este estudio se ha escogido la banda de 5.725-5.850GHz con una frecuencia central de 5.8GHz, perteneciente a las bandas no licenciadas ISM (*Industrial Scientific Medical*) en las que WiMAX opera. Esta banda puede ofrecer mayor ancho de banda por canal de hasta 10MHz dependiendo del diseño del sistema y de los equipos que se utilicen, además que requiere menos trámites para su utilización con menores costos y su implementación se ve favorecida por el Estado debido a que se trata de una aplicación médica por lo que formaría parte de las “Redes de Interés Social”.

2.3.5 POTENCIA DE TRANSMISIÓN

Para la selección de una potencia adecuada de transmisión es necesario considerar los reglamentos establecidos para sistemas inalámbricos. En el año 2010 el CONATEL expidió la “Norma para la implementación y operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha” (Resolución-TEL-560-18-CONATEL-2010). En este reglamento se puede apreciar los niveles de potencia con los que es posible trabajar dependiendo del rango de frecuencias en el que se opera.

Como se observa en la tabla 2.5, para la frecuencia de 5.8GHz del presente estudio, se tiene como límite una potencia de transmisión de 1W. Con este parámetro se podrá elegir los niveles de potencia para la operación de los equipos del sistema.

SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA				
Tipo de Configuración del Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E. (mW)	Densidad de P.I.R.E. (mW/MHz)
punto-punto	902-928	500	----	----
punto-multipunto				
móviles				

Tabla 2.5: Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha. [19]

SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA				
Tipo de Configuración del Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E. (mW)	Densidad de P.I.R.E. (mW/MHz)
punto-punto	2400-2483.5	1000	----	----
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5150-5250	50 ⁱ	200	10
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5250-5350	--	200	10
punto-multipunto		250 ⁱⁱ	1000	50
móviles				
punto-punto	5470-5725	250 ⁱⁱ	1000	50
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5725-5850	1000	---	----
punto-multipunto				
móviles				

(i) 50mW o $(4+10\log B)$

Donde:

(ii) 250mW o $(11+10\log B)$

B es la anchura de emisión en MHz

Tabla 2.5: Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha. (Continuación) [19]

2.3.6 COMPONENTES DE LA RED INALÁMBRICA

Los equipos que se seleccionen para el sistema del presente estudio de la red inalámbrica de telemedicina móvil, deben cumplir con las siguientes características generales:

- Trabajar con el estándar IEEE 802.16e.

- Velocidad de transmisión mínima de 30Mbps correspondiente al estándar WiMAX Móvil para la Estación Base.
- Velocidad de transmisión mínima de 704Kbps para los equipos CPE (*Customer Premises Equipment*) de las Unidades Móviles.
- Velocidad de transmisión mínima de 1216Kbps para los equipos CPE de los Establecimientos de Salud.
- Trabajar en la Banda de Frecuencia de 5.725-5.850GHz con una frecuencia central de 5.8GHz.
- Potencia de transmisión máxima de 1W (30dBm).
- Las Estaciones Base y los CPE deben tener la opción de utilizar antena externa en caso de necesitar mayor potencia de transmisión hasta cumplir el límite de 1W o si es imprescindible un tipo de antena específico para cada punto. Si el equipo ya cumple con la potencia de transmisión máxima y tiene una antena integrada del tipo adecuado para cada caso, se puede prescindir de una externa.
- Patrón de radiación de las antenas: sectoriales para la Estación Central, omnidireccionales para las Unidades Móviles y direccionales para los Establecimientos de Salud; manteniendo la misma polarización.
- Equipos de red que cumplan requerimientos de QoS.
- En este diseño se necesitarán los siguientes equipos de transmisión:
 - 2 Estaciones Base/Estación Central
 - 2 Antenas Sectoriales/Estación Central
 - *Switch*/Estación Central
 - 1 CPE/Unidad Móvil
 - 1 Antena Omnidireccional/Unidad Móvil
 - 1 CPE/Establecimiento de Salud
 - 1 Antena Direccional/Establecimiento de Salud

Cabe recalcar que en esta descripción no se considerará equipos que conforman redes internas, debido a que el diseño toma en cuenta el enlace WiMAX Móvil que está delimitado por el sistema Unidad Móvil-Estación Central-Establecimientos de Salud que se interconecta a las redes LAN individuales ya establecidas en cada

establecimiento de salud. Por lo tanto los equipos de red como granja de servidores de los establecimientos de salud, equipos médicos de las unidades móviles, entre otros no son tomados en cuenta en el análisis.

2.3.6.1 Comparación de Equipos WiMAX Móvil

En esta sección se va realizar una comparación de varios equipos Estación Base y CPE que trabajen con tecnología WiMAX Móvil y que cumplan con los requerimientos establecidos anteriormente. Para este análisis se consideran los principales fabricantes de tecnologías de banda ancha inalámbricas que ofrecen equipos WiMAX:

- Airspan
- Alvarion
- Aperto
- Axxcelera
- EION Wireless
- Proxim
- PureWave Networks
- Redline
- RuggedCom
- Runcom
- Tranzeo
- Vecima
- ZyXEL

La mayoría de los fabricantes enlistados no cumplen simultáneamente con las dos características más importantes para este sistema: trabajar en el estándar IEEE 802.16e y operar en la banda de frecuencia establecida. Las marcas que cumplen con todos los requerimientos son: Alvarion, Proxim y RuggedCom.

2.3.6.1.1 Alvarion

La empresa Alvarion, dedicada al suministro de sistemas de banda ancha inalámbricos, provee las siguientes soluciones para una red WiMAX Móvil de este tipo:

	Estación Base	CPE Móvil	CPE Fijo
CARACTERÍSTICAS	Alvarion BreezeMAX Extreme 5000	Alvarion VSU 5000	Alvarion BreezeMAX PRO 5000
Estándar	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)
Velocidad de Transmisión	54Mbps	20Mbps	20Mbps
Banda de Frecuencia	5.47-5.95GHz	4.9-5.95GHz	5.9-5.95GHz
Potencia de Transmisión	21dBm	21dBm	21dBm
Ganancia de la Antena	16dBi	-	16dBi
Patrón de Radiación	Direccional	-	Direccional
QoS	Si	Si	Si
Interfaz	-10/100Base-TX Ethernet (RJ-45) -2 Estándar Tipo-N Hembra	-1 puerto datos (RJ-45) -2 Estándar Tipo-N Hembra	-1 puerto datos (RJ-45) -Estándar Tipo-N Hembra

Tabla 2.6: Características Equipos Alvarion. [20]

Tanto la estación base como los equipos CPE de la tabla anterior cumplen con todas las características necesarias para el presente diseño. Además, ofreciendo dos tipos de CPE, Alvarion facilita la instalación en vehículos y en instituciones fijas.

Respecto a la utilización de antenas, será necesario adicionar dos antenas sectoriales en la Estación Central y una antena omnidireccional en las Unidades Móviles. La antena direccional integrada en los CPE fijos es suficiente para cumplir el nivel de potencia con el patrón de radiación adecuado.

2.3.6.1.2 Proxim

Proxim Wireless Corporation, empresa proveedora de tecnología de red inalámbrica PTP y PMP, presenta los siguientes equipos WiMAX Móvil:

	Estación Base	CPE
CARACTERÍSTICAS	Tsunami MP.11 5054-R BS	Tsunami MP.11 5054-R SU
Estándar	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)
Velocidad de Transmisión	54Mbps	54Mbps
Banda de Frecuencia	5.725-5.85GHz	5.725-5.85GHz
Potencia de Transmisión	21dBm	21dBm
Ganancia de la Antena	-	-
Patrón de Radiación	-	-
QoS	Si	Si
Interfaz	-10/100Base-TX Ethernet (RJ-45) -Estándar Tipo-N Hembra	-1 puerto datos (RJ-45) -Estándar Tipo-N Hembra

Tabla 2.7: Características Equipos Proxim. [21]

Los equipos Proxim cumplen con todos los requerimientos para la red de telemedicina, pero no presenta facilidad de instalación para unidades móviles debido a que no ofrecen un equipo CPE específico para vehículos.

En el caso de que se seleccionen los equipos Proxim, es necesaria la adquisición de antenas externas para cada punto de la red: sectoriales para la Estación Central, omnidireccionales para las Unidades Móviles y direccionales para los Establecimientos de Salud.

2.3.6.1.3 RuggedCom

La línea de equipos de comunicaciones RuggedCom de la empresa Siemens ofrece los siguientes dispositivos que cumplen el estándar IEEE 802.16e:

	Estación Base	CPE Móvil	CPE Fijo
CARACTERÍSTICAS	RuggedMAX WiN7258 Small Form Factor Base Station	RuggedMAX WiN5258 Vehicular Subscriber Unit	RuggedMAX WiN5258 Outdoor Subscriber Unit
Estándar	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)
Velocidad de Transmisión	40Mbps	20Mbps	20Mbps
Banda de Frecuencia	5.725-5.85GHz	5.47-5.95GHz	5.725-5.85GHz
Potencia de Transmisión	21dBm	21dBm	21dBm
Ganancia de la Antena	16dBi	-	23dBi
Patrón de Radiación	Sectorial	-	Direccional
QoS	Si	Si	Si
Interfaz	-10/100Base-TX Ethernet (RJ-45) -2 Estándar Tipo-N Hembra	-1 puerto datos (RJ-45) -2 Estándar Tipo-N Hembra	-1 puerto datos (RJ-45)

Tabla 2.8: Características Equipos RuggedCom. [22]

Al igual que la marca Alvarion, estos equipos cumplen con los requerimientos necesarios para el presente estudio y ofrece facilidad de instalación de los CPE para vehículos. Sin embargo, ofrece menor velocidad de transmisión, lo que puede afectar los servicios otorgados por la red.

Dependiendo del patrón de radiación de las antenas integradas en las Estaciones Base, podría prescindirse de antenas adicionales para la Estación Central. Las Unidades Móviles necesitarán la instalación de antenas omnidireccionales.

Después de revisar las especificaciones técnicas de varios fabricantes, para este estudio se han seleccionado los equipos de la empresa Alvarion porque cumplen con todos los requerimientos, presentan mayor velocidad, posibilitan el uso de antenas externas y se tienen a disposición dentro del mercado nacional.

Con los equipos WiMAX Móvil seleccionados, se adicionan los siguientes componentes de la red que pueden ser utilizados como referencia debido a que cumplen los requerimientos de velocidad de transmisión y banda de frecuencia:

- 2 Antenas Sectoriales Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17 (Estación Central)
- Switch Cisco 3560CPD-8PT-S (Estación Central)
- 1 Antena Omnidireccional AirMAX Omni AMO-5G13 (Unidad Móvil)

2.3.6.2 Equipos de Referencia Seleccionados

- Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000: Para la transmisión y recepción de la señal entre Estación Central y Estaciones Suscriptoras. Ver Anexo F. Presenta las siguientes características principales:

Características	
Rango de frecuencia	5.47-5.95GHz
Potencia de Transmisión	0-21dBm
Método de Acceso	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)
Interfaz	-10/100Base-TX Ethernet (RJ-45) -2 Estándar Tipo-N Hembra

Tabla 2.9: Características Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000.

- Antenas sectoriales Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17: Antenas para la transmisión desde la Estación Central hacia las Estaciones Suscriptoras. Se selecciona como referencia las dos antenas sectoriales Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17. Ver Anexo D.

Características	
Rango de frecuencia	4.9-5.85GHz
Ganancia	16.1-17.1dBi
Dimensiones	367x63x41mm
Polarización	Lineal

Tabla 2.10: Características Antena Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17.

- Switch Cisco 3560CPD-8PT-S: Su función es interconectar las dos estaciones base de la Estación Central, debido a que cada una se conecta a una antena sectorial que permiten la comunicación con las Estaciones Suscriptoras. El switch Cisco 3560CPD-8PT-S seleccionado tiene las siguientes características:

Características	
Tipo de dispositivo	Conmutador gestionado
Puertos	8
Dimensiones	1.75x10.6x9.4 pulgadas
Peso	3.3 libras
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Interfaces con los medios	5 RJ-45 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-TX
Funcionalidades	Priorización del tráfico QoS Soporta datos, voz y video.
Velocidad de transferencia	1Gbps

Tabla 2.11: Características Switch Cisco 3560CPD-8PT-S.

- CPE Alvarion VSU-5000: Es un equipo de telecomunicaciones usado tanto en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación. Este dispositivo seleccionado se localizará en las Unidades Móviles. Ver Anexo G.

Características	
Rango de frecuencia	4.9-5.9GHz
Potencia de Transmisión	0-21dBm
Método de Acceso	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)
Interfaz	-1 puerto datos (RJ-45) -2 Estándar Tipo-N Hembra

Tabla 2.12: Características CPE Alvarion VSU-5000.

- Antenas omnidireccionales AirMAX Omni AMO-5G13: Antenas para la transmisión de la señal en las Unidades Móviles. En el presente diseño se han seleccionado como referencia las antenas omnidireccionales AirMAX Omni AMO-5G13. Ver Anexo E.

Características	
Rango de frecuencia	5.45-5.85GHz
Ganancia	13dBi
Dimensiones	799x90x65mm
Polarización	Lineal

Tabla 2.13: Características Antena AirMAX Omni AMO-5G13.

- CPE Alvarion BreezeMAX PRO 5000: Dispositivo de transmisión seleccionado para los Establecimientos de Salud. Ver Anexo H.

Características	
Rango de frecuencia	4.9-5.9GHz
Potencia de Transmisión	0-21dBm
Método de Acceso	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)
Interfaz	-1 puerto datos (RJ-45) -Estándar Tipo-N Hembra

Tabla 2.14: Características CPE Alvarion BreezeMAX PRO 5000.

2.3.6.3 Disposición Física de los Equipos

Los equipos seleccionados tendrán la siguiente disposición dentro de la red dependiendo de su ubicación en la Estación Central o en las Estaciones Suscriptoras (Unidades Móviles y Establecimientos de Salud):

2.3.6.3.1 Estación Central

La Estación Central del diseño comprende el Hospital General San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra. Esta institución representa el punto central del sistema de salud especificado dentro de la topología de referencia jerarquizada y transmisión centralizada con actualización, de esta manera se comunicará directamente con las Estaciones Suscriptoras a través de los sistemas de transmisión. En esta estación se consideran los siguientes elementos:

- Torre de 4 segmentos (12m)
- 2 Estaciones Base (Alvarion BreezeMAX Extreme 5000)
- 2 Antenas sectoriales hacia las Unidades Móviles (Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17)
- *Switch* (Cisco 3560CPD-8PT-S)
- Cable coaxial LMR (2m)
- Cable FTP 5E (12m)
- Conectores tipo N y RJ45
- UPS
- Banco de baterías

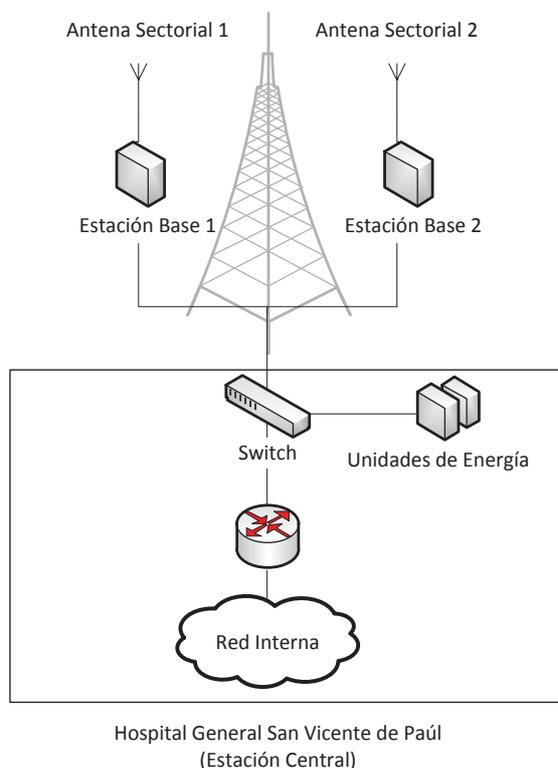


Figura 2.5: Esquema Estación Central.

2.3.6.3.2 Estaciones Suscriptoras

Las Estaciones Suscriptoras se comunicarán directamente con la Estación Central, dentro de éstas se encuentran las Unidades Móviles y los Establecimientos de Salud. Dependiendo del tipo de suscriptor, móvil o fijo, se definirá el equipamiento para la comunicación con el punto central de la red.

- *Unidades Móviles:* Las unidades móviles de salud, comprendidas por las ambulancias de cada tipo y por los consultorios móviles, deberán contar con los siguientes componentes:
 - CPE (Alvarion VSU-5000)
 - Antena omnidireccional (AirMAX Omni AMO-5G13)
 - Cable coaxial LMR (1m)
 - Cable FTP 5E (3m)
 - Conectores tipo N y RJ45
 - Computador con capacidad Ethernet
 - Equipo médico con los requerimientos mencionados con anterioridad

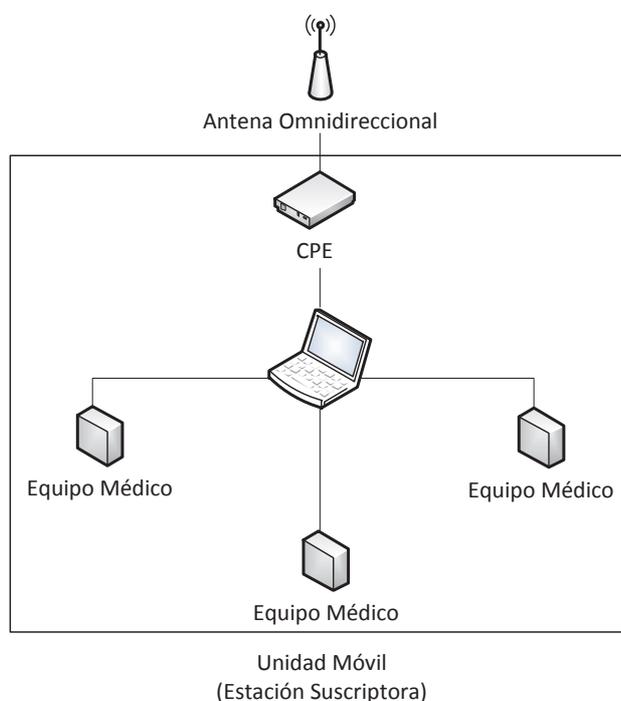


Figura 2.6: Esquema Unidades Móviles.

- *Establecimientos de Salud:* Para los establecimientos de salud fijos de la ciudad de Ibarra se consideran los siguientes elementos:
 - CPE (Alvarion BreezeMAX PRO 5000)
 - Cable FTP 5E (12m)
 - Conectores RJ45
 - Computador con capacidad Ethernet
 - Equipo médico con los requerimientos mencionados con anterioridad

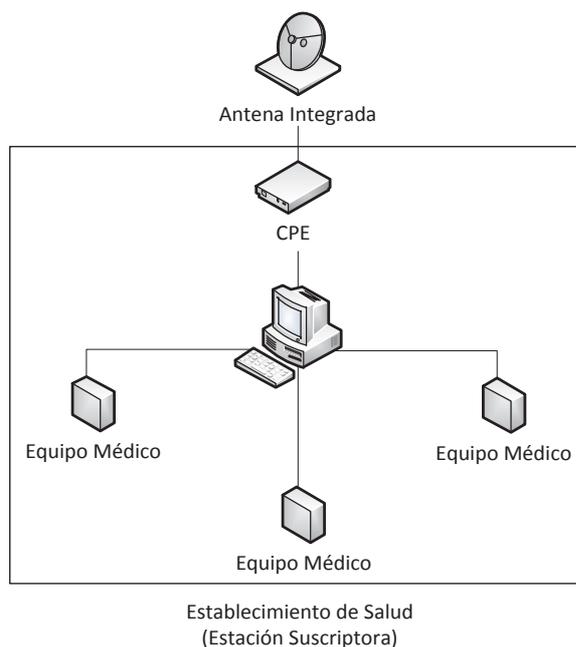


Figura 2.7: Esquema Establecimientos de Salud.

2.3.7 ESTRUCTURA DE LA RED

La red inalámbrica estará compuesta por una Estación Central y varias Estaciones Suscriptoras que pueden ser Unidades Móviles (consultorio móvil, ambulancias tipo A, B y C) o Establecimientos de Salud. Esta red utilizará una topología punto-multipunto y contará con una Estación Central ubicada en el Hospital General San Vicente de Paúl, punto centralizado del sistema hospitalario de la ciudad de Ibarra, que va tener dos antenas sectoriales comunicadas con las Estaciones Suscriptoras equipadas con antenas omnidireccionales, en las Unidades Móviles, y antenas parabólicas, en los Establecimientos de Salud.

Con los equipos CPE las Estaciones Suscriptoras podrán conectarse desde cualquier lugar dentro de la cobertura que otorgará la estación base. La tecnología WiMAX Móvil ofrece un alcance de 5 a 8Km y la ciudad de Ibarra tiene una superficie de la zona urbana de 41.68Km², sin embargo esta cobertura se verá disminuida por diferentes variables por lo que es necesario realizar un análisis de los radio enlaces.

Para la conectividad de la red inalámbrica WiMAX Móvil, se debe realizar la configuración de un interfaz Ethernet en el *router* principal del Hospital General San Vicente de Paúl, y se deberá actualizar su tabla de enrutamiento para permitir la integración de la red WiMAX Móvil con la red interna del hospital.

En la siguiente figura se muestra el esquema básico del diseño de la red inalámbrica.

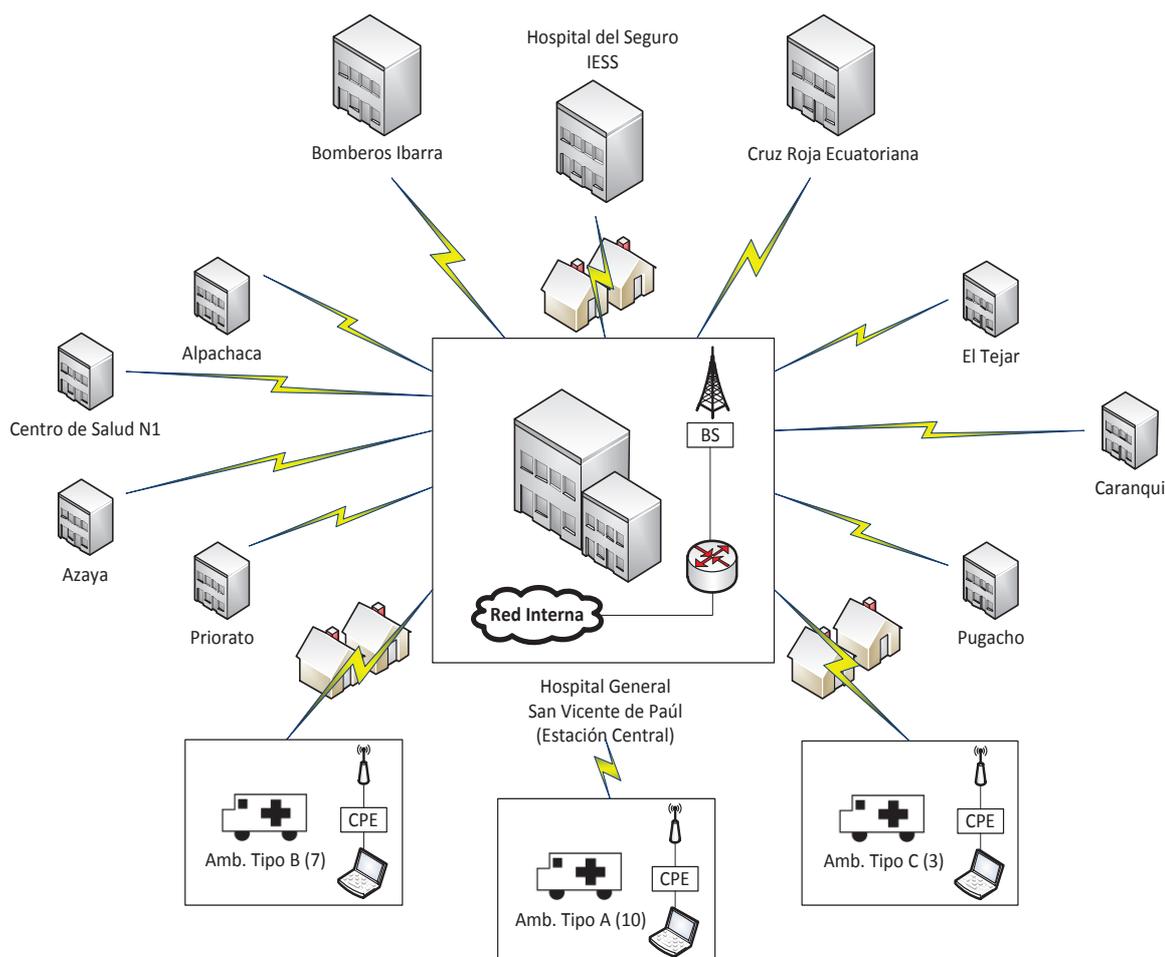


Figura 2.8: Esquema de la Red Inalámbrica WiMAX Móvil.

2.3.8 ANÁLISIS DEL ENLACE

Para definir la cobertura de la red en primer lugar se obtendrá un análisis mediante la utilización de herramientas informáticas para predecir el comportamiento de la red. Posteriormente, con objetivos comparativos, se realizará un estudio de las distancias aproximadas que podrá cubrir la Estación Central tomando en cuenta un modelo de pérdidas en el espacio libre, y un estudio del despeje de la primera zona de Fresnel en varios ejemplos de enlaces inalámbricos.

Se consideran los parámetros de potencia, ganancia y sensibilidad de los equipos seleccionados anteriormente como referencia para realizar el análisis de la conexión entre la Estación Central y las Estaciones Suscriptoras de la red.

2.3.8.1 Simulación del Sistema

Para realizar un análisis del alcance se puede recurrir a herramientas informáticas desarrolladas especialmente para elaborar simulaciones de redes de telecomunicaciones.

En este estudio se seleccionó el programa de simulación de radiopropagación *Radio Mobile*, debido a que es un software de uso gratuito que permite predecir el comportamiento de sistemas de radio WLAN/WMAN en el rango de 20MHz a 20GHz, obteniendo áreas de cobertura y perfiles de radio enlaces entre dos puntos, utilizando datos de elevación del terreno y especificaciones de los equipos seleccionados. Permite visualizar los efectos ocasionados mediante el cambio de cualquier parámetro como ganancia de las antenas, potencia de transmisión, patrón de radiación, altura, posición, atenuación, entre otros; posibilitando de esta manera verificar las mejores características de equipos y ubicaciones de las estaciones.

En primer lugar es necesario definir la localización geográfica en donde se establecerá la red, por lo que es importante disponer de la cartografía adecuada para proceder a seleccionar el área de la ciudad de Ibarra con el Hospital General San Vicente de Paúl como punto central y Estación Base del sistema. *Radio*

Mobile permite la importación de mapas disponibles con la información digital sobre el terreno con varios formatos, archivos disponibles en determinados servidores de internet tanto gratuitos como cobrados. *Radio Mobile* ofrece principalmente los siguientes formatos que presentan datos a nivel mundial para descarga:

- SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*): Es una completa base de cartas topográficas digitales de la Tierra con alta resolución. Aproximadamente 30m para Estados Unidos y 90m para el resto del mundo.
- DTED (*Digital Terrain Elevation Data*): Es un estándar de datos digitales que ofrece una resolución 900m aproximadamente. Solamente están disponibles de forma gratuita para Estados Unidos.
- GTOPO30 (*Global Topographic Data*): Es un modelo de elevación digital global con una resolución de aproximadamente 1Km.

Para realizar la simulación, se selecciona la opción de descarga automática de archivos SRTM de la NASA debido a que permite una mayor resolución y se puede disponer de ellos gratuitamente a través de *Radio Mobile*.

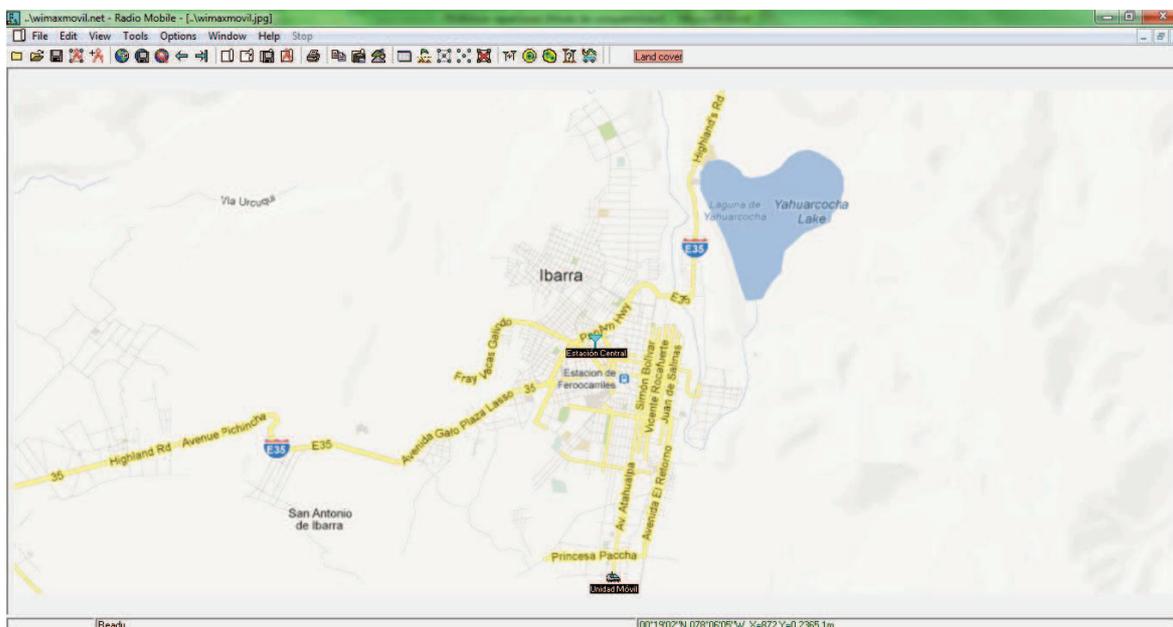


Figura 2.9: Ciudad de Ibarra *Radio Mobile*. [23]

Posteriormente es necesario definir los parámetros de los equipos de transmisión seleccionados para la Estación Central y las Estaciones Suscriptoras:

SISTEMA	
Frecuencia Mínima	5.725GHz
Frecuencia Máxima	5.850GHz
Polarización de las Antenas	Vertical
Clima	Templado
Pérdidas de Línea	1dB
ESTACIÓN CENTRAL (Hospital San Vicente de Paúl)	
Estación Base	Alvarion BreezeMAX Extreme 5000
Potencia de Transmisión	13.9dBm
Umbral de Recepción	-94dBm
Tipo de Antena	2 antenas sectoriales Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17
Ganancia de la Antena	16.1dBi
Altura de las Antenas	32m
ESTACIÓN SUSCRIPTORA (Unidades Móviles)	
CPE	Alvarion VSU-5000
Potencia de Transmisión	17dBm
Umbral de Recepción	-96dBm
Tipo de Antena	1 antena omnidireccional AirMAX Omni AMO-5G13
Ganancia de la Antena	13dBi
Altura de la Antena	2.5m
ESTACIÓN SUSCRIPTORA (Establecimientos de Salud)	
CPE	Alvarion BreezeMAX PRO 5000
Potencia de Transmisión	14dBm
Umbral de Recepción	-96dBm
Tipo de Antena	1 antena direccional integrada
Ganancia de la Antena	16dBi
Altura de la Antena	5m

Tabla 2.15: Parámetros de los Equipos de Transmisión Seleccionados.

2.3.8.1.1 Áreas de Cobertura

Después de la selección de una localización geográfica y de los equipos con los que se desea trabajar en el proyecto, se puede iniciar con la simulación de los sistemas diseñados.

Al comenzar con el proceso de la representación del sistema dentro de este software, es necesario definir la red y el número de unidades que se interconectarán para proceder a generar la colocación de cada uno de estos puntos en la localización geográfica definida con anterioridad.

Los parámetros enlistados en la tabla 2.15 deben ser ingresados en el programa *Radio Mobile* en cada una de las configuraciones de los emplazamientos generados dentro de la simulación de la red. Cada estación base y cada antena requerirá el establecimiento de un punto en el mapa y de la configuración de sus especificaciones.

Posteriormente se procede a realizar la simulación de las áreas de cobertura de cada tipo de equipo transmisor y receptor, de esta manera se establece una escala de la señal recibida en cada unidad. Para esto, se selecciona el rango en el que puede variar el umbral de recepción de la señal que se necesita para establecer la comunicación. En el presente caso se seleccionó desde -96dBm hasta -94dBm correspondiente a los equipos: Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000, CPE Alvarion VSU-5000 y CPE Alvarion BreezeMAX PRO 5000 de la Estación Central y las Estaciones Suscriptoras respectivamente.

La superficie de color azul representa las localidades en donde se tiene el umbral mínimo de -96dBm que necesita la Estación Suscriptora para establecer la comunicación. La superficie en rojo muestra las áreas en donde se tendría un nivel de señal mayor a -94dBm, por lo que se observaría una conexión de mayor calidad.

- Estación Central-Unidades Móviles: Se muestra el nivel de señal que transmite la Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000 de la Estación Central hacia los CPE Alvarion VSU-5000 de las Unidades Móviles.

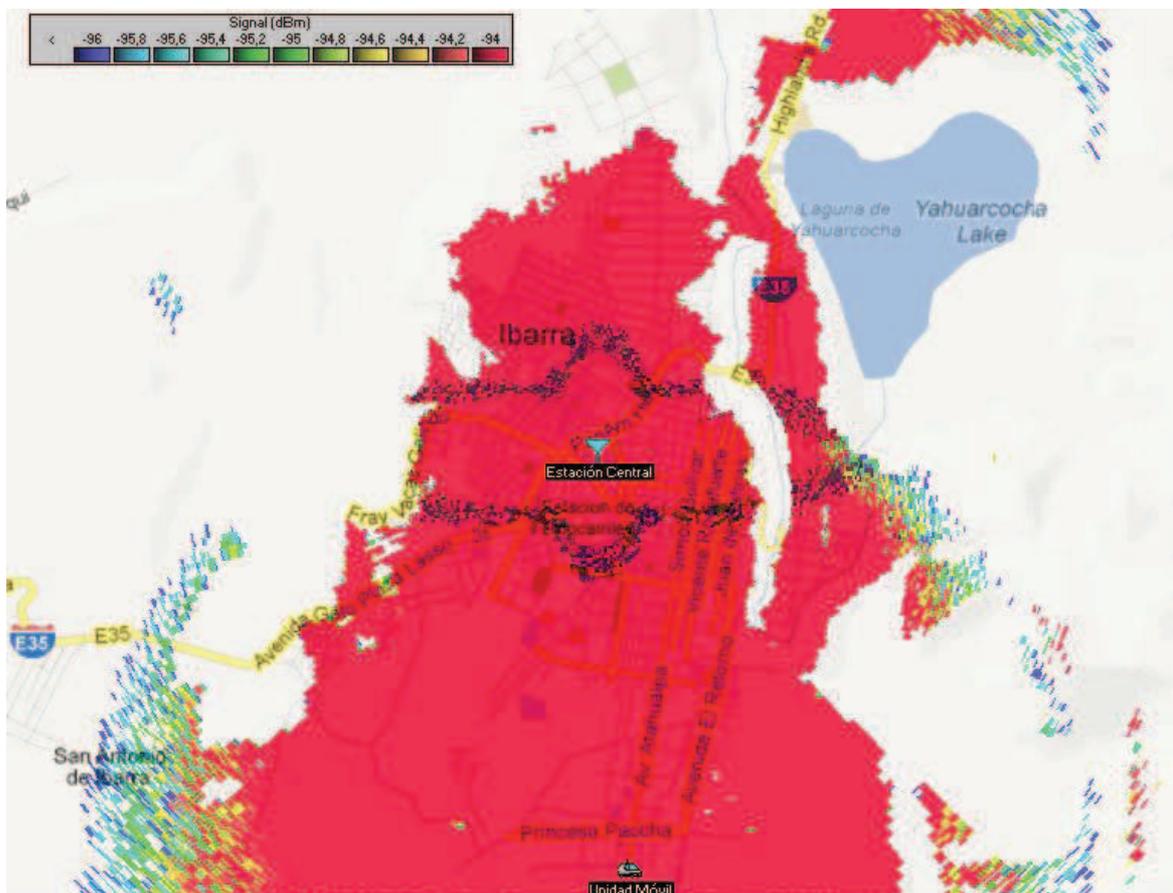


Figura 2.10: Área de Cobertura Estación Central-Unidades Móviles. [23]

- Unidades Móviles-Estación Central: A manera de ejemplo, se muestra el nivel de señal transmitida desde una Unidad Móvil ubicada en el centro de salud de Caranqui con el equipo CPE Alvarion VSU-5000, hacia la Estación Central del Hospital San Vicente de Paúl que tiene la Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000. Se observan estos niveles de recepción de la señal proveniente de una Unidad Móvil debido a la altura del transmisor de la Estación Central.

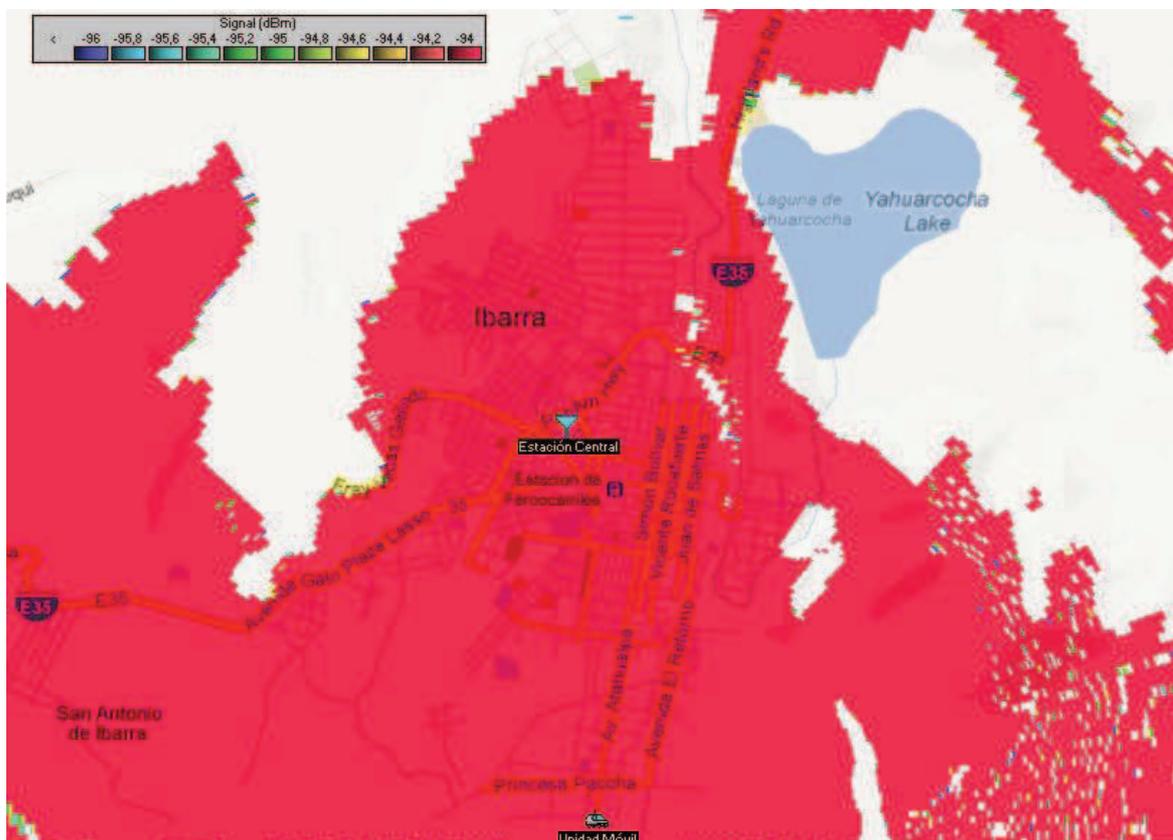


Figura 2.11: Área de Cobertura Unidades Móviles-Estación Central. [23]

- Estación Central-Establecimientos de Salud: Se muestra el nivel de señal que transmite la Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000 de la Estación Central hacia los CPE Alvarion BreezeMAX PRO 5000 de los Establecimientos de Salud. Se puede observar que la cobertura se ve incrementada respecto al nivel de señal que perciben las Unidades Móviles desde la Estación Central, debido al incremento en la altura de la instalación de las antenas receptoras en los Establecimientos de Salud.

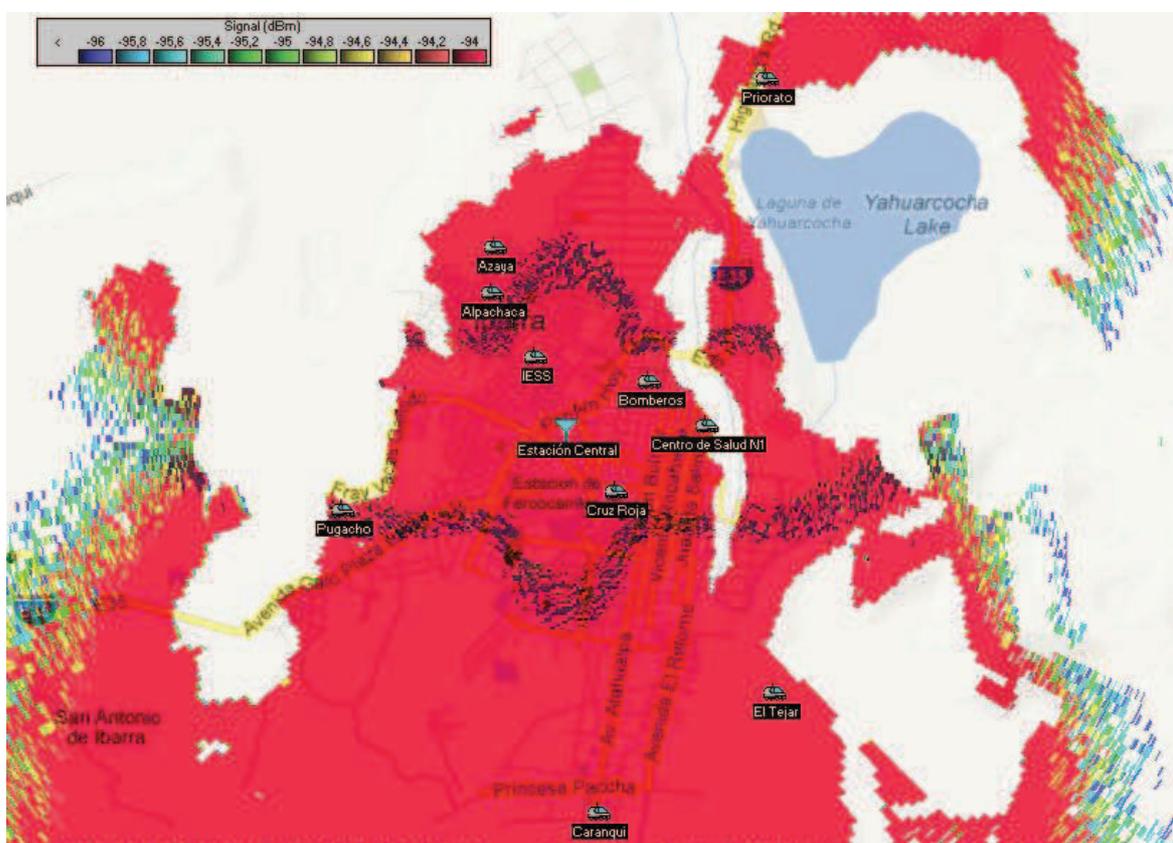


Figura 2.12: Área de Cobertura Estación Central-Establecimientos de Salud. [23]

- Establecimientos de Salud-Estación Central: Como ejemplo, se muestra el nivel de señal transmitida desde el Establecimiento de Salud ubicado en Caranqui con el equipo CPE Alvarion BreezeMAX PRO 5000, hacia la Estación Central del Hospital San Vicente de Paúl que tiene la Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000. De manera similar se observa la recepción de la señal proveniente de los otros Establecimientos de Salud.

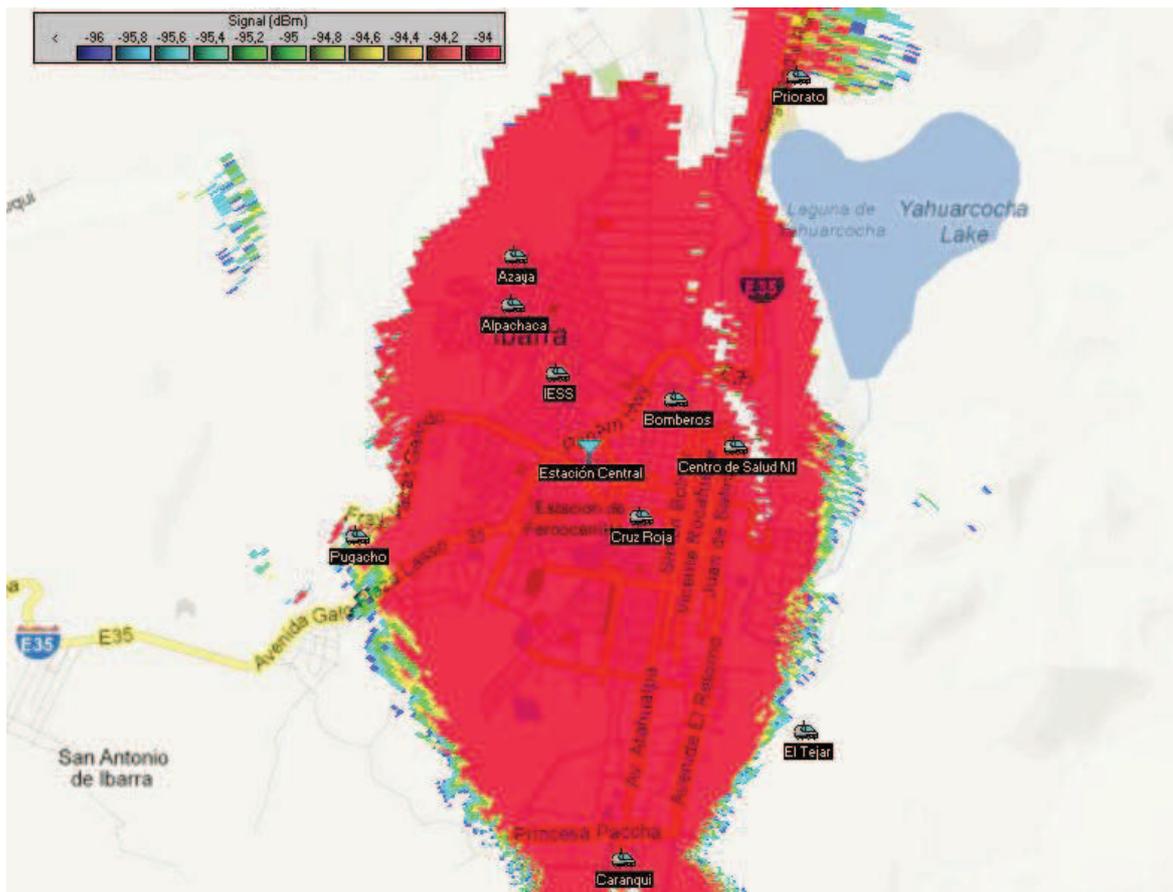


Figura 2.13: Área de Cobertura Establecimientos de Salud-Estación Central. [23]

2.3.8.1.2 Radio Enlaces

Mediante el uso de la herramienta de Radio Enlaces en el programa *Radio Mobile* se puede analizar las características resultantes de cada conexión que se establece dentro de la red. Estos parámetros son generados en una pantalla en donde se puede observar la gráfica del enlace entre los dos puntos establecidos para el análisis.

Esta herramienta brinda el beneficio de un estudio rápido de cada enlace en donde es posible verificar de manera inmediata si existe un problema con el establecimiento de la comunicación.

En el presente estudio, por tratarse de Unidades Móviles como Estaciones Suscriptoras de la red, es necesario analizar conexiones en diferentes posiciones

dentro de la ciudad. De esta manera, se toma como referencia la localización de los Establecimientos de Salud de la ciudad enlistados en la tabla 2.1, para observar los enlaces Estación Central-Estaciones Suscriptoras como se muestra en la siguiente figura.

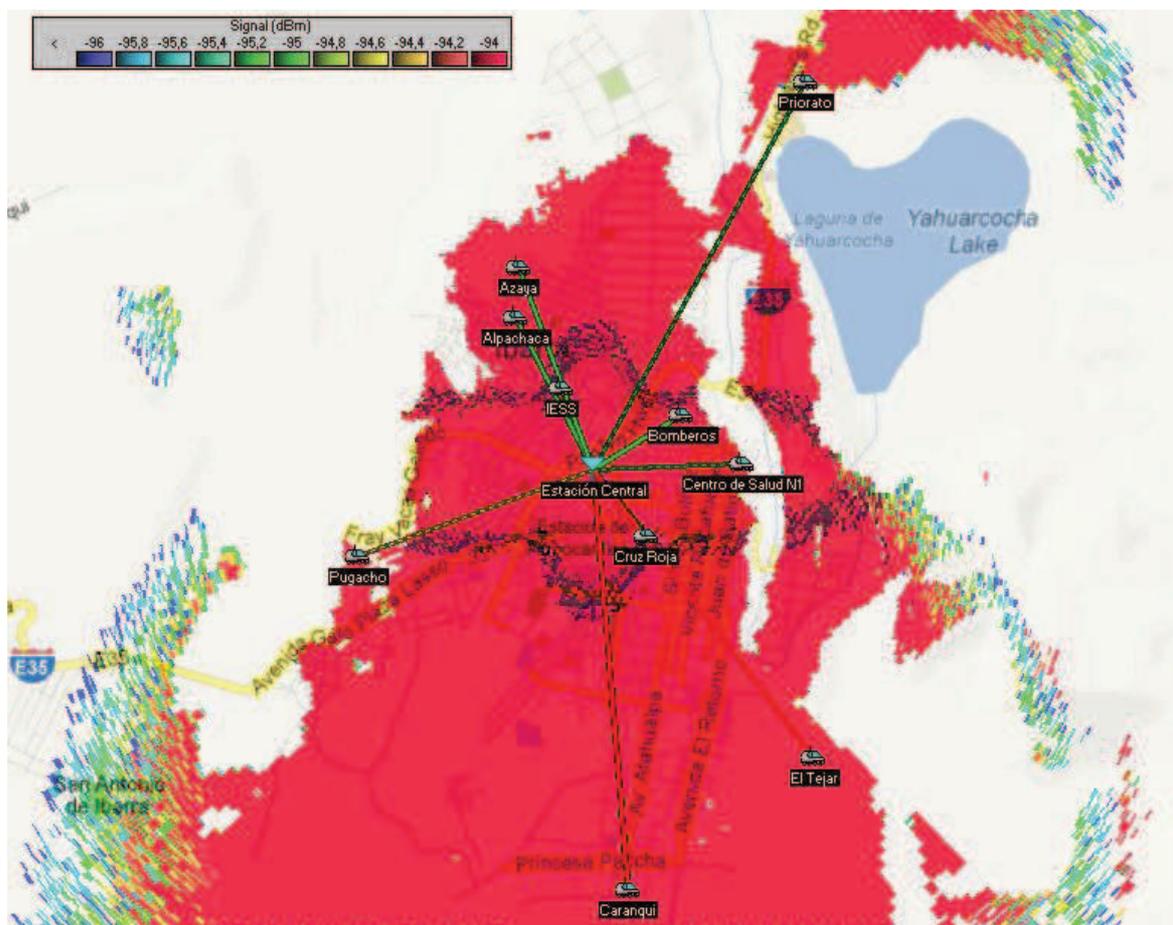


Figura 2.14: Radio Enlaces. [23]

Los resultados de cada enlace (Estación Central-Unidad Móvil y Estación Central-Establecimiento de Salud) se muestran a continuación, en donde los principales parámetros que se toman en cuenta son: línea de vista, despeje de la primera zona de Fresnel (mayor a 60%, $0.6F1$) y nivel de potencia de recepción; éstos son recopilados en las tablas posteriores a cada gráfica con sus respectivas observaciones.

- Enlace Estación Central-Hospital del Seguro IESS

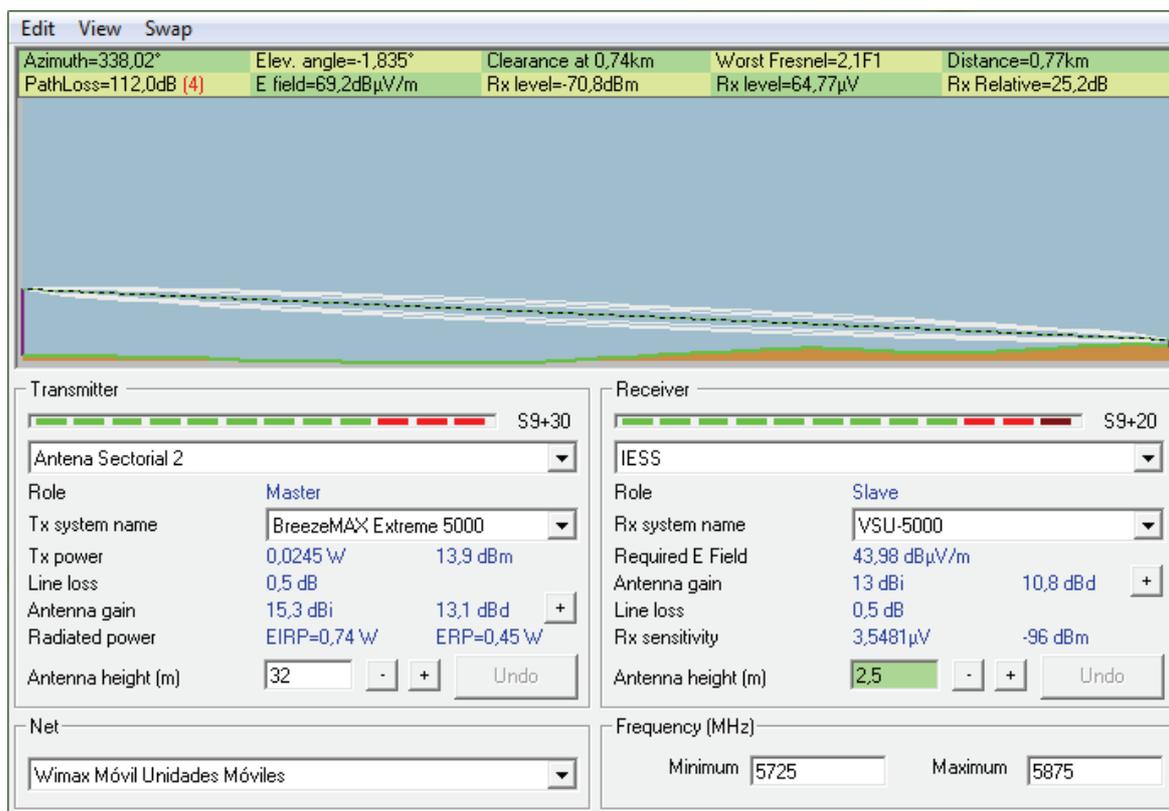


Figura 2.15: Radio Enlace Estación Central-Hospital del Seguro IESS. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	0.77Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	2.1F ₁ a 0.74Km	-Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Hospital del Seguro IESS)	-70.8dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-67.7dBm	-El enlace con las Unidades Móviles se establece sin dificultad en esta área.
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	4.1F ₁ a 0.71Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Nivel de Potencia Rx (Hospital del Seguro IESS)	-67.9dBm	-Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-67.8dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
		-El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.

Tabla 2.16: Radio Enlace Estación Central-Hospital del Seguro IESS.

- Enlace Estación Central-Cuerpo de Bomberos

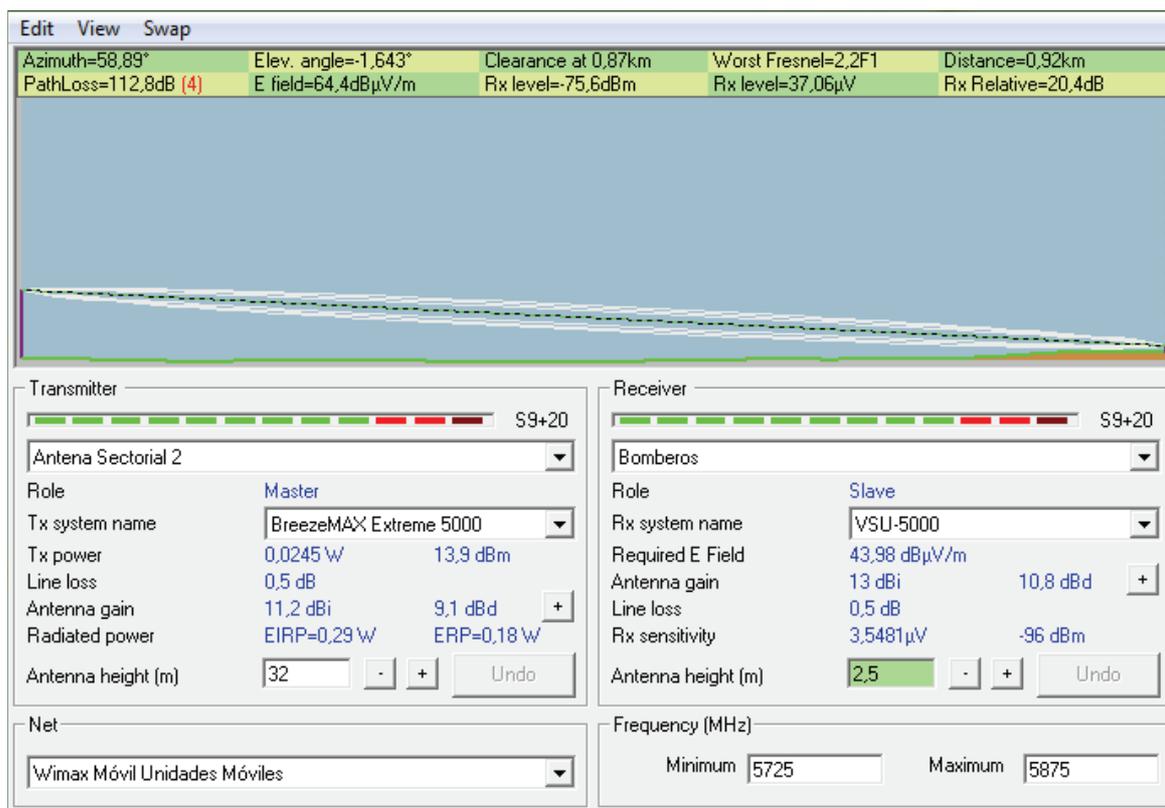


Figura 2.16: Radio Enlace Estación Central-Cuerpo de Bomberos. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	0.92Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	2.2F ₁ a 0.87Km	-Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Cuerpo de Bomberos)	-75.6dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-72.5dBm	-El enlace con las Unidades Móviles se establece sin dificultad en esta área.
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	3.6F ₁ a 0.86Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Nivel de Potencia Rx (Cuerpo de Bomberos)	-72.7dBm	-Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-72.6dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
		-El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.

Tabla 2.17: Radio Enlace Estación Central-Cuerpo de Bomberos.

- Enlace Estación Central-Cruz Roja Ecuatoriana

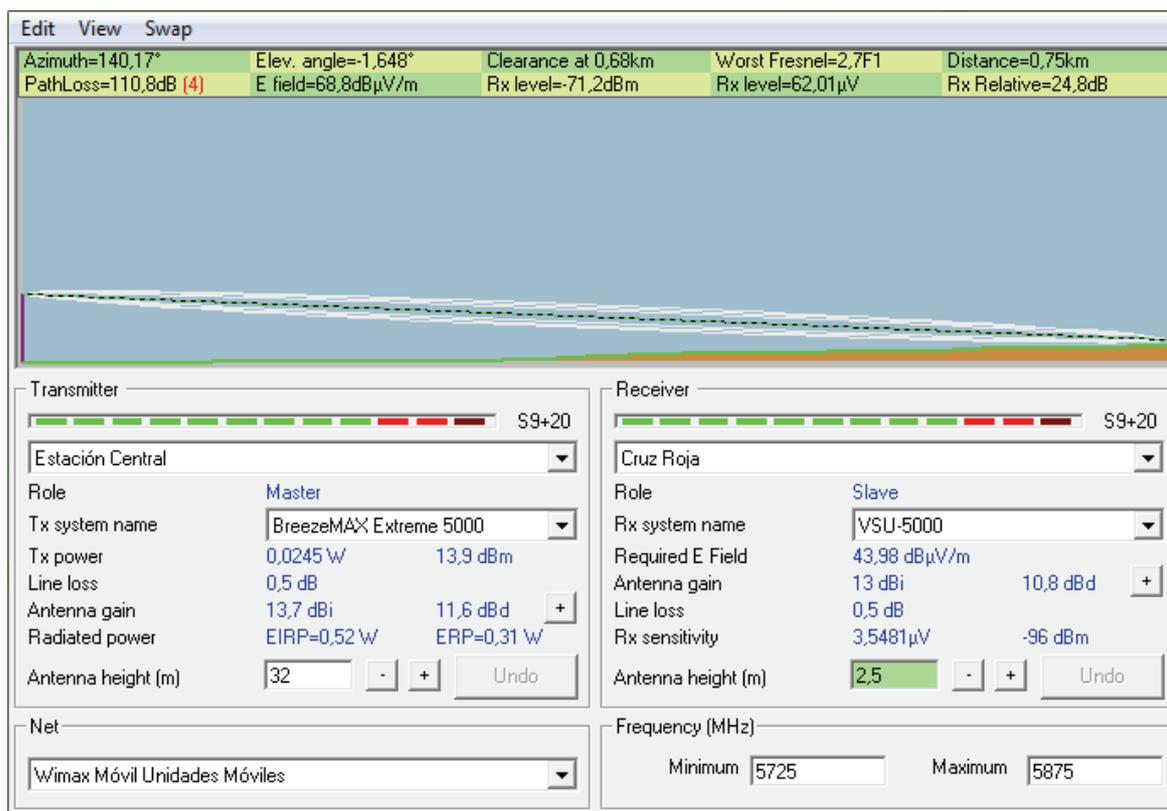


Figura 2.17: Radio Enlace Estación Central-Cruz Roja Ecuatoriana. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	0.75Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	2.7F ₁ a 0.68Km	-Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Cruz Roja Ecuatoriana)	-71.2dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-68.1dBm	-El enlace con las Unidades Móviles se establece sin dificultad en esta área.
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	3.9F ₁ a 0.68Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Nivel de Potencia Rx (Cruz Roja Ecuatoriana)	-68.8dBm	-Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-68.7dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
		-El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.

Tabla 2.18: Radio Enlace Estación Central-Cruz Roja Ecuatoriana.

- Enlace Estación Central-Centro de Salud Alpachaca

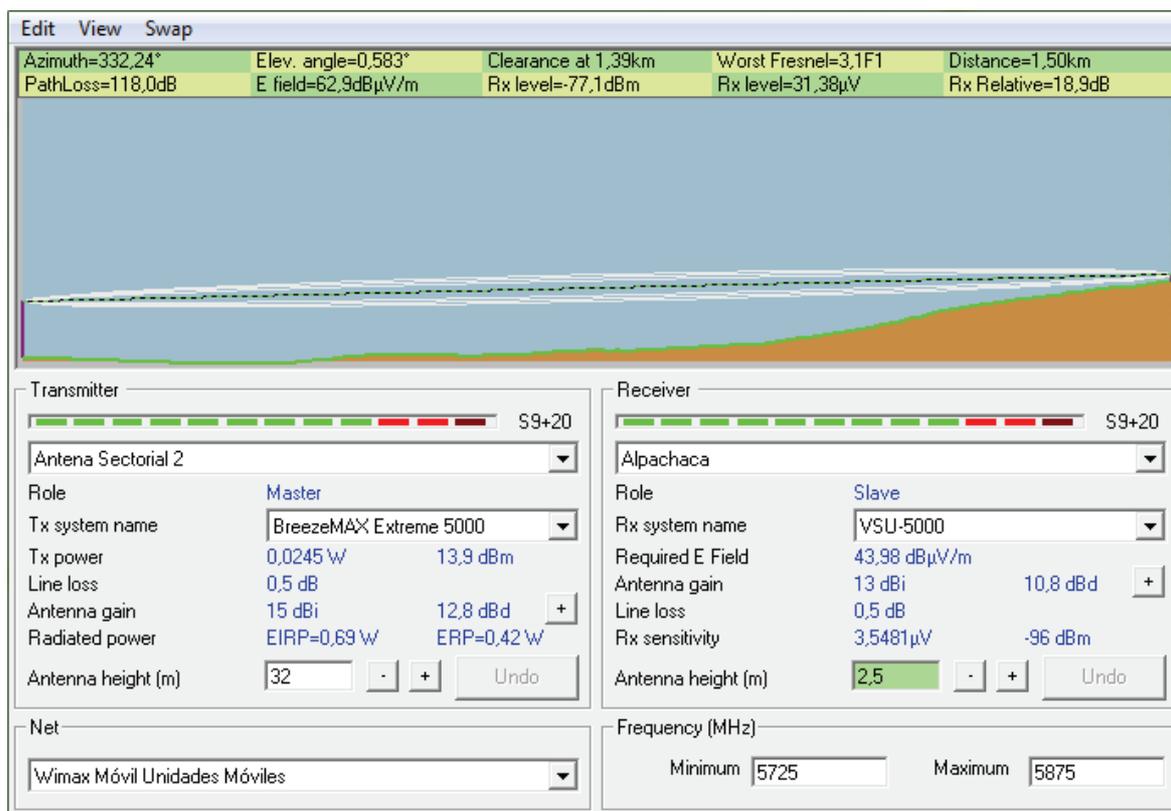


Figura 2.18: Radio Enlace Estación Central-Alpachaca. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	1.5Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	3.1F ₁ a 1.39Km	-Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Alpachaca)	-77.1dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-74dBm	-El enlace con las Unidades Móviles se establece sin dificultad en esta área.
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	4.1F ₁ a 1.39Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Alpachaca)	-73.2dBm	-Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-73.1dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
		-El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.

Tabla 2.19: Radio Enlace Estación Central-Alpachaca.

- Enlace Estación Central-Centro de Salud Azaya

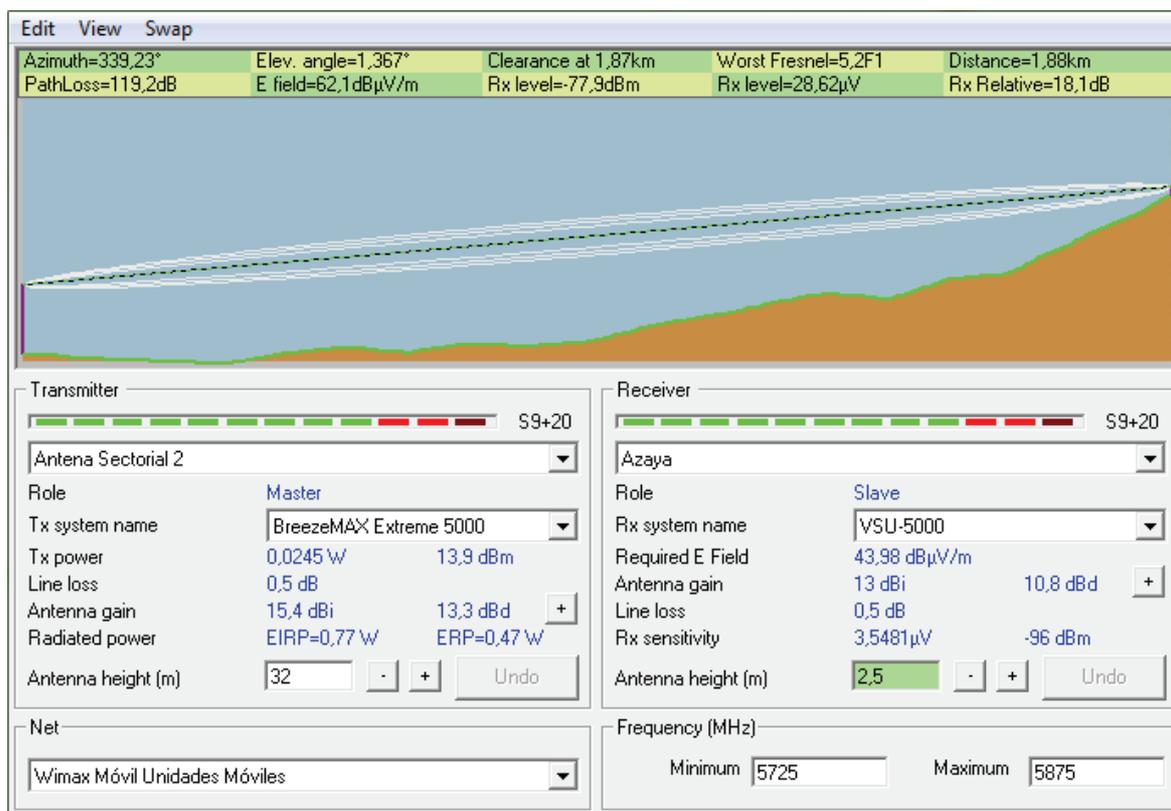


Figura 2.19: Radio Enlace Estación Central-Azaya. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	1.88Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	5.2F ₁ a 1.87Km	-Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Azaya)	-77.9dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-74.8dBm	-El enlace con las Unidades Móviles se establece sin dificultad en esta área.
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	7.3F ₁ a 1.87Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Azaya)	-75.1dBm	-Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-75dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
		-El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.

Tabla 2.20: Radio Enlace Estación Central-Azaya.

- Enlace Estación Central-Centro de Salud Caranqui

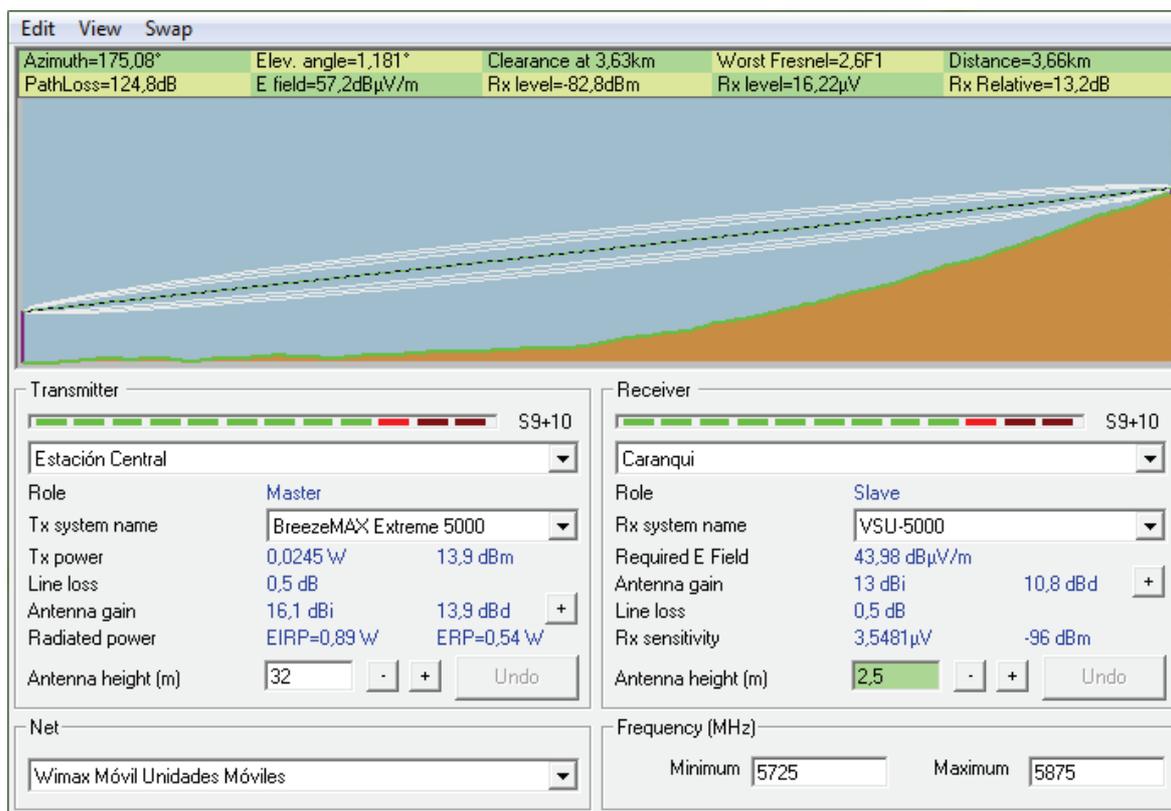


Figura 2.20: Radio Enlace Estación Central-Caranqui. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	3.66Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	2.6F ₁ a 3.63Km	-Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Caranqui)	-82.8dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-79.7dBm	-El enlace con las Unidades Móviles se establece sin dificultad en esta área.
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	4F ₁ a 3.59Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Caranqui)	-81.2dBm	-Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-81.1dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
		-El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.

Tabla 2.21: Radio Enlace Estación Central-Caranqui.

- Enlace Estación Central-Centro de Salud N1

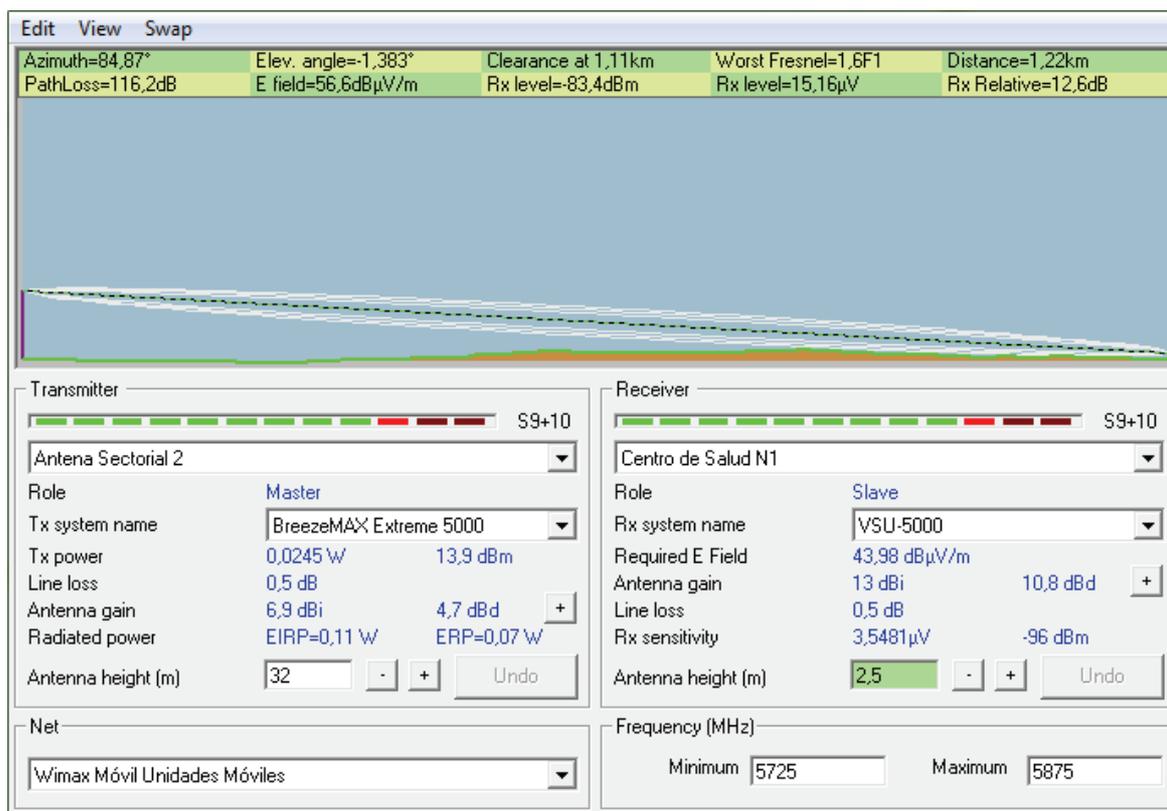


Figura 2.21: Radio Enlace Estación Central-Centro de Salud N1. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	1.22Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria. -Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm. -Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm. -El enlace con las Unidades Móviles se establece sin dificultad en esta área.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	1.6F ₁ a 1.11Km	
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud N1)	-83.4dBm	
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-80.3dBm	
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	2.5F ₁ a 0.84Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria. -Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm. -Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm. -El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud N1)	-81.1dBm	
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-81dBm	

Tabla 2.22: Radio Enlace Estación Central-Centro de Salud N1.

- Enlace Estación Central-Centro de Salud El Tejar

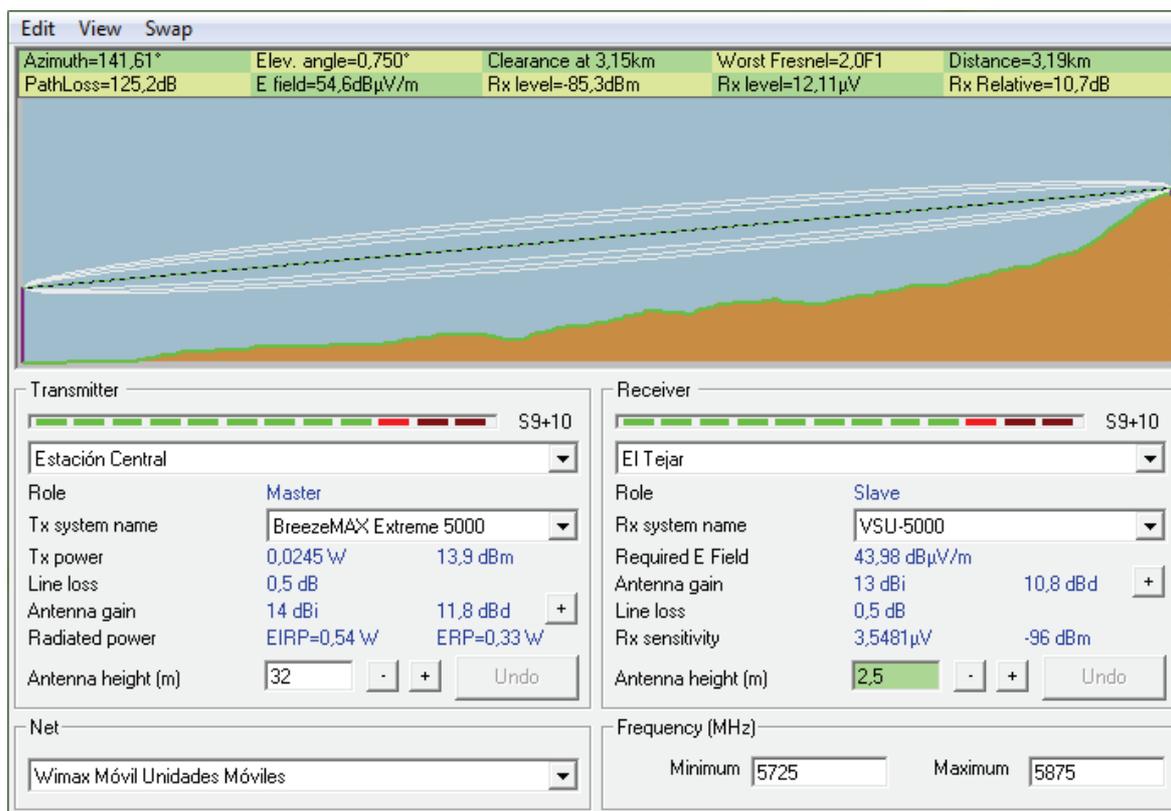


Figura 2.22: Radio Enlace Estación Central-El Tejar. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	3.19Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	2F ₁ a 3.15Km	-Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud El Tejar)	-85.3dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-82.2dBm	-El enlace con las Unidades Móviles se establece sin dificultad en esta área.
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	3.6F ₁ a 3.13Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud El Tejar)	-80.7dBm	-Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-80.6dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
		-El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.

Tabla 2.23: Radio Enlace Estación Central-El Tejar.

- Enlace Estación Central-Centro de Salud Priorato

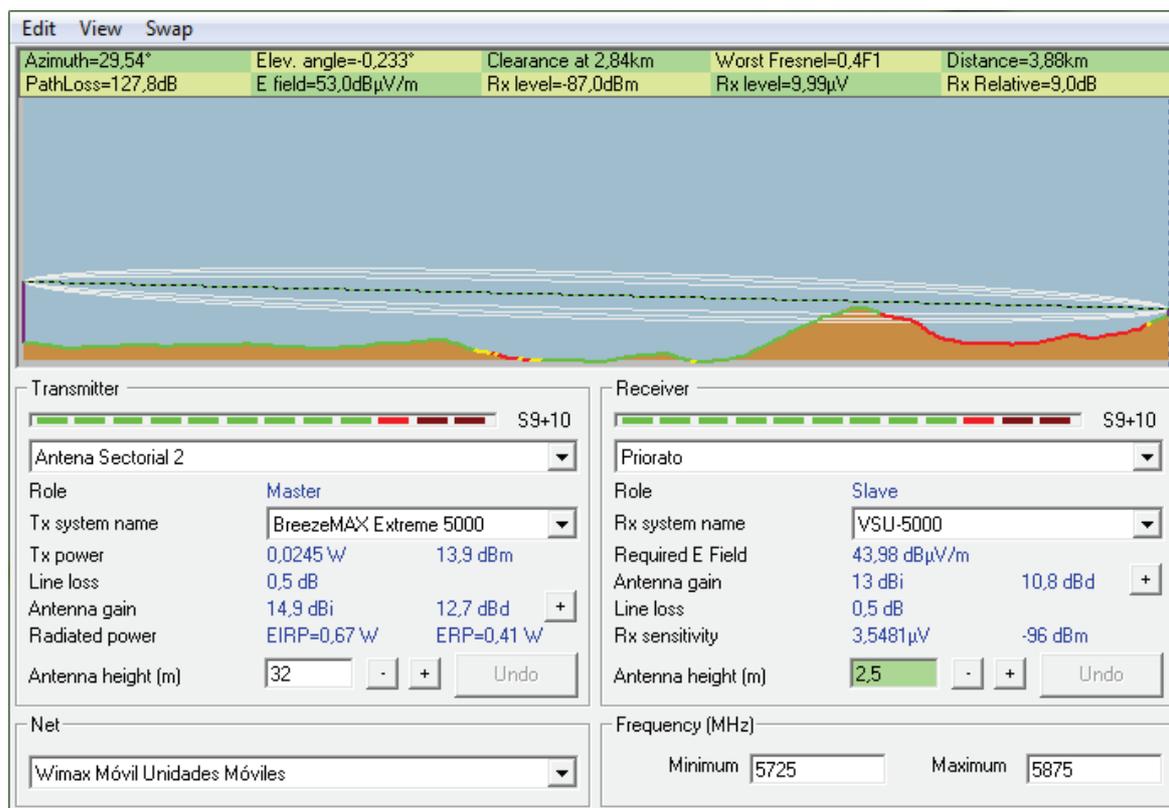


Figura 2.23: Radio Enlace Estación Central-Priorato. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	3.88Km	-Fresnel de 40% en una sección de la trayectoria debido a la altura de las antenas. -Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm. -Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm. -A pesar de solo tener un despeje del 40% de la 1° zona de Fresnel, no se tiene una reducción significativa de la intensidad de la señal. El enlace con las Unidades Móviles se establece en esta área.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	0.4F ₁ a 2.84Km	
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Priorato)	-87dBm	
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-83.9dBm	
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	0.7F ₁ a 2.84Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria. -Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm. -Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm. -El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Priorato)	-82.1dBm	
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-82dBm	

Tabla 2.24: Radio Enlace Estación Central-Priorato.

- Enlace Estación Central-Centro de Salud Pugacho

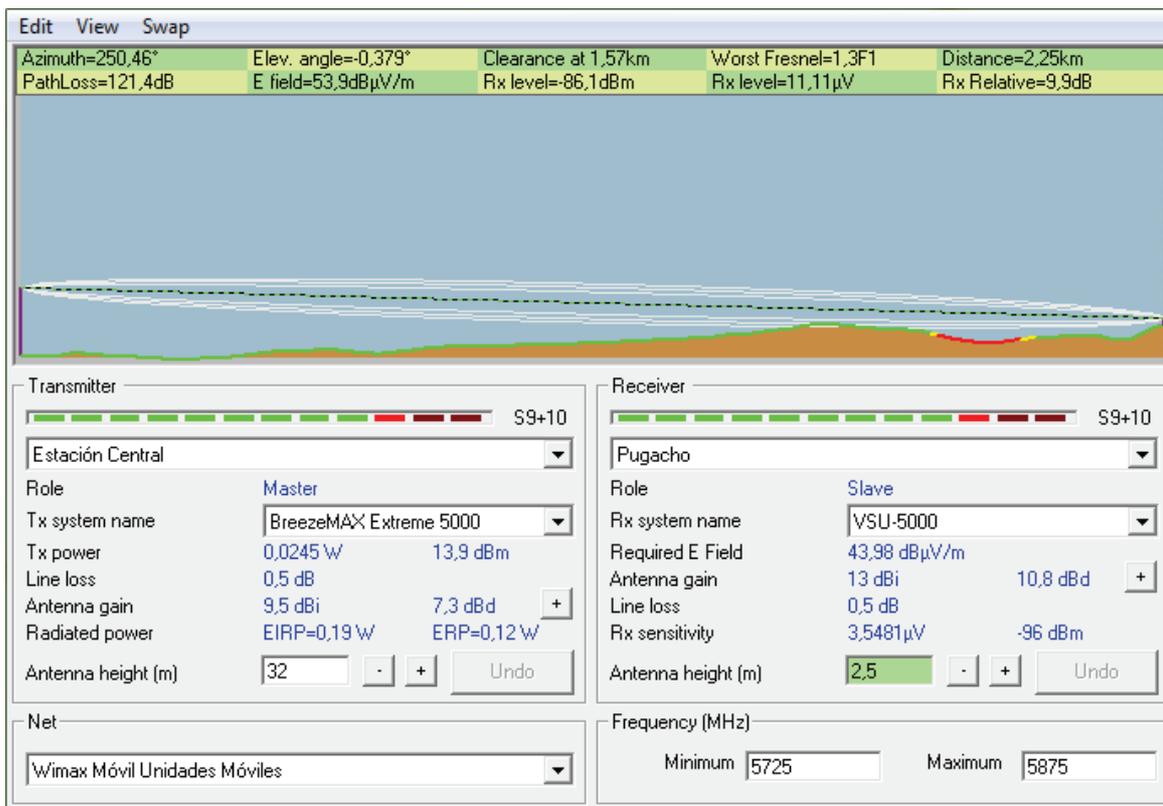


Figura 2.24: Radio Enlace Estación Central-Pugacho. [23]

PARÁMETROS DEL ENLACE		OBSERVACIONES
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-UNIDAD MÓVIL		
Distancia Total	2.25Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Peor Caso de Despeje de Fresnel	1.3F ₁ a 1.57Km	-Potencia de recepción en la Unidad Móvil mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Pugacho)	-86.1dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-83dBm	-El enlace con las Unidades Móviles se establece sin dificultad en esta área.
ENLACE ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTO DE SALUD		
Peor Caso de Despeje de Fresnel	1.6F ₁ a 1.57Km	-Fresnel mayor al 60% en toda la trayectoria.
Nivel de Potencia Rx (Centro de Salud Pugacho)	-82.7dBm	-Potencia de recepción en el Establecimiento de Salud mayor al umbral -96dBm.
Nivel de Potencia Rx (Estación Central)	-82.6dBm	-Potencia de recepción en la Estación Central mayor al umbral -94dBm.
		-El enlace con el Establecimiento de Salud se establece sin dificultad.

Tabla 2.25: Radio Enlace Estación Central-Pugacho.

Referente al análisis de los enlaces Estación Central-Unidades Móviles se puede observar que en la mayoría de casos se cumple el despeje de la primera zona de Fresnel (mayor a $0.6F1$), y en todos los casos se obtiene una potencia mayor al umbral de recepción de los equipos seleccionados tanto para transmisión como recepción.

De los ejemplos realizados, la mayor obstrucción ($0.4F1$) se presenta en la parroquia de Priorato que se puede observar en la figura 2.23, lo que conlleva que en esta zona exista una posible dificultad en el establecimiento de los enlaces con las Unidades Móviles dependiendo de su posición exacta. Si no se cumple el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel existirá una atenuación significativa en la intensidad de señal. Sin embargo, para este análisis particular, los niveles de la potencia de transmisión de la Estación Central y de las Unidades Móviles fueron suficiente para tener una intensidad de señal mayor que el umbral de recepción de los equipos.

Considerando todos los parámetros: línea de vista, potencia de recepción y despeje de la primera zona de Fresnel; en cada uno de estos puntos referenciales se puede lograr la comunicación Estación Central-Unidades Móviles. Si existiera algún problema de interconexión en otra posición, la mejor opción para superar la obstrucción es aumentar la altura de las antenas.

Respecto al análisis de los enlaces Estación Central-Establecimientos de Salud, en cada caso se puede observar el cumplimiento del despeje de la primera zona de Fresnel y niveles de potencia mayores al umbral de recepción de los equipos. De esta forma se logra establecer la comunicación en todos los enlaces Estación Central-Establecimientos de Salud.

Con el estudio realizado mediante la simulación del sistema en el programa *Radio Mobile*, se puede concluir que se obtiene un área de cobertura adecuado con nivel de señal suficiente para la comunicación entre el Hospital General San Vicente de Paúl y las Unidades Móviles que circulan dentro de la ciudad de Ibarra. Además, se presentan parámetros aceptables para establecer la comunicación entre la Estación Central y los Establecimientos de Salud de la ciudad enlistados en la tabla 2.1.

2.3.8.2 Pérdidas en el Espacio Libre

El cálculo del balance de potencias es el procedimiento que se utiliza normalmente para estimar de una manera rápida si un radio enlace funcionará correctamente. No obstante, debe tenerse en cuenta que se trata de un cálculo teórico, y que por lo tanto está sujeto a variaciones debidas a múltiples factores: apuntamiento de las antenas, reflexiones, interferencias no deseadas, etc. [24]

Estableciendo el modelo de pérdidas por trayectoria, en este cálculo se tomará en cuenta las pérdidas en el espacio libre y las pérdidas por transmisión en cables.

El cálculo de pérdidas en el espacio libre tiene el objetivo de medir la pérdida de potencia en el espacio sin considerar la presencia de obstáculos. La potencia de la señal transmitida se debilita en el espacio libre debido a su dispersión en una superficie esférica.

$$L_o = 32.4 + 20\log(d) + 20\log(f) \quad [10]$$

Donde:

L_o = pérdidas en el espacio libre [dB]

d = distancia entre los puntos de transmisión [Km]

f = frecuencia de operación [MHz]

Para los cálculos del enlace Estación Central-Estaciones Suscriptoras se tomará en cuenta distancias referenciales que variarán en un rango de 0.7-5Km con la frecuencia de operación seleccionada de 5.8GHz. Además se incluirán las distancias de los enlaces constituidos desde la Estación Central hasta los Establecimientos de Salud de la tabla 2.1 que fueron estudiados en la simulación con el programa *Radio Mobile*.

Localización	d(Km)	L_o (dB)
Cruz Roja	0.75	105.17
IESS	0.77	105.4
Bomberos	0.92	106.94
	1	107.67

Tabla 2.26: Pérdidas por espacio libre.

Localización	d(Km)	L _o (dB)
Centro N1	1.22	109.4
Alpachaca	1.5	111.19
Azaya	1.88	113.15
	2	113.69
Pugacho	2.25	114.71
	3	117.21
El Tejar	3.19	117.74
Caranqui	3.66	118.94
Priorato	3.88	119.45
	4	119.71
	5	121.65

Tabla 2.26: Pérdidas por espacio libre. (Continuación)

Con estos valores de pérdidas por espacio libre se procede a calcular la potencia recibida tanto en las Unidades Móviles como en los Establecimientos de Salud para verificar si la potencia disminuye más que el umbral de recepción de los equipos y si el alcance es mayor a 5Km, suficiente para cubrir la ciudad de Ibarra.

2.3.8.2.1 Presupuesto del Enlace Estación Central-Unidades Móviles

En base a los resultados anteriores y las características de los equipos de transmisión se procede a realizar los cálculos correspondientes al presupuesto del enlace Estación Central-Unidades Móviles mediante la ecuación:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - A_{ALM} - L_o \quad [10]$$

Donde:

P_{RX} = Potencia nominal de recepción, valor de potencia recibida en el receptor

P_{TX} = Potencia de transmisión

G_{TX} = Ganancia de la antena de transmisión

G_{RX} = Ganancia de la antena de recepción

A_{ALM} = Pérdidas por cableado, inserción e implementación

L_o = Pérdidas en el espacio libre

En la siguiente tabla se resume los resultados obtenidos al aplicar las fórmulas anteriores, considerando los siguientes valores de acuerdo al equipamiento

especificado y los parámetros de la señal escogidos respecto al límite de potencia de transmisión de 1W:

$$P_{TX} = 13.9dBm$$

$$G_{TX} = 16.1dBi$$

$$G_{RX} = 13dBi$$

$$A_{ALM} = 1dB$$

Localización	d(Km)	L ₀ (dB)	P _{RX} (dBm)	P _{RX} (dBm) Simulación
Cruz Roja	0.75	105.17	-63.17	-71.2
IESS	0.77	105.4	-63.4	-70.8
Bomberos	0.92	106.94	-64.94	-75.6
	1	107.67	-65.67	
Centro N1	1.22	109.4	-67.4	-83.4
Alpachaca	1.5	111.19	-69.19	-77.1
Azaya	1.88	113.15	-71.15	-77.9
	2	113.69	-71.69	
Pugacho	2.25	114.71	-72.71	-86.1
	3	117.21	-75.21	
El Tejar	3.19	117.74	-75.74	-85.3
Caranqui	3.66	118.94	-76.94	-82.8
Priorato	3.88	119.45	-77.45	-87
	4	119.71	-77.71	
	5	121.65	-79.65	

Tabla 2.27: Cálculo del enlace Estación Central-Unidades Móviles.

Se puede observar que los niveles de potencia de recepción (P_{RX}) varían según la distancia, hasta un mínimo de -79.65dBm a 5Km, que se consideró como referencia de distancia máxima desde la Estación Central hasta una Unidad Móvil. Esta potencia es mayor que el umbral de recepción de los equipos de -96dBm (Unidades Móviles), por lo que se concluye que el alcance de la red para las Unidades Móviles es mayor a 5Km suficiente para cubrir la ciudad. Sin embargo, como se indicó anteriormente, este cálculo es teórico por lo que se observa una diferencia con la potencia de recepción obtenida de la simulación con el programa *Radio Mobile* (P_{RX} Simulación), debido a que introduce pérdidas adicionales y más cercanas a la realidad como obstáculos, condiciones climáticas y altura de las antenas; pero se sigue manteniendo potencias mayores al umbral de recepción.

2.3.8.2.2 Presupuesto del Enlace Estación Central-Establecimientos de Salud

De igual manera se procede a aplicar las fórmulas anteriores para el caso de los Establecimientos de Salud. Se consideran los siguientes valores de acuerdo al equipamiento especificado para este tipo de instituciones fijas y los parámetros de la señal escogidos respecto al límite de potencia de transmisión de 1W:

$$P_{TX} = 13.9dBm$$

$$G_{TX} = 16.1dBi$$

$$G_{RX} = 16dBi$$

$$A_{ALM} = 1dB$$

Localización	d(Km)	L _o (dB)	P _{RX} (dBm)	P _{RX} (dBm) Simulación
Cruz Roja	0.75	105.17	-60.17	-68.8
IESS	0.77	105.4	-60.4	-67.9
Bomberos	0.92	106.94	-61.94	-72.7
	1	107.67	-62.67	
Centro N1	1.22	109.4	-64.4	-81.1
Alpachaca	1.5	111.19	-66.19	-73.2
Azaya	1.88	113.15	-68.15	-75.1
	2	113.69	-68.69	
Pugacho	2.25	114.71	-69.71	-82.7
	3	117.21	-72.21	
El Tejar	3.19	117.74	-72.74	-80.7
Caranqui	3.66	118.94	-73.94	-81,2
Priorato	3.88	119.45	-74.45	-82.1
	4	119.71	-74.71	
	5	121.65	-76.65	

Tabla 2.28: Cálculo del enlace Estación Central-Establecimientos de Salud.

De la misma forma que para el caso Estación Central-Unidades Móviles, se observa una potencia mínima de -76.65dBm a 5Km desde la Estación Central, suficiente para superar el umbral de recepción de los equipos de -96dBm (Establecimientos de Salud), asegurando esta cobertura y el enlace para cada Establecimiento de Salud dentro de la ciudad. Incluso con las pérdidas adicionales introducidas por el programa de simulación *Radio Mobile*, el Establecimiento de Salud más alejado (Priorato a 3.88Km) tiene una potencia de recepción ($P_{RX} = -74.45dBm$, P_{RX} Simulación=-82.1dBm) mayor al umbral.

Dadas las condiciones de espacio libre y en base a los resultados anteriores, se determina que en el área de la ciudad de Ibarra no existe una pérdida suficiente para que los enlaces Estación Central-Estaciones Suscriptoras no se establezcan. Sin embargo, esta cobertura ideal alrededor de la Estación Central se verá reducida considerando la altura de las antenas, pérdidas por obstáculos dependiendo de las condiciones físicas del área y las condiciones climatológicas que introducen pérdidas adicionales. Estos parámetros son considerados por la simulación del programa *Radio Mobile* por lo que brindan un análisis más preciso.

2.3.8.3 Cálculo del Despeje de la Primera Zona de Fresnel

Respecto a la variación de la altura del terreno de la ciudad, se procede a analizar la obstrucción que se tiene en cada enlace tomando en cuenta las distancias y alturas que ofrece el programa de simulación *Radio Mobile* para el peor caso de despeje de Fresnel a lo largo de la trayectoria de la señal. Este estudio se realiza mediante el cálculo de la primera zona de Fresnel por medio de la ecuación expresada con anterioridad, con los siguientes parámetros a considerar:

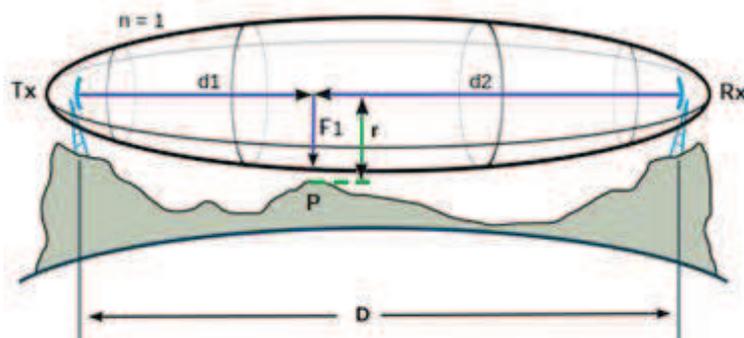


Figura 2.25: Cálculo de la primera zona de Fresnel. [13]

$$F_1 = \text{Radio de la primera zona de Fresnel (m)} = \sqrt{(\lambda d_1 d_2 / D)}$$

$$\lambda = \text{Longitud de onda (m)} = (\text{velocidad de la luz}) / (\text{frecuencia})$$

$$d_1 = \text{Distancia desde el transmisor al objeto de obstrucción (m)}$$

$$d_2 = \text{Distancia desde el objeto de obstrucción al receptor (m)}$$

$$D = \text{Distancia desde el transmisor al receptor (m)}$$

$$r = \text{Distancia desde el eje de transmisión al objeto de obstrucción (m)}$$

$$x = \text{Relación de despeje de la primera zona de Fresnel} = r / F_1$$

ESTACIÓN CENTRAL-UNIDADES MÓVILES							
Localización	$d_1(\text{Km})$	$d_1(\text{Km})$	$D(\text{m})$	$F_1(\text{m})$	$r(\text{m})$	x	x Simulación
IESS	740	30	770	1.22	2.47	2.02	2.1
Bomberos	870	50	920	1.56	3.66	2.34	2.2
Cruz Roja	680	70	750	1.81	4.75	2.62	2.7
Alpachaca	1390	110	1500	2.3	7.06	3.07	3.1
Azaya	1870	10	1880	0.72	4.37	6.09	5.2
Caranqui	3630	30	3660	1.24	3.12	2.51	2.6
Centro N1	1110	110	1220	2.28	3.54	1.56	1.6
El Tejar	3150	40	3190	1.43	2.85	1.99	2
Priorato	2840	1040	3880	6.27	2.81	0.45	0.4
Pugacho	1570	680	2250	4.95	6.17	1.25	1.3
ESTACIÓN CENTRAL-ESTABLECIMIENTOS DE SALUD							
Localización	$d_1(\text{Km})$	$d_1(\text{Km})$	$D(\text{m})$	$F_1(\text{m})$	$r(\text{m})$	x	x Simulación
IESS	710	60	770	1.69	6.57	3.88	4.1
Bomberos	860	60	920	1.7	6.46	3.79	3.6
Cruz Roja	680	70	750	1.81	7.02	3.87	3.9
Alpachaca	1390	110	1500	2.3	9.38	4.09	4.1
Azaya	1870	10	1880	0.72	5.23	7.29	7.3
Caranqui	3590	70	3660	1.88	7.51	3.99	4
Centro N1	840	380	1220	3.68	9.04	2.46	2.5
El Tejar	3130	60	3190	1.75	6.02	3.45	3.6
Priorato	2840	1040	3880	6.27	4.64	0.74	0.7
Pugacho	1570	680	2250	4.95	7.92	1.6	1.6

Tabla 2.29: Cálculo del despeje de la primera zona de Fresnel Estación Central-Estaciones Suscriptoras.

Como se aprecia en la tabla 2.29, el cálculo mediante la fórmula establecida previamente de la relación de despeje de la primera zona de Fresnel (x) en cada punto fijo de la red, permite comprobar de manera teórica los valores del peor caso de despeje de Fresnel obtenidos con la simulación en el programa *Radio Mobile* (x simulación, tabla 2.16 hasta 2.25). De esta manera, se ratifica que el enlace establecido desde la Estación Central hacia cada punto referencial, tanto con Unidades Móviles como con Establecimientos de Salud, no presenta obstrucciones significativas a excepción del caso de una Unidad Móvil localizada en la zona de Priorato que podría presentar menores niveles en la intensidad de la señal como se mencionó anteriormente.

CAPÍTULO 3: COSTOS DEL SISTEMA

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los costos de inversión inicial para la implementación del sistema, con el objetivo de tener un referente económico de la red inalámbrica diseñada anteriormente.

A continuación se realizan observaciones de los siguientes costos para incluirlos como inversión inicial:

- Costos por homologación de equipos y concesión de frecuencias
- Costos de equipamiento
- Costos de infraestructura por obra civil
- Costos de instalación del sistema

Los costos por equipos de la red interna hospitalaria, instalaciones eléctricas, no se considerarán en este estudio debido a que se trata de un estudio referencial y se asume que la red interna ya se encuentra establecida. Estos costos dependerían de la institución pública o privada que aplicaría el sistema.

Los costos que incluyen IVA fueron proporcionados por la empresa Saitel, proveedora de servicios y equipamiento de telecomunicaciones en el norte del país.

3.2 MARCO REGULATORIO

En esta sección se procede a obtener los costos por homologación de equipos y concesión de frecuencias aplicando las normas vigentes de los organismos reguladores del país.

3.2.1 HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS

Para establecer los costos por homologación de cada tipo de equipo utilizado en esta red se toma en cuenta lo publicado en el “Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones” (Resolución No. 452-29-CONATEL-2007).

Los equipos terminales que incluyen: Módems Celulares, Terminales de Radio de los Sistemas Troncalizados, Sistemas que utilizan Modulación Digital de Banda Ancha, Radios Transmisores de Dos Vías, Terminales de Radio de los Sistemas Comunes de Explotación, Terminales para el Servicio Satelital de Telecomunicaciones y otros que el CONATEL considere que deben ser homologados; tienen un costo a pagar por derecho de homologación de US \$39.00. [25]

Para el cálculo de estos costos se consideran los equipos utilizados en la red: Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000, Estación Suscriptora Alvarion VSU-5000 y Estación Suscriptora Alvarion BreezeMAX PRO 5000.

3.2.2 CONCESIÓN DE FRECUENCIAS

Para este análisis se toma en cuenta lo publicado en el “Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico” (Registro Oficial No. 242 de 30 de diciembre de 2003).

Artículo 19.- Los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, en las bandas que el CONATEL determine, pagarán una tarifa por uso de frecuencias por anticipado, por un período de un año, según la siguiente ecuación: [26]

$$TA(US\$) = K_a * \alpha_6 * \beta_6 * B * NTE \quad [26]$$

Donde:

$TA(US\$)$ = Tarifa anual en dólares de los Estados Unidos de América

K_a = Factor de ajuste por inflación

α_6 = Coeficiente de Valoración del Espectro para los sistemas de espectro ensanchado. Tabla 3.1

β_6 = Coeficiente de corrección para los sistemas de espectro ensanchado

B = Constante de servicio para los sistemas de espectro ensanchado. Tabla 3.2

NTE = Es el número total de estaciones fijas, de base, móviles y estaciones receptoras de triangulación, de acuerdo al sistema

Se establece inicialmente el valor de 1 para la constante K_a y el coeficiente β_6 . [26]

Los valores de los coeficientes α_6 y B se detallan en las siguientes tablas:

Valor de α_6	Sistema
0.533333	Modulación Digital de Banda Ancha

Tabla 3.1: Coeficiente de valoración del espectro α_6 para sistemas que operen en bandas de Modulación Digital de Banda Ancha. [26]

Valor de B	Sistema
12	Sistema punto-punto y punto-multipunto y sistemas móviles

Tabla 3.2: Valor de la constante B para sistemas que operen en bandas de Modulación Digital de Banda Ancha. [26]

Artículo 26.- Los servicios Fijo y Móvil prestados mediante Sistemas de Radiocomunicaciones con fines de carácter social o humanitario pagarán una tarifa por uso de frecuencias igual al 10% del valor que resulte de aplicar las ecuaciones y tablas del presente Reglamento y proporcional al tiempo de duración del contrato. [26]

Con estas consideraciones se procede calcular el costo por concesión de frecuencias:

$$TA(US\$) = 1 * 0.533333 * 1 * 12 * 31 * 0.1$$

$$TA(US\$) = 19.84$$

A continuación se presentan los costos por homologación de equipos y concesión de frecuencias:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Homologación de equipos	3	39	117
2	Concesión de frecuencias	1	19.84	19.84
TOTAL				136.84

Tabla 3.3: Costos de homologación de equipos y concesión de frecuencias.

3.3 COSTOS DE EQUIPAMIENTO

La descripción de los costos relacionados al equipamiento se realiza considerando todos los elementos necesarios para la red inalámbrica como son: la estación base, las estaciones suscriptoras CPE (se considera el número de establecimientos de salud de la tabla 2.1 y la cantidad de unidades móviles que se observa en la tabla 2.2) y antenas, de las marcas y modelos referenciales que fueron escogidos en el capítulo anterior.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Estación Base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000	2	2300	4600
2	Estación Suscriptora Alvarion VSU-5000	20	335	6700
3	Estación Suscriptora Alvarion BreezeMAX PRO 5000	10	500	5000
4	Antena sectorial Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17	2	215	430
5	Antena omnidireccional AirMAX Omni AMO-5G13	20	160	3200
6	Unidad de energía	1	240	240
7	UPS	1	120	120
8	Cable FTP	1 rollo (300m)	180	180
9	Cable coaxial LMR	1 rollo (50m)	100	100
TOTAL				20570

Tabla 3.4: Costos de equipamiento.

3.4 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA POR OBRA CIVIL

Respecto a la infraestructura del sistema, en la Estación Central es necesaria la instalación de una torre de 4 segmentos para la ubicación de las antenas sectoriales.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Torre 4 segmentos	12m	70	840
TOTAL				840

Tabla 3.5: Costos de infraestructura por obra civil.

3.5 COSTOS DE INSTALACIÓN

En esta sección se debe establecer los costos por contratación de un ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones que supervisará la instalación y configuración de los equipos, además del personal necesario para el montaje del sistema. Se considerará un monto de \$2000 por estos servicios profesionales.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Instalación	2000
TOTAL		2000

Tabla 3.6: Costos de instalación del sistema.

3.6 COSTO TOTAL DEL SISTEMA

El valor total para la implementación de la red comprende todos los costos considerados anteriormente, además se incluirá un 10% de la inversión inicial por adquisiciones adicionales y por imprevistos durante la instalación del sistema.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Costos de homologación de equipos y concesión de frecuencias	136.84
2	Costos de equipos de la red inalámbrica	20570
3	Costos de infraestructura por obra civil	840
4	Costos de instalación	2000
SUBTOTAL		23546.84
Costos varios e imprevistos (10% de la inversión inicial)		2354.68
TOTAL DE LA INVERSIÓN INICIAL		25901.52

Tabla 3.7: Costos de la red inalámbrica WiMAX Móvil.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- En el presente proyecto se realiza el estudio y diseño de una red inalámbrica de telemedicina orientada a brindar servicio a varios tipos de unidades móviles de salud dentro de una cobertura de una ciudad referencial de tamaño promedio dentro de nuestro país. Este diseño teórico sirve como punto de partida para una futura implementación en diferentes tipos de ciudades con requerimientos y necesidades específicas para diversas aplicaciones de audio, imágenes y video.
- A pesar de que la telemedicina no se ha desarrollado plenamente en nuestro país ya existen redes internas en instancias hospitalarias que permiten compartir sus recursos entre sus profesionales, además de redes externas entre instituciones fijas que satisfacen la necesidad de comunicación en áreas amplias. Esto facilita la implementación de una extensión de estas redes hacia las unidades móviles, aprovechando los recursos y bases de datos ya existentes y disminuyendo así la cantidad de equipos que son necesarios para la instalación y la operación de este diseño.
- Actualmente la mayoría de unidades móviles que se utilizan en el país no poseen un sistema de comunicación o lo mantienen sin uso por falta de una red implementada que permita aprovechar estos recursos. Con la propuesta de este proyecto se lograría cambiar esta situación con el beneficio de disminuir los tiempos de atención de los pacientes y evitar su desplazamiento innecesario, utilizando así, el número limitado de médicos especialistas de una manera más eficiente.
- El estudio completo que se realizó sobre hospitales fijos y unidades móviles de salud que son utilizados en nuestro país facilitó el análisis de las aplicaciones y parámetros que se deben tomar en cuenta para el diseño de la red. Mediante las aplicaciones enlistadas se logró determinar que la

capacidad de la red es más que suficiente para soportar estos servicios. Además, con este análisis también se consiguió establecer el tipo de topología de la red, la tecnología más adecuada, la cobertura, la cantidad de equipos necesarios, entre otros parámetros importantes para el diseño.

- Mediante la topología de red seleccionada de Referencia Jerarquizada-Transmisión Centralizada con Actualización se logra un sistema que permite mantener la comunicación de todas las unidades móviles con un solo hospital central. Con este sistema centralizado en comunicación y jerarquizado en atención sanitaria, se podrá seleccionar de manera más eficiente la entidad hospitalaria a la que una unidad móvil debe dirigirse, además de que dicha institución podrá prepararse de una manera más temprana para su recepción. Otro beneficio que se puede lograr con esta topología es un almacenamiento centralizado de información sobre todos los casos abordados por unidades móviles, lo que posteriormente facilitará la realización de estudios estadísticos de la salud poblacional.
- El análisis de las tecnologías inalámbricas que ofrecen movilidad permitió tener un panorama de las fortalezas y debilidades que es necesario considerar al momento de realizar la selección de la tecnología a utilizar en esta aplicación concreta. Estos análisis permitieron realizar una elección enfocada en la tecnología que cumple de manera efectiva los parámetros de comparación seleccionados. WiMAX Móvil, como la tecnología que cumple la mayor cantidad de las consideraciones, provee una solución de características adecuadas para la prestación de servicios de telemedicina. Sin embargo, dependiendo de la aplicación del sistema a una situación específica, las otras tecnologías podrían presentar mayores beneficios.
- La dificultad que debe considerarse al realizar el diseño con tecnología WiMAX Móvil es la poca disponibilidad de equipos que cumplen este estándar a nivel nacional. Además, que por tratarse de una tecnología escasa, la adquisición de equipos resulta relativamente costosa.

4.2 RECOMENDACIONES

- En una posible implementación práctica de las ideas propuestas en este proyecto, se deberá considerar realizar un análisis más profundo con respecto a los equipos a ser utilizados y a los costos que involucran, como: mantenimiento de la red, adquisición de materiales, entre otros. Este análisis dependerá de la institución pública o privada que desee implementar el proyecto y de las condiciones específicas en donde se aplicará la red.
- Se debe tener en cuenta la cobertura y el número de unidades móviles en la implementación de esta red en una ciudad específica. Para una ciudad de dimensiones mayores será necesario un diseño de mayor complejidad con varias estaciones base para poder brindar la cobertura necesaria y una buena movilidad. El presente análisis se realizó para una ciudad referencial con su respectiva cantidad de unidades móviles que puede dar una idea de la capacidad que puede soportar cada estación base instalada.
- Desde el punto de vista de aplicaciones de telemedicina, al momento de seleccionar tecnología se recomienda realizar el análisis de cumplimiento de los parámetros de cobertura, costos, velocidad de transmisión, calidad de servicio y seguridad. Estas son las consideraciones más importantes para cubrir los requerimientos de las aplicaciones médicas.
- Mediante el uso de herramientas informáticas en el diseño de sistemas de telecomunicaciones se obtiene un análisis eficiente y una perspectiva práctica de los cálculos teóricos de las redes diseñadas. De esta manera, resulta recomendable la utilización de estos programas de simulación que ofrecen una visualización de cobertura y de las características de cada radio enlace en el caso de redes inalámbricas.
- El mayor impedimento para la implementación de redes de telemedicina es la actual carencia de organización, digitalización y estandarización de la información hospitalaria. Por esta razón, en primer lugar es necesario organizar el manejo de esta información en todos los establecimientos del país para facilitar su intercambio con el uso de redes de telecomunicación.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **AAA (*Authorization, Authentication, Accounting*).**- En seguridad informática, el acrónimo AAA corresponde a un tipo de protocolos que realizan tres funciones: Autenticación, Autorización y Contabilización.
- **AMPS (*Advanced Mobile Phone System*).**- Es un sistema de telefonía móvil de primera generación (1G, voz analógica) desarrollado por los laboratorios *Bell*.
- **Angiografía.**- Es un examen de diagnóstico por imagen cuya función es el estudio de los vasos circulatorios que no son visibles mediante la radiología convencional.
- **BE (*Better Effort*).**- Servicio al Mejor Esfuerzo, servicio compuesto por flujos de datos que no requieren un nivel mínimo y pueden ser manejados en los espacios disponibles.
- **Broadcast.**- Es una forma de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea.
- **BS (*Base Station*).**- Es un instalación fija de radio para la comunicación media, baja o alta bidireccional.
- **CBR (*Constant Bit Rate*).**- Cuando hablamos de códecs, la codificación con tasa de bits constante implica que la tasa de salida del codificador de los datos es constante.
- **CDMA (*Code Division Multiple Access*).**- Es un término genérico para varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio basados en la tecnología de espectro expandido.
- **Citología.**- Es una disciplina académica que se encarga del estudio de las células en cuanto a lo que respecta a propiedades, estructura, funciones, orgánulos que contienen, su interacción con el ambiente y ciclo vital.
- **CONATEL.**- Consejo Nacional de Telecomunicaciones, es el ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país.
- **Contraste.**- Es la diferencia relativa en la intensidad entre un punto de una imagen y sus alrededores. Se determinada por la cantidad de bits utilizados

para definir cada pixel: cuanto mayor sea la profundidad de bits, mayor será la cantidad de tonos.

- **CPE (Customer Premises Equipment).**- Es un equipo de telecomunicaciones usado tanto en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación.
- **D-AMPS (Digital-AMPS).**- Son sistemas de telefonía móvil de segunda generación.
- **Dermatología.**- Es la especialidad médica encargada del estudio de la estructura y función de la piel.
- **DICOM (Digital and Imaging Communication in Medicine).**- Es el estándar reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas, pensado para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas. Incluye la definición de un formato de fichero y de un protocolo de comunicación de red.
- **DL (Downlink).**- En redes inalámbricas expresa la trayectoria de transmisión desde una radio base hacia una estación móvil.
- **EAP (Extensible Authentication Protocol).**- Es una autenticación *framework* usada habitualmente en redes WLAN *Point-to-Point Protocol*.
- **ECG (Electrocardiograma).**- Es la representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón, que se obtiene con un electrocardiógrafo en forma de cinta continua.
- **Ecografía doppler.**- Es una variedad de la ecografía tradicional, basada por tanto en el empleo de ultrasonidos.
- **EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution).**- Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G.
- **EDGE Evolution.**- Es una versión mejorada del estándar de telecomunicaciones móviles EDGE.
- **EEG (Electroencefalograma).**- Es una exploración neurofisiológica que se basa en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral en condiciones basales de reposo, en vigilia o sueño y durante diversas activaciones.
- **EMG (Electromiograma).**- Es una técnica para la evaluación y registro de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos.

- **Endoscopia.-** Es una técnica diagnóstica utilizada en medicina que consiste en la instrucción de una cámara o lente dentro de un tubo o endoscopio a través de un orificio natural, una incisión quirúrgica o una lesión para la visualización de un órgano hueco o cavidad corporal.
- **Espirometría.-** Consta de una serie de pruebas respiratorias sencillas, bajo circunstancias controladas, que miden la magnitud absoluta de las capacidades pulmonares y los volúmenes pulmonares y la rapidez con que estos pueden ser movilizados.
- **Ethernet.-** Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda CSMA/CD.
- **FBSS (*Fast Base Station Switching*).**- Mecanismo de handover en el que la estación móvil se encuentra monitoreando continuamente las estaciones base vecinas, selecciona un grupo activo de estaciones y dentro de ellas define una fija con señales de mayor fuerza con la que mantendrá la transmisión de tráfico UL y DL.
- **FDD (*Frequency Division Duplexing*).**- La duplexación por división de frecuencia asigna distinta banda de frecuencia para las portadoras de UL (*uplink*) y DL (*downlink*). Las estaciones base transmiten a la frecuencia de portadora de DL mientras que las estaciones suscriptoras transmiten a la frecuencia de la portadora de UL.
- **FODETEL.-** Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Urbano Marginales, organismo creado para acelerar la conectividad en zonas marginadas.
- **Fps (*Frames Per Second*).**- Es la medida de la frecuencia a la cual un reproductor de imágenes genera distintos fotogramas (*frames*).
- **Frame.-** Es un fotograma o cuadro, una imagen particular dentro de un sucesión de imágenes que componen una animación.
- **Gammagrafía.-** Es un prueba diagnóstica que se basa en la imagen que producen las radiaciones generadas tras la inyección o inhalación en el organismo de sustancias que están marcados por un isótopo radiactivo.
- **GPRS (*General Packet Radio Service*).**- Es una extensión de GSM para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes.

- **H.263.-** Estándar de codificación de video con compresión diseñado para demandas con menor flujo de bits y baja latencia. Originalmente fue ideado para el mercado de videotelefonía con flujos de unos 20Kbps o menores. Hoy en día, se ha convertido en el algoritmo de compresión de video más popular sobre flujos menores a 1Mbps.
- **Handover o Handoff.-** Es un sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente.
- **HHO (Hard Handoff).-** Tipo de handover en el que se da una desconexión temporal del canal de tráfico al cambiar de estación base sin interrumpir la comunicación.
- **HL7 (Health Level Seven).-** Es un conjunto de estándares para facilitar el intercambio electrónico de información clínica.
- **Homologación.-** Es el proceso por el que un equipo terminal de telecomunicaciones de una clase, marca y modelo es sometido a verificación técnica para determinar si es adecuado para operar en una red de telecomunicaciones específica.
- **HSDPA (High Speed Downlink Packet Access).-** Es la optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, y consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente que mejora la capacidad máxima de transferencia de información.
- **HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).-** Es un protocolo de datos para redes de telefonía móvil con alta tasa de transferencia de subida.
- **Idle Mode.-** Es un modo de operación para control de potencia que permite que la estación móvil tenga predisposición de recibir mensajes *broadcast* aunque se encuentre inactiva. De esta forma, permanece pendiente del tráfico entrante sin tener asignado un canal de transmisión, evitando el uso de recursos de la interfaz aire de la estación base.
- **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).-** Es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización.
- **ISM (Industrial Scientific Medical).-** Son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica.

- **Jitter.**- Es la variabilidad temporal durante el envío de señales digitales, una ligera desviación de la exactitud de la señal de reloj.
- **LOS (*Line of Sight*).**- Se considera que un enlace inalámbrico tiene condiciones LOS cuando el camino no presenta obstrucciones entre las antenas transmisora y receptora para que exista la mejor propagación de la señal. Para esto, es necesario que la mayor parte de la primera zona de Fresnel no tenga obstrucciones. Por esta razón es necesario conocer parámetros como la distancia y la altura del transmisor, receptor y de los obstáculos.
- **LTE (*Long Term Evolution*).**- Es un nuevo estándar definido para unos como evolución de la norma UMTS(3G), para otros un nuevo concepto de arquitectura evolutiva 4G.
- **MDHO (*Macro Diversity Handover*).**- Mecanismo de handover en el que la estación móvil selecciona un grupo activo de estaciones base y una es definida como fija. En el proceso de handover, la estación móvil se comunica con todas las estaciones base en el grupo activo.
- **Mesh (Malla).**- Es un tipo de conexión de red en donde todos los nodos cumplen las funciones de emisor y receptor de la misma categoría, éstos pueden conectarse con cualquier otro nodo que esté encendido dentro del alcance. Redes de este tipo regularmente se desarrollan en áreas donde muchos usuarios se encuentran situados relativamente cerca uno de otro.
- **MHEG-5.**- Es un estándar completo para TV interactiva y fue desarrollado por el MHEG (*ISO Multimedia and Hypermedia information coding Expert Group*) y el *Digital Audio Video Council*. Tiene el objetivo de dar soporte a la distribución de aplicaciones multimedia interactivas en una arquitectura de tipo cliente/servidor y son transferidas o cargadas en el cliente por etapas, a medida que éste las va necesitando. Está orientado hacia aplicaciones en tiempo real.
- **NLOS (*Non Line of Sight*).**- Los enlaces inalámbricos NLOS no necesitan tener establecida una visibilidad directa, la señal de un transmisor puede pasar por varias obstrucciones antes de llegar a un receptor. Para establecer la comunicación se hace uso de varias técnicas debido a que la señal originada debe superar entornos obstruidos a través de diversos

fenómenos físicos como la transmisión directa, reflexiones, refracciones, difracciones y dispersiones; de esta manera se crean múltiples señales que llegan al receptor en distintos momentos con diferente fuerza.

- **nrtPS (*not real time Polling Service*).**- Servicio de Registro no en Tiempo Real, servicio compuesto por flujos de paquetes de datos de un tamaño variable tolerantes al retardo donde se requiere mantener una velocidad mínima.
- **OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).**- 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 OFDMA. 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.
- **OMS (*Organización Mundial de la Salud*).**- Es el organismo de la ONU especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial.
- **ORAS (*Organismo Andino de Salud*).**- Es un Organismo de integración Subregional perteneciente al Sistema Andino de Integración.
- **Oximetría (*Pulsioximetría*).**- Es un método no invasivo que permite determinar el porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina en sangre de un paciente con ayuda de métodos fotoeléctricos.
- **PACS (*Picture Archiving and Communication System*).**- Se trata de un sistema computarizado para el archivado digital, transmisión y visualización de imágenes médicas.
- **Patología.**- Es la rama de la medicina encargada del estudio de las enfermedades en los humanos.
- **Pixel.**- Es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.
- **PMP (*Punto-Multipunto*).**- Es un tipo de conexión de red que se conforma por una estación base que se comunica con varias estaciones

simultáneamente. Se distinguen dos elementos básicos en este tipo de red: una estación base transmisora y varias estaciones receptoras.

- **PSK (*Phase Shift Keying*).**- Es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos.
- **PTP (*Punto a Punto*).**- Es un tipo de conexión de red que establece el enlace entre dos nodos (transmisor y receptor) generando la comunicación. Una estación base tiene la función de transmisor hacia otra estación y ésta con un tercera, estableciendo comunicaciones en cadena.
- **PTT (*Push to Talk*).**- Es un método para hablar en líneas *half-duplex* de comunicación, apretando un botón para transmitir y liberándolo para recibir.
- **QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*).**- Es una técnica que transporta datos mediante la modulación de la señal portadora, tanto en amplitud como en fase.
- **QoS (*Quality of Service*).**- Son las tecnologías que balancea y prioriza el flujo de datos, asegurando la mejor velocidad posible y previniendo el monopolio del canal de datos.
- **Redes de interés social.**- (reglamento del FODETEL reformado) Son aquellas que pueden ser utilizadas por personas jurídicas de derecho público en beneficio exclusivo de proyectos de interés social y que permiten conectar distintas instalaciones de propiedad estatal o bajo su control, así como de instituciones privadas cuando exista un fin de carácter educativo, de salud o comunitario. Su operación requiere de una autorización otorgada por el CONATEL y en caso de necesitarse frecuencias, de un título habilitante otorgado por el CONATEL o el registro o autorización correspondientes.
- **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.
- **Router.**- Es un dispositivo que proporciona conectividad a nivel de red o nivel tres en el modelo OSI.

- **rtPS (*real time Polling Service*).**- Servicio de Registro en Tiempo Real, servicio compuesto por flujos de paquetes de datos de un tamaño variable emitidos en intervalos periódicos en tiempo real.
- **Servidor.**- Es una aplicación informática que realiza algunas tareas en beneficio de otras aplicaciones llamadas clientes.
- **Sleep Mode.**- Es un modo de operación para control de potencia mediante el cual la estación móvil tiene períodos prenegociados de ausencia de la estación base. Es decir, que son tiempos en el que no existirá tráfico UL y DL entre las estaciones. De esta manera, se minimiza el uso de potencia de la estación móvil y se liberan recursos de la interfaz aire.
- **Streaming.**- Es la distribución de multimedia a través de una red de computadoras de manera que el usuario consume el producto al mismo tiempo que se descarga.
- **Switch.**- Es un dispositivo digital lógico de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI.
- **TDD (*Time Division Duplexing*).**- La duplexación por división de tiempo asigna sobre la misma portadora distintos intervalos de tiempo, que se reparten entre diferentes usuarios.
- **TAC (*Tomografía Axial Computarizada*).**- Es un técnica de imagen médica que utiliza radiación X para obtener cortes o secciones de objetos anatómicos con fines diagnósticos.
- **TIC (*Tecnologías de la Información y la Comunicación*).**- Agrupan los elementos y las técnicas usadas en el tratamiento y la transmisión de la información.
- **UGS (*Unsolicited Grant Service*).**- Servicio Garantizado No Solicitado, servicio compuesto por flujos de paquetes de datos de un tamaño fijo emitidos en intervalos periódicos en tiempo real.
- **UL (*Uplink*).**- En redes inalámbricas expresa la trayectoria de transmisión desde una estación móvil hacia una radio base.
- **UPS (*Uninterruptible Power Supply*).**- Es un dispositivo que gracias a sus baterías u otros elementos almacenadores de energía puede proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado y durante un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados.

- **VBR (*Variable Bit Rate*).**- Es un término usado en telecomunicación que se refiere a la tasa de bits utilizados en la codificación de audio y video.
- **VoIP (*Voice over IP*).**- Es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP.
- **WEP (*Wired Equivalent Privacy*).**- Es el sistema de cifrado incluido en el estándar IEEE 802.11 como protocolo para redes *Wireless* que permite cifrar la información que se transmite.
- **WiMAX Fórum.**- Es una organización sin fines de lucro con el objeto de promover y certificar la interoperabilidad de los productos inalámbricos de banda ancha de conformidad con los estándares IEEE 802.16 y ETSI HiperMAN.
- **WLAN (*Wireless Local Area Network*).**- Sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de éstas.
- **WPA (*Wi-Fi Protected Access*).**- Es un sistema para proteger las redes inalámbricas Wi-Fi.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. M. Vergueles-Blanca, La Telemedicina. Desarrollo, ventajas y dudas. <http://ferran.torres.name/edu/imi/59.pdf>. Fecha de último acceso: 25-04-2013
- [2] A. Kopec Poliszuk y A. J. Salazar Gómez, Aplicaciones de Telecomunicaciones en Salud en la Subregión Andina: Telemedicina, Lima: Organismo Andino de Salud Convenio Hipólito Unanue, 2006.
- [3] Universidad Técnica Particular de Loja, Curso de Formación para el personal de atención primaria en “Telesalud Rural”, Loja: Proyecto Telesalud UTPL Tutupaly, 2012.
- [4] Administración del Señor Ec. Rafael Correa Delgado Presidente Constitucional de la República del Ecuador, Registro Oficial Jueves 15 de Diciembre de 2011-R.O. No. 597. http://www.derechoecuador.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6474:registro-oficial-no-597-jueves-15-de-diciembre-de-2011&catid=360:diciembre&Itemid=604. Fecha de último acceso: 17-05-2013
- [5] INEC, INECpedia. http://www.ecuadorencifras.com:8080/inecpedia/index.php/P%C3%A1gina_Principal. Fecha de último acceso: 20-08-2013
- [6] C. E. Arcila Gómez y M. J. Loaiza Osorio, Diseño de un enlace de telemedicina para el hospital universitario San Juan de Dios del Quindío, Armenia, 2010.
- [7] I. Martínez Ruiz, Contribuciones a Modelos de Tráfico y Control de QoS en los Nuevos Servicios Sanitarios Basados en Telemedicina, Zaragoza: Programa de doctorado Ingeniería Biomédica, Centro Politécnico Superior, Universidad de Zaragoza, 2006.
- [8] Secretaría de Salud-Subsecretaría de Innovación y Calidad, Centro Nacional de Excelencia Tecnología en Salud, México, Lineamientos y Protocolos de

Telemedicina.

- [9] Teledesic, Sistemas de satélites. <http://www.upv.es/satelite/trabajos/pracGrupo17/principal.html>. Fecha de último acceso: 18-03-2013
- [10] Á. E. Yáñez Castellanos, Diseño de una red WiMAX (IEEE 802.16e) que brinde servicios de voz y datos en el sector de Sangolquí, Sangolquí: Facultad de Ingeniería Electrónica, ESPE Sede Sangolquí, 2008.
- [11] C. Vilorio Núñez, J. Cardona Peña y C. Lozano Garzón, Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina, Barranquilla: Dirección de Investigaciones y Proyectos de la Universidad del Norte, 2009.
- [12] WiMAX Forum, Mobile WiMAX-Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation, 2006.
- [13] Wikipedia, Zona de Fresnel. http://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_Fresnel. Fecha de último acceso: 04-11-2013
- [14] <http://www.enruta.me/slides/guifinet#slide1>. Fecha de último acceso: 26-04-2013
- [15] Wikipedia, Ibarra (Ecuador): Organización Política y Territorial de Ibarra. [http://es.wikipedia.org/wiki/Ibarra_\(Ecuador\)#Organizaci.C3.B3n_Pol.C3.ADtica_y_Territorial_de_Ibarra](http://es.wikipedia.org/wiki/Ibarra_(Ecuador)#Organizaci.C3.B3n_Pol.C3.ADtica_y_Territorial_de_Ibarra). Fecha de último acceso: 13-08-2013
- [16] Portal de Gobierno del Ilustre Municipio de San Miguel de Ibarra-Ecuador. <http://www.ibarra.gob.ec/web/>. Fecha de último acceso: 13-08-2013
- [17] Sistema Nacional de Información, Expedientes de Distritos y Circuitos-Infraestructural actual de servicios en el territorio-Centros de salud. <http://app.sni.gob.ec/web/snicontenido>. Fecha de último acceso: 10-11-2013
- [18] Google Inc., *Google Earth*, 2011.

- [19] CONATEL, Norma para la implementación y operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (Resolución-TEL-560-18-CONATEL-2010).
- [20] Alvarion. <http://www.alvarion.com>. Fecha de último acceso: 08-11-2013
- [21] PROXIM. <http://www.proxim.com>. Fecha de último acceso: 08-11-2013
- [22] RuggedCom. <http://www.ruggedcom.com>. Fecha de último acceso: 08-11-2013
- [23] R. C. Coudé, Radio Mobile. <http://www.cplus.org/rmw/english1.html>. Fecha de último acceso: 25-10-2013
- [24] Atenuación en el espacio Libre (Fórmula de Friis) y cálculo de enlaces. <http://asiestriana.files.wordpress.com/2007/10/sistemas-radioterrestresv2.pdf>. Fecha de último acceso: 20-10-2013
- [25] CONATEL, Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones (Resolución No. 452-29-CONATEL-2007).
- [26] CONATEL, Resolución de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico (Registro Oficial No. 242 de 30 de diciembre de 2003).
- [27] A. Fernández y E. Oviedo, Salud Electrónica en América Latina y el Caribe: Avances y Desafíos, Santiago, 2010.
- [28] O. Ferrer Roca, Telemedicina, Madrid: Médica Panamericana, 2001.
- [29] Wikipedia, Telemedicina: Historia de la Telemedicina. http://es.wikipedia.org/wiki/Telemedicina#Historia_de_la_telemedicina. Fecha de último acceso: 25-04-2013
- [30] Junta de Andalucía. Consejería de Salud Servicio Andaluz de Salud, Traslado de Enfermos Críticos Protocolos de Transporte Secundario y Primario, Andalucía: Servicio Andaluz de Salud. Junta de Andalucía Consejería de

Salud, 2000.

- [31] A. d. Enfermería-TCAE-Recursos, Tipos de Ambulancias. http://www.auxiliar-enfermeria.com/ambulancieros_ambulancias.htm. Fecha de último acceso: 13-08-2013
- [32] D. F. Ortiz Morillo, Análisis Comparativo de las Tecnologías Inalámbricas de Banda Ancha para acceso a Internet, HSPA (HIGH SPEED PACKET ACCESS) y WiMAX (802.16e-2005), Quito: EPN, Ingeniería Eléctrica y Telecomunicaciones, 2010.
- [33] Hispasat, Internet por satélite. http://www.hispasat.com/media/Prensa/Folletos/Internet_sat%C3%A9lite.pdf. Fecha de último acceso: 12-03-2013
- [34] E. A. Von Quednow Mancilla, Diseño e Implementación de una Red Inalámbrica de Área Metropolitana Para Distribución de Internet en Medios Suburbanos Utilizando el Protocolo IEEE 802.11B, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2006.
- [35] H. Vera Marín, Niveles de Atención en Salud, Loja: Universidad Técnica Particular de Loja, 2009.
- [36] L. M. Chong Chong, Norma que establece las disposiciones para las especificaciones técnicas del expediente clínico electrónico del Instituto Mexicano del Seguro Social relativo a servicios integrales de laboratorio, IMSS, 2004.
- [37] C. Ávila Montes, E. Barrientos Rojas, T. J. Caballero Múnera y C. Gonzales Cruz, Telemedicina: Ingeniería Biomédica, 2006.
- [38] F. D. Oviedo Salazar y C. G. Quishpe Jacome, Diseño de una red comunitaria utilizando tecnología WiMAX entre el colegio universitario los laboratorios y el campus central de la Universidad Técnica del Norte, Quito: EPN, 2007.

- [39] J. Carnicero y A. Fernández, Manual de Salud Electrónica para directivos de servicios y sistemas de salud, Santiago: Naciones Unidas, 2012.
- [40] J. M. Steller Solórzano, WiMAX Móvil, San José: Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 2006.
- [41] Wikipedia. <http://es.wikipedia.org>. Fecha de último acceso: 10-11-2013
- [42] Wikitel, WiMAX. <http://wikitel.info/wiki/WiMAX>. Fecha de último acceso: 09-04-2013
- [43] Scribd, Ejemplo de entrevista estructurada. <http://es.scribd.com/doc/53566402/Entrevista-estructurada>. Fecha de último acceso: 10-03-2013
- [44] H. Carrión, Redes inalámbricas: explotación de bandas libres; Reflexiones y recomendaciones, Quito: Asociación para el Progreso de las Comunicaciones, 2009.
- [45] Ubiquiti Networks, Productos airMAX. <http://www.ubnt.com/airmax>. Fecha de último acceso: 14-10-2013

ANEXOS

ENTREVISTA DIRIGIDA AL PERSONAL DE LA INSTITUCIÓN

Tema: Sistema de los Servicios de Salud Móvil en la Ciudad de Ibarra

Institución: HOSPITAL SAN VICENTE DE PAULI.

Fecha: 28/3/2013

OBJETIVO:

Conocer el sistema de atención de emergencia y traslado de los pacientes en la Institución con el propósito de desarrollar un método de comunicación que le brinde apoyo a los servicios de salud móvil en la ciudad de Ibarra.

PREGUNTAS:

1. ¿Actualmente cómo se maneja la comunicación entre instituciones de salud de la ciudad de Ibarra?

A TRAVÉS DE LA RED INTEGRAL DE SALUD Y EL
SISTEMA DE REFERENCIA/CONTRAREFERENCIA. VIA.
CORREO ELECTRONICO POR SERVIDOR PROPIO

2. ¿Según usted, cuáles son las deficiencias que existen en la forma de cómo se comunican las instituciones de salud?

NO EXISTE UN MEDIO DIRECTO, APENAS VIA
EMAIL, LO QUE SUPONE VARIAS DESVENTAJAS

3. ¿Qué servicios y especialidades médicas se tienen en esta Institución?

GINECOLOGIA, PEDIATRIA, MED. INTERNA, OBSTETRICIA,
EMERGENCIA, LABORATORIO CLINICO, IMAGENES,
FISIATRIA, AUDIOWSIA., TRAUMATOLOGIA, CIRUGIA.

4. ¿Cuáles son los diferentes procesos que se llevan a cabo actualmente para adquirir la información médica de un paciente en la Institución?

SISTEMA DE ESTADISTICA.

5. ¿Le gustaría que el manejo y la adquisición de la información médica de un paciente fuera automatizada, explique los beneficios que se obtendrían?

SI, SE MEJORARIA EN TIEMPO, EFICIENCIA DEL SERVICIO, INFORMACION REAL.

6. ¿Qué información de un paciente le gustaría que se automatizara?

LA H/C Y LOS DATOS DE ENFERMEDADES PADECIDAS

7. ¿Cuántas ambulancias y de qué tipo dispone esta Institución?

3, DETIADO: 2(1) y 3(1) y 3(1).

8. ¿Cuáles son los casos de emergencia más comunes por las que esta Institución haría el uso de ambulancias?

ACCIDENTES, TRASLADO DE PACIENTES A UNIDADES ESPECIALIZADOS.

9. ¿Con qué frecuencia se utiliza este tipo de traslado de emergencias?

DIARIO, Y A 6 VECES.

10. ¿Qué tipo de información médica del paciente podría ser útil recibir en la ambulancia y/o enviar a las instituciones médicas durante el traslado para los casos de emergencias?

DATOS PERSONALES / EPICRISIS / TRATAMIENTOS / RIESGOS

11. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes por las que esta Institución trasladaría a sus pacientes a otro establecimiento médico?

TRAUMA SEVERO Y GRAVE

12. ¿Con qué frecuencia se utiliza este tipo de traslado entre establecimientos médicos?

EVENTUAL.

13. ¿Qué tipo de información médica del paciente podría ser útil recibir en la ambulancia y/o enviar a las instituciones médicas durante el traslado entre establecimientos médicos?

EPICRISIS MEDICA.

14. ¿Cuántos consultorios móviles y de qué tipo dispone esta Institución?

NO DISPONE.

15. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que atiende cada tipo de consultorio móvil?

16. ¿Qué tipo de información médica del paciente podría ser útil recibir en el consultorio y/o enviar a las instituciones médicas?

17. ¿En dónde son ubicados los consultorios móviles para atender a los pacientes y con qué frecuencia cambian su posición?

ENTREVISTA DIRIGIDA AL PERSONAL DE LA INSTITUCIÓN

Tema: Sistema de los Servicios de Salud Móvil en la Ciudad de Ibarra

Institución: Cruz Roja Ecuatoriana Junta Provincial de Imbabura

Fecha: 2013/03/28

OBJETIVO:

Conocer el sistema de atención de emergencia y traslado de los pacientes en la Institución con el propósito de desarrollar un método de comunicación que le brinde apoyo a los servicios de salud móvil en la ciudad de Ibarra.

PREGUNTAS:

1. ¿Actualmente cómo se maneja la comunicación entre instituciones de salud de la ciudad de Ibarra?

A través de llamadas telefónicas

2. ¿Según usted, cuáles son las deficiencias que existen en la forma de cómo se comunican las instituciones de salud?

La comunicación es lenta a través de las llamadas telefónicas; además el desconocimiento de quienes operan el área de comunicaciones

3. ¿Qué servicios y especialidades médicas se tienen en esta Institución?

* Atención Rehospitalaria	* Odontología
* Banco de Sangre	* Nutrición
* Medicina General	* Laboratorio Clínico Automatizado
* Optometría	* Fisiatría y Terapia Física

4. ¿Cuáles son los diferentes procesos que se llevan a cabo actualmente para adquirir la información médica de un paciente en la Institución?

A través de la Anamnesis Médica, Historia Clínica.

5. ¿Le gustaría que el manejo y la adquisición de la información médica de un paciente fuera automatizada, explique los beneficios que se obtendrían?

Sería de gran ayuda, ya que la sistematización permite un rápido acceso a la información requerida en el momento.

6. ¿Qué información de un paciente le gustaría que se automatizara?

Historia Clínica

7. ¿Cuántas ambulancias y de qué tipo dispone esta Institución?

Existen 2 ambulancias tipo 3, una ambulancia tipo 1 y una modificada para desastres.

8. ¿Cuáles son los casos de emergencia más comunes por las que esta Institución haría el uso de ambulancias?

Emergencias Clínicas.

9. ¿Con qué frecuencia se utiliza este tipo de traslado de emergencias?

Dos de tres emergencias son clínicas.

10. ¿Qué tipo de información médica del paciente podría ser útil recibir en la ambulancia y/o enviar a las instituciones médicas durante el traslado para los casos de emergencias?

Cirugías anteriores, alergias, medicamentos, complicaciones cardíacas anteriores.

11. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes por las que esta Institución trasladaría a sus pacientes a otro establecimiento médico?

Al solo tener las unidades de atención prehospitalaria cada incidente se remite a un hospital de acuerdo a su gravedad

12. ¿Con qué frecuencia se utiliza este tipo de traslado entre establecimientos médicos?

De acuerdo a la gravedad del incidente.

13. ¿Qué tipo de información médica del paciente podría ser útil recibir en la ambulancia y/o enviar a las instituciones médicas durante el traslado entre establecimientos médicos?

Historia clínica

14. ¿Cuántos consultorios móviles y de qué tipo dispone esta Institución?

Ninguno

15. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que atiende cada tipo de consultorio móvil?

No aplica.

16. ¿Qué tipo de información médica del paciente podría ser útil recibir en el consultorio y/o enviar a las instituciones médicas?

No aplica.

17. ¿En dónde son ubicados los consultorios móviles para atender a los pacientes y con qué frecuencia cambian su posición?

No aplica.

ENTREVISTA DIRIGIDA AL PERSONAL DE LA INSTITUCIÓN

Tema: Sistema de los Servicios de Salud Móvil en la Ciudad de Ibarra

Institución: Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos Ibarra

Fecha: 26/03/2013

OBJETIVO:

Conocer el sistema de atención de emergencia y traslado de los pacientes en la Institución con el propósito de desarrollar un método de comunicación que le brinde apoyo a los servicios de salud móvil en la ciudad de Ibarra.

PREGUNTAS:

1. ¿Actualmente cómo se maneja la comunicación entre instituciones de salud de la ciudad de Ibarra?

MEDIANTE RADIO BASE, TELEFONOS CELULAR Y
CONVENCIONAL, DESDE LA CENTRAL CON LOS PROPIETARIOS
DE SALUD PUBLICA Y URGENCIA.

2. ¿Según usted, cuáles son las deficiencias que existen en la forma de cómo se comunican las instituciones de salud?

3. ¿Qué servicios y especialidades médicas se tienen en esta Institución?

SE CUENTA CON ATENCION PREHOSPITALARIA EN
LAS BASES; ATENCION EN SITIO DE ACCIDENTES Y
TRASLADO A CASAS DE SALUD SI LA SITUACION LO
AMERITA

4. ¿Cuáles son los diferentes procesos que se llevan a cabo actualmente para adquirir la información médica de un paciente en la Institución?

MEDIANTE ANAMNESIS Y EXAMEN FÍSICO, DIRECTO DEL PACIENTE

5. ¿Le gustaría que el manejo y la adquisición de la información médica de un paciente fuera automatizada, explique los beneficios que se obtendrían?

PODRIAN SUPLENIRSE, SE INFORMARÍA MÁS RÁPIDO Y PRECISO

6. ¿Qué información de un paciente le gustaría que se automatizara?

HISTORIA CLÍNICA

7. ¿Cuántas ambulancias y de qué tipo dispone esta Institución?

TENEMOS 11 AMBULANCIAS AL MOMENTO

8. ¿Cuáles son los casos de emergencia más comunes por los que esta Institución haría el uso de ambulancias?

ATENCIÓN PREHOSPITALARIA EN EL LUGAR DE ACCIDENTES Y TRASLADO A CENTROS MÉDICOS

9. ¿Con qué frecuencia se utiliza este tipo de traslado de emergencias?

APROXIMADAMENTE 15 A 20 VECES DIARIAS

10. ¿Qué tipo de información médica del paciente podría ser útil recibir en la ambulancia y/o enviar a las instituciones médicas durante el traslado para los casos de emergencias?

DATOS DE HISTORIA CLÍNICA MÉDICA

11. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes por las que esta Institución trasladaría a sus pacientes a otro establecimiento médico?

12. ¿Con qué frecuencia se utiliza este tipo de traslado entre establecimientos médicos?

13. ¿Qué tipo de información médica del paciente podría ser útil recibir en la ambulancia y/o enviar a las instituciones médicas durante el traslado entre establecimientos médicos?

14. ¿Cuántos consultorios móviles y de qué tipo dispone esta Institución?

15. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que atiende cada tipo de consultorio móvil?

16. ¿Qué tipo de información médica del paciente podría ser útil recibir en el consultorio y/o enviar a las instituciones médicas?

17. ¿En dónde son ubicados los consultorios móviles para atender a los pacientes y con qué frecuencia cambian su posición?

5GHz AirMax 2x2 MIMO BaseStation Sector Antennas

Revolutionary, Cost/Performance Breakthrough Carrier Class MIMO BaseStation Antennas



AirMax Sector 5G-20-90
Hi-gain 20dBi, 90deg.



AirMax Sector 5G-19-120
Hi-Gain 19dBi, 120deg.



AirMax Sector 5G-17-90
Mid-Gain 17dBi, 90deg



AirMax Sector 5G-16-120
Mid-Gain 16dBi, 120 deg.



AirMax 5GHz Carrier Class Sector 2x2 MIMO Antennas TECHNICAL SPECIFICATIONS

Hi-Gain Airmax Sector 5G-90-20 Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	Y-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	H-Pol Elevation
	Frequency Range 5.15-5.85 GHz Gain 19.4 dBi Polarization Dual Linear Beamwidth (3dB) 28dB min. Beamwidth (10dB) 1.8° Input Impedance (nom) 50 Ohm Output Impedance (nom) 95 Ohm Operating Temperature -40 deg. Storage Temperature -20 deg. Weight 68.30g (2.41oz) Dimensions 206x145x103 mm 8.13x5.71x4.09 in.					
Hi-Gain Airmax Sector 5G-120-19 Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	Y-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	H-Pol Elevation
	Frequency Range 5.15-5.85 GHz Gain 18.4 dBi Polarization Dual Linear Beamwidth (3dB) 35dB min. Beamwidth (10dB) 1.8° Input Impedance (nom) 50 Ohm Output Impedance (nom) 133 Ohm Operating Temperature -40 deg. Storage Temperature -20 deg. Weight 105.25g (3.72oz) Dimensions 252x152x79 mm 9.92x5.98x3.11 in.					
Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17 Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	Y-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	H-Pol Elevation
	Frequency Range 4.90-5.85 GHz Gain 18.1 dBi Polarization Dual Linear Beamwidth (3dB) 25dB min. Beamwidth (10dB) 1.5° Input Impedance (nom) 50 Ohm Output Impedance (nom) 93 Ohm Operating Temperature -40 deg. Storage Temperature -20 deg. Weight 67.95g (2.39oz) Dimensions 207x134x103 mm 8.15x5.28x4.05 in.					
Mid-Gain Airmax Sector 5G-120-16 Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	Y-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	H-Pol Elevation
	Frequency Range 5.10-5.85 GHz Gain 15.0 dBi Polarization Dual Linear Beamwidth (3dB) 25dB min. Beamwidth (10dB) 1.5° Input Impedance (nom) 50 Ohm Output Impedance (nom) 138 Ohm Operating Temperature -40 deg. Storage Temperature -20 deg. Weight 107.20g (3.79oz) Dimensions 252x152x103 mm 9.92x5.98x4.05 in.					

airMAX Omni
Dat sheet



airMAX™ Omni

Next-Gen 2x2 Dual Polarity MIMO Omni Antenna

Models: AMO-2G10, AMO-2G13, AMO-3G12, AMO-5G10, AMO-5G13

High Performance, Long Range

Seamlessly Integrates with RocketM

360° Coverage



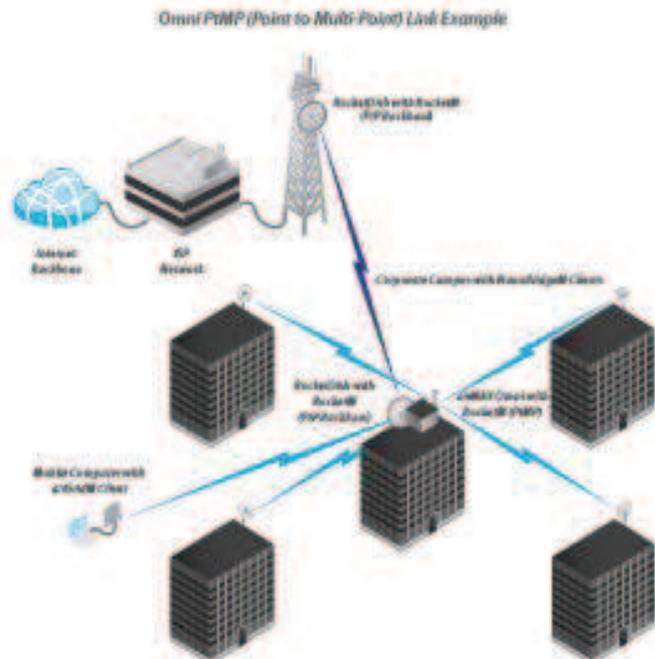
Overview

Omnidirectional Coverage

airMAX Omni is a Carrier Class 2x2 Dual Polarity MIMO Omnidirectional Antenna that was designed to seamlessly integrate with RocketM radios (RocketM sold separately).

Pair the RocketM's radio with the airMAX Omni's reach to create a powerful 360° omnidirectional base station. This seamless integration gives network architects unparalleled flexibility and convenience.

On the right is one example of how airMAX Omni can be deployed:



airMAX Omni antennas provide wide 360° coverage and utilize airMAX technology to produce carrier-class performance and power.

Utilize airMAX Technology*

Unlike standard Wi-Fi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) airMAX protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

This "time slot" method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency. It provides many magnitudes of performance improvements in latency, throughput, and scalability compared to all other outdoor systems in its class.

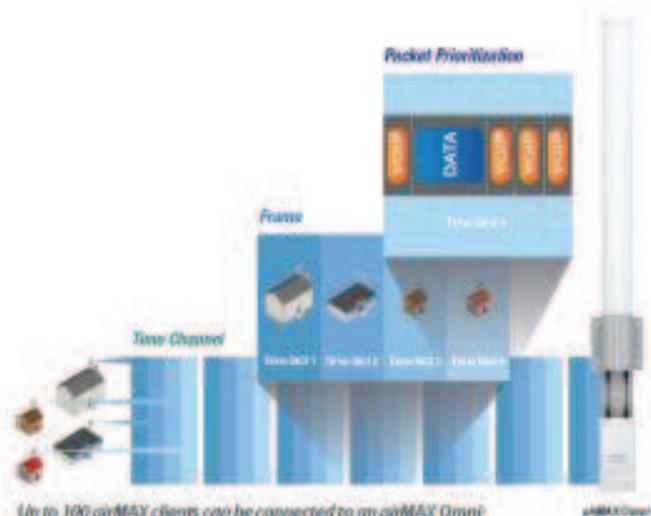
Intelligent QoS Priority is given to voice/video for seamless streaming.

Scalability High capacity and scalability.

Long Distance Capable of high-speed, carrier-class links.

Latency Multiple features dramatically reduce noise.

* When Omni is paired with RocketM



Models

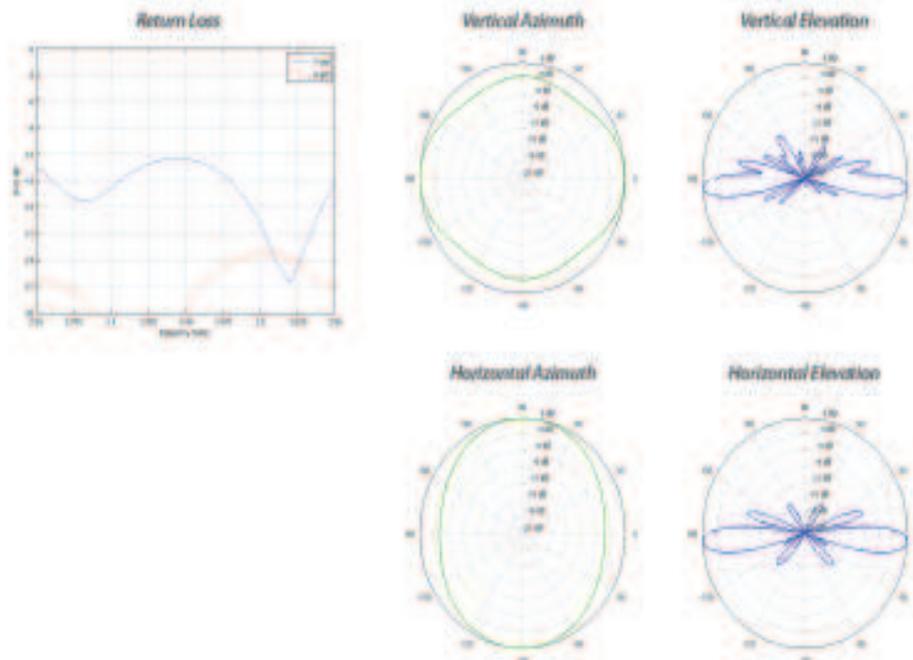


Specifications

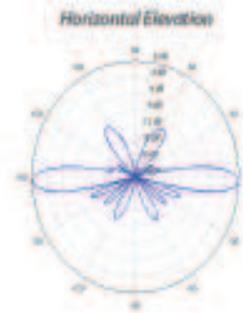
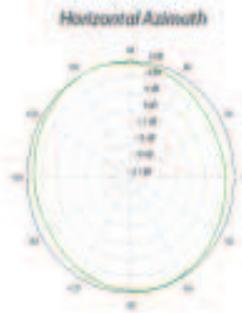
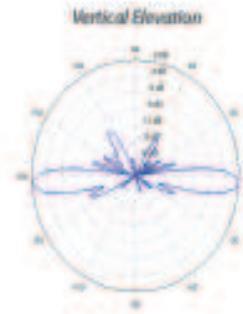
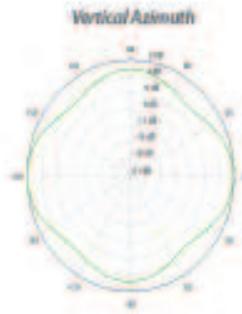
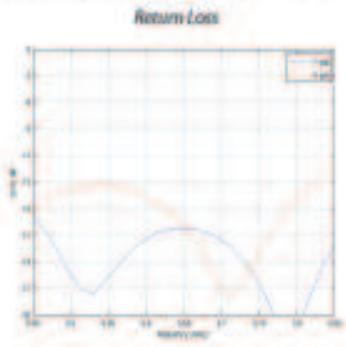
Antenna Characteristics					
Model	AMO-2G10	AMO-2G13	AMO-3G12	AMO-5G10	AMO-5G13
Dimensions* (mm)	1030 X 122 X 84	1390 X 122 X 105	1012 X 122 X 105	582 X 90 X 65	799 X 90 X 65
Weight*	2.1 kg	2.4 kg	2.05 kg	0.68 kg	0.82 kg
Frequency Range	2.35 - 2.55 GHz	2.35 - 2.55 GHz	3.4 - 3.7 GHz	5.45 - 5.85 GHz	5.45 - 5.85 GHz*
Gain	10 dBi	13 dBi	12 dBi	10 dBi	13 dBi
Elevation Beamwidth	12°	7°	8°	12°	7°
Max VSWR	1.7:1	1.7:1	1.6:1	1.6:1	1.5:1
Downtilt	4°	2°	4°	4°	2°
Wind Survivability	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph
Wind Loading	14 lb @ 100 mph	16 lb @ 100 mph	16 lb @ 100 mph	10 lb @ 100 mph	12 lb @ 100 mph
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	25 dB min.	25 dB min.	25 dB min.	25 dB min.	25 dB min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included				

* Dimensions and weight include pole mount and include RocketM (RocketM sold separately)

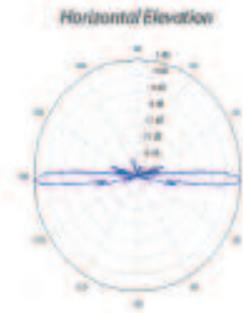
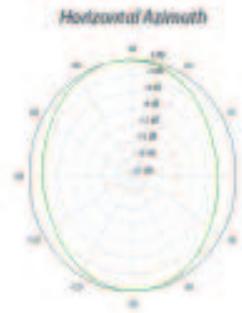
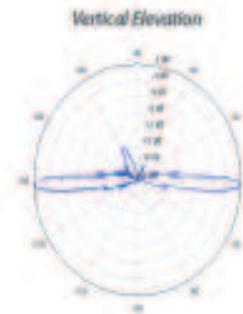
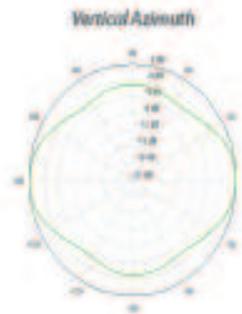
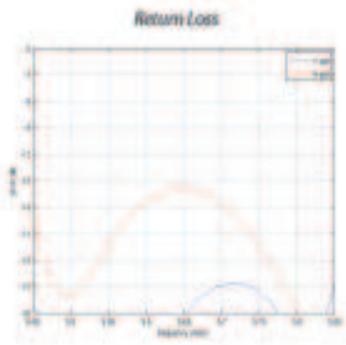
AMO-2G10 Antenna Information



AMO-5G10 Antenna Information



AMO-5G13 Antenna Information



**WIMAX™ 16e
for the license-
exempt market**



BreezeMAX® Extreme 5000

WIMAX 16e for the License-exempt Market

BreezeMAX Extreme 5000 is part of the carrier-class, field-proven BreezeMAX product family and brings WIMAX 16e technology to the 5 GHz license-exempt market. This base station is designed for use in both data-intensive applications such as Internet access as well as high-capacity, mission-critical applications such as video surveillance, transportation management and real-time and nomadic services. BreezeMAX Extreme is ideally suited for smart cities, education, public safety, smart utilities, oil & gas, enterprises and wireless Internet service providers (WISPs).

BreezeMAX Extreme 5000 Advantages

- WIMAX 16e QoS for license-exempt frequencies
- Advanced interference mitigation techniques for leading performance and reliability
- MIMO A/B support for increased coverage and capacity
- Reliable video transmission and inherent multicast support
- Compact all-outdoor, easily installed single unit
- Secure connectivity with embedded encryption mechanisms
- Reliable and ruggedized infrastructure for extreme outdoor conditions
- Fast ROI with reduced TCO by utilizing an all-in-one, single platform with ASN gateway and dual sector support
- Mobile, portable and fixed services



Main Features and Highlights

Carrier-class WIMAX 1Ge Solution for the 5 GHz License-exempt Market

BreezeMAX Extreme 5000 brings carrier-class, standardized technology to the license-exempt market providing WIMAX Quality of Service (QoS) and enhanced coverage and capacity. BreezeMAX Extreme 5000 is designed to support Interoperability and certification and complies with WIMAX Forum® guidelines, enabling ecosystems to benefit from WIMAX 1Ge economy-of-scale.

All-in-One, All Outdoor Solution for Profitable Up & Go Services

The compact design of BreezeMAX Extreme 5000 enables reduced CAPEX and OPEX for low total cost of ownership (TCO) and accelerated ROI. This all-in-one solution integrates the base station, antenna, ASN gateway and GPS receiver to provide an all outdoor solution that is easy to deploy on communication towers, rooftops and street poles.

Leverage WIMAX QoS for Enhanced and Swift Delivery of Triple Play Services

Featuring inherent WIMAX QoS, BreezeMAX Extreme 5000 enables simultaneous support of multiple applications using service differentiation for real-time triple play (voice, video and data) and non real-time applications.

Markets

 WISP / Rural Broadband

 Public Safety & Security

 Smart Cities

 Transportation

 Oil & Gas

 Mining

 Ports

 Corporate

 Smart Utilities

Support Anytime, Anywhere Services

BreezeMAX Extreme offers MIMO, advanced antenna systems and air protocols to ensure reliable and resilient connections even in non line-of-site (NLOS) conditions. A variety of features support the system's network-level integrity, including encryption, authentication, extensive security and networking rules and AAA redundancy with failover.

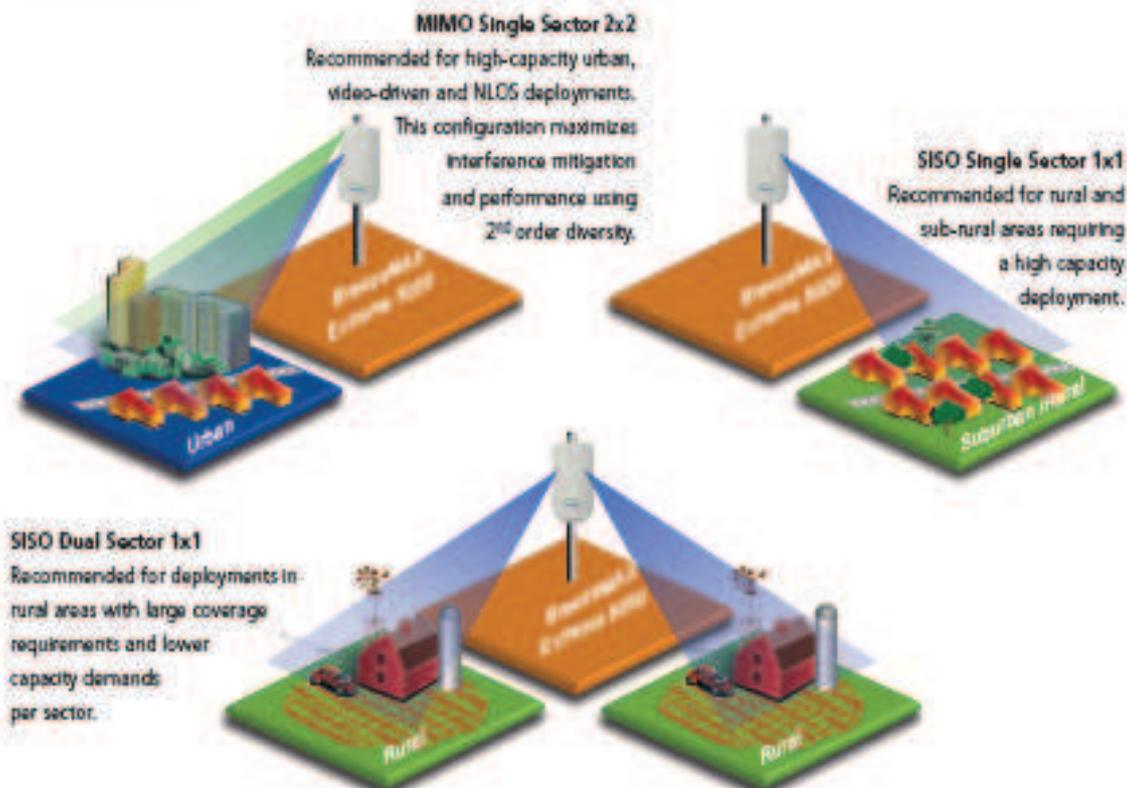
Powerful Interference Mitigation Techniques for Overcoming Obstacles

BreezeMAX Extreme 5000 supports MIMO, providing STC and MRC advanced antenna techniques in both the base station and end-user devices. Designed with state-of-the-art OFDMA and error correction coding techniques (leveraging 16e PHY) as well as an integrated spectrum analyzer, DFS and dynamic channel selection, BreezeMAX Extreme 5000 offers best Non-Line-of-Sight (NLOS) and interference resilience.

Efficient Delivery of Broadband Applications to Any Environment

BreezeMAX Extreme 5000 supports unmatched sector capacity coverage and deployment variety for enhanced implementation of fixed, nomadic and mobile applications in rural and urban deployments.

BreezeMAX Extreme 5000 Models



Headquarters

International Corporate HQ
Tel: +973 3665 6262
Email: corporate-sales@alvarion.com
North America HQ
Tel: +1 430 214 2100
Email: northam-sales@alvarion.com

Sales Contacts

Australia:
au-sales@alvarion.com
Asia Pacific:
ap-sales@alvarion.com
Brazil:
brasil-sales@alvarion.com
Canada:
canada-sales@alvarion.com
Caribbean:
caribbean-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:
it-sales@alvarion.com
Israel:
isr-sales@alvarion.com
Japan:
jp-sales@alvarion.com
Latin America:
la-sales@alvarion.com
Madrid:
madrid-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:
ru-sales@alvarion.com
Singapore:
singapore-sales@alvarion.com
South Africa:
af-sales@alvarion.com
Spain:
spain-sales@alvarion.com
U.S.:
us-sales@alvarion.com
Uruguay:
uruguay-sales@alvarion.com

For the latest contact information
in your area, please visit:
www.alvarion.com/contact/location

Specifications

Radio & Network

Unit type	All outdoor base station	
Configuration options	Single sector MIMO – integrated / external antenna Single sector SISO – integrated / external antenna Dual sector SISO – external antenna	
Frequency	Base station	CPE
	4900-5350 MHz	4900-5950 MHz
	5470-5950 MHz	
Channel bandwidth	5 MHz, 10 MHz, 200 MHz	5 MHz, 10 MHz
Number of channels	MIMO: 2Tx, 2Rx SISO: 1Tx, 1Rx	2Tx, 1Tx
Radio access method	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)	
Operational mode	TDD	
Carrier frequency resolution	2.5 MHz (for 5 MHz channel); 5 MHz (for 10,200 MHz channel)	
FFT size	512/1024	
Supported modulation	QPSK, 16Q, 64Q – Rpt QAM16 1/2, 3/4 QAM64 2/3, 3/4, 5/6 HARQ, CTC, compressed DL/UL Maps	
Air link optimization support	2x2, MIMO Matrix A, MFC, MIMO Matrix B	
Diversity		

Transmit Power

Transmit power	Base Station 0-21 dBm, 1dB resolution	CPE QAM16: 18 dBm QAM16: 20 dBm QPSK: 21 dBm ATPC of 20 dB, 1 dB resolution 16 dB
Integrated antenna gain	14.5 dB	

Security

Authentication	Controlled over RADIUS, NO chap v2 EAP-TTLS over IPsec-DMZ
Data encryption	AES-WMMAX 128

Interface

Network	IEEE 802.3/10/100/1000
Standard compliance	10/100 Mbps, full/duplex with auto negotiation
Data interface	In: PoE 155V DC In: 48V DC Out: PoE (55V DC) feeding backhaul CPE
Power	Antenna (TNC), weather integrated in unit
GPS	GPS chaining support

Mechanical

Dimensions (H x D x W)	Base Station 51 x 28 x 14.7 cm	CPE 23 x 25 x 6.3 cm
Weight:		
Extreme 5000 unit	11 kg	7 kg
Mounting kit	5 kg	

Environmental

Operating temperature	-40°C to 55°C
Operating humidity	5% - 95% non condensing, weather-protected

Standard Compliance

EMC	ETSI EN 301 488-1, FCC part 15
Safety	CE EN 60950-1/22, UL 60950-1/22
Environmental	ETSI 300 019 part 2-1, 2-2, 2-4, IP67
Radio	ETSI EN 302 326, ETSI EN 301 390 ETSI EN 301 883, ETSI EN 302 550 FCC part 15.247, FCC part 15.407, RSS-111, RSS-210 ETSI 300 019-2-4 Class 14.12 (ICC-60066-2-56)
Humidity	ROHS
Regulatory compliance	

† Not available in North America

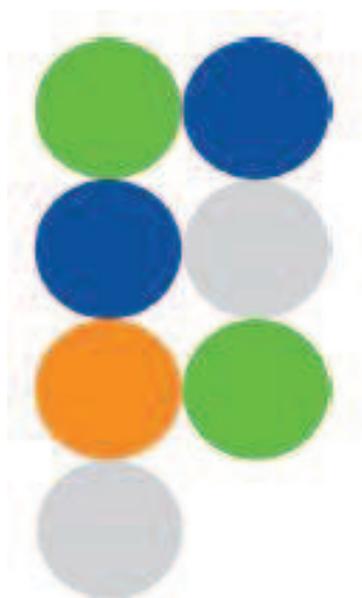


© Copyright 2011 Alvarion Ltd. All rights reserved.
All trademarks, logos and all other intellectual property
rights are the property of their respective owners. All other
rights reserved. The entire content is subject to change
without further notice.
The services, information and product depicted are available
under terms of license and subject to Alvarion's General
Terms and Conditions which are also available at
www.alvarion.com

About Alvarion

Alvarion Ltd. (NASDAQ:ALVR) provides optimized wireless broadband solutions addressing the connectivity, capacity and coverage challenges of telecom operators, smart cities, security, and enterprise customers. Our innovative solutions are based on multiple technologies across licensed and unlicensed spectrums.

www.alvarion.com



Vehicular Subscriber Unit Technical Specification

VSU 2500

VSU 3500

VSU 3600

VSU 5000



Alvarion Ltd. All rights reserved.

The material contained herein is proprietary, privileged, and confidential. No disclosure thereof shall be made to third parties without the express written permission of Alvarion. Alvarion reserves the right to alter the specifications in this publication without prior notice.

September 2011



Technical Specification

Contents

Contents

System Interoperability	3
Radio & Modem.....	3
Security	4
Configuration and Management	4
Data Communications and Services.....	5
Interfaces	5
Mechanical.....	6
Electrical.....	6
Environmental.....	6
Standard Compliance	7
Materials.....	7



System Interoperability

The Vehicular Subscriber (VSU) various models has the following infrastructure interoperability

Model	System Interoperability	
	BreezeMAX 4Motion	BreezeMAX Extreme
VSU 2500	+	
VSU 3500	+	
VSU 3600	+	+
VSU 5000		+

Radio & Modem

Item	Details			
General				
	VSU-2500	VSU-3500	VSU-3600	VSU-5000
Frequency (GHz)	2.496 - 2.690	3.3 - 3.6	3.6 - 3.8	4.9 - 5.9
Channel Bandwidth (MHz)	5/ 10	5/ 7/ 10	5/ 7/ 10	5/ 10
Channel Step Size	125 KHz			
Synchronization	Referenced to the WIMAX BTS Timing Module			
Frequency Accuracy	MRCT Compliant			
Radio access method	IEEE 802.16e -2006 (16e-OFDMA)			
Air link optimization support	HARQ, CIC, compressed DL / UL Maps			
Standards compliance	IEEE 802.16e and Standard for Conformance to IEEE Standard (Radio Compliance Test) Wave1/ Wave2			
TDD Duty Cycle (Tx/Rx)	Rx up to 75%, Tx up to 50%			
Number of channels	1 Tx, 2 Rx			
Diversity	2x1, MIMO Matrix A, MRC, MIMO Matrix B			
Regulatory Compliance	Comply with major regional regulatory requirements			
Frame duration	5 msec			
FFT size (Fast Fourier Transform)	512/1024			
Supported Modulation	QPSK 1/2, 3/4 + Rep QAM16 1/2, 3/4 QAM64 2/3, 3/4, 5/6			
Authentication	Centralized over RADIUS, EAP-TTLS, PKMv2, MSCHAP authentication, over RFC-2805			
Data encryption	AES 128 per WIMAX 16e			



Technical Specification

Security

Item	Details			
RF Transmitter Specifications				
	VSU-2500	VSU-3500	VSU-3600	VSU-5000
Maximum output power ¹	QAM64: 24 dBm QAM16: 27 dBm QPSK: 27 dBm			QAM64: 18 dBm QAM16: 20 dBm QPSK: 21 dBm ATPC of 20 dB, 1 dB resolution
Transmit Power Control Relative Accuracy	mRCT compliant			
Transmit and Receive Switching Gap	50µs			
RF Receiver Specifications				
Impedance	50 ohms nominal			
Input return loss	10 dB			
RX Sensitivity	Typical 3dB better than mRCT in SISO mode, and 6 dB better in MRC or MIMO mode.			
Adjacent Channel Rejection	Meet mRCT requirement (Typical 3 dB better)			
Non-Adjacent Channel Rejection	Meet mRCT requirement (Typical 3 dB better)			

Security

Item	Details
Authentication	Centralized over RADIUS, EAP-TTLS, PKMv2, MSCHAP
Data encryption	AES 128 per WIMAX 1Ge

Configuration and Management

Item	Details
Management Options	<ul style="list-style-type: none"> ■ Web based (HTTP) ■ TR-069
Management access	From Wired LAN, Wireless Link
Management access protection	Access password
Allocation of IP parameters	DHCP, option 43, 60, or Static (in Eth. CS)
Software upgrade	HTTP/FTP, controlled by TR069 or web (HTTP is common and mostly recommended)
Configuration Upload/Download	HTTP/FTP, controlled by TR069 or web (HTTP is common and mostly recommended)

¹ Max Tx power may be lower to comply with local regulation (e.g. for FCC/ETSI)

Data Communications and Services

Item	Details
LAN interface	IEEE 802.3, 802.1Q, 802.1P IP CS bridge mode with transparent DHCP traffic Selective Proxy ARP
Air interface	IEEE 802.16e IP CS with traffic classifier DSCP. Eth. CS with traffic classifiers of DSCP, PPPoE, VLAN ID (802.1q), VLAN priority (802.1p)
Networking	VLAN tagging Multi-host

Interfaces

Connector/LED	Details
ETHERNET	10/100 Base-T (RJ-45). Cable connection to a PC: Straight cable. Connection to a hub: Crossed Speed: 10/100 Mbps, half/full duplex with auto negotiation
10+DC IN	3 pin AC power plug
Antenna connectors	2xANT, N-Type jack, 50 Ohm, lightning protected ANT1- Tx/Rx, ANT2 - Rx
Power LED	Power indicator
Ethernet LED	Ethernet indicator (for VSU 5000 only)
Network Standard Compliance	IEEE 802.3 CSMA/CD





Technical Specification

Mechanical

Mechanical

Item	Details
Dimensions	12.63 x 9.72 x 2.87 in. (321 x 247 x 73 mm)
Weight	3 kg
Mounting	Wall/surface mounting, pole mount

Electrical

Item	Details
Power Consumption	18W
Power Input	12-28 VDC (2.0A) Molex automotive connector, inline fuse in the DC cable
Power Feed Tolerance	Automatic shut down when: Input is less than 9VDC Input is higher than 36VDC Reverse Polarity Protection
Fuse	Autofuse@Blade Fuse (ATO 3), 3A, 32V, Fast acting
MTBF	200,000 hrs, @ 25°C Calculated Per Bellcore SR332

Environmental

Item	Details
Operating Temperature	-35°C to 55°C
Storage Temperature	-40°C to 70°C
Humidity	5% - 95%, non-condensing
Water Resistance	IP-67
Random Vibrations	IEC 68-2-64
Shock	IEC 68-2-29
Salt Fog	IEC 68-2-11
Ice Loading	25mm radial ice density 74N/m ³
Solar Radiation	IEC-68-2-5, MIL-STD-810D
Wind Speed	160Km/hr



Technical Specification

Standard Compliance

Standard Compliance

Type	Standard																
Radio	<table border="1"> <tr> <td>VSU 2500</td> <td>VSU 3500</td> <td>VSU 3600</td> <td>VSU 5000</td> </tr> <tr> <td>EN 302 544-2</td> <td>EN 302 326</td> <td>EN 302 326</td> <td>ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502</td> </tr> <tr> <td>FCC p 77</td> <td>RSS-192</td> <td>FCC Part 90</td> <td>FCC part 15.247</td> </tr> <tr> <td>RSS-193</td> <td></td> <td>RSS-197</td> <td>FCC part 15.407, FCC part 90 RSS-111, RSS-310</td> </tr> </table>	VSU 2500	VSU 3500	VSU 3600	VSU 5000	EN 302 544-2	EN 302 326	EN 302 326	ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502	FCC p 77	RSS-192	FCC Part 90	FCC part 15.247	RSS-193		RSS-197	FCC part 15.407, FCC part 90 RSS-111, RSS-310
VSU 2500	VSU 3500	VSU 3600	VSU 5000														
EN 302 544-2	EN 302 326	EN 302 326	ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502														
FCC p 77	RSS-192	FCC Part 90	FCC part 15.247														
RSS-193		RSS-197	FCC part 15.407, FCC part 90 RSS-111, RSS-310														
EMC	ETSI EN 301 489-1/4 FCC part 15B Class B																
Safety	EN 60950-1/22, UL 60950 -1/22																
Shock & Vibration	ETSI EN 300 019-2-5 (SM3) Complies with MIL-STD-810D																
Environmental	ETS 300 019 part 2-1, 2-2, 2-4																

Materials

The equipment materials comply with RoHS and WEEE directives to be compatible with lead free requirements.

- RoHS - Per directive 2002/95/EC of the European Parliament and the council of 27 Jan. 2003 regarding the Restrictions Of use certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment.
- WEEE - Per directive 2002/96/EC of the European Parliament and the council of 27 Jan. 2003 on Waste Electrical and Electronic Equipment.



BreezeMAX Extreme

CPE

PRO 5000

Technical Specification

Version 1.4

Alvarion Ltd. All rights reserved.

The material contained herein is proprietary, privileged, and confidential. No disclosure thereof shall be made to third parties without the express written permission of Alvarion. Alvarion reserves the right to alter the specifications in this publication without prior notice.

Alvarion.

21a HaBarzel St. Tel Aviv, 69710 Israel

Main Line / Fax: + 972 3 645 6262 / 6222

www.alvarion.com



Radio & Modem	3
Configuration and Management	4
Data Communications and services	4
Electrical	4
Interfaces	5
Mechanical	5
Indoor Unit	5
Outdoor Unit	5
Environmental	6
Indoor Unit	6
Outdoor Unit	6
Standard Compliance	7



Radio & Modem

Parameter	Value
WiMAX certification	WiMAX Forum 802.16e Wave 2 ready
Frequency	4900-5950GHz
Radio Access Method	Scheduled
Channel bandwidth (software selectable)	5Mhz 10Mhz
Duplexing Technologies	TDD
Antenna	Integral dual polarization antenna, 16dBi, 15°AZ x 15°EL
Modulation Techniques	<ul style="list-style-type: none"> • Scalable OFDMA (512/1024 FFT) employing Time-Division Duplex (TDD) mechanism • PRBS subcarrier randomization • Contains pilot, preamble, and ranging modulation
FEC Coding Rates	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Radio Technology	Single Tx, Double Rx Downlink Rx methods: MIMO Matrix A, MRC, SISO
Maximum Output Power ¹ (At antenna port)	64QAM: 18dBm 16QAM: 20dBm QPSK: 21dBm
ATPC range	-20dBm to maximum

¹ Maximum Transmitted Power in use may vary based on country code



Configuration and Management

Management Options	<ul style="list-style-type: none"> • Web based (HTTP/HTTPS) • TR-069 • TFTP
Management access	From Wired LAN, Wireless Link
Management access protection	Access password
Allocation of IP parameters	<ul style="list-style-type: none"> • LAN – configurable • WAN – DHCP, option 43, 60
Software upgrade	HTTP/TFTP, controls by TR069
Configuration Upload/Download	HTTP/TFTP, controls by TR069 or web

Data Communications and services

LAN interface	IEEE 802.3, 802.1Q, 802.1P IP CS bridge mode with transparent DHCP traffic Selective Proxy ARP
Air Interface	IEEE 802.16e IP CS with traffic classifier DSCP, Eth. CS (future release)

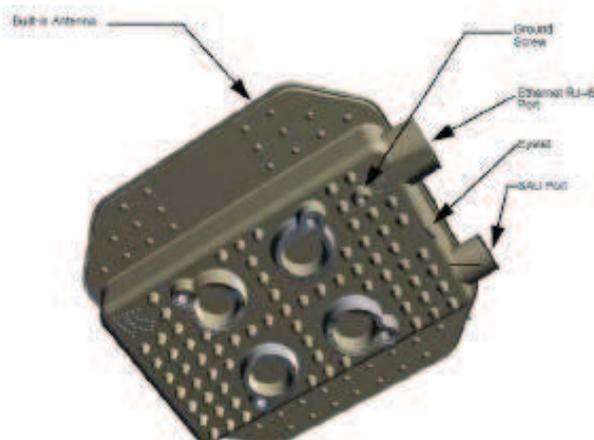
Electrical

AC power supply	Input: 100-240 VAC, 50-60 Hz, maximum power consumption 0.5A, Output: 55VDC, maximum power consumption 1A Power consumption with 70% duty-cycle 4.5W
MTBF	200,000 hrs for indoor and outdoor, GB 25°C Calculated Per Bellcore SR332



Interfaces

Ethernet Port	RJ-45 PoE
SAU Port	Mini USB connector with proprietary protocol



Mechanical

Indoor Unit

Dimensions	156mm (L) X 60mm (W) X 33mm (T)
Weight	0.32 Kg
Mounting	Desktop
Cabling	PoE cable connection

Outdoor Unit

Dimensions	230mm (H) X 230mm (W) X 63 (T) mm
Weight	2 Kg
Mounting	Pole-Mount
Cabling	Category 5 cable connection

Alvarion.
 21a HaBarzel St. Tel Aviv, 69710 Israel
 Main Line / Fax: + 972 3 645 6262 / 6222
www.alvarion.com



Environmental

Indoor Unit

Operating Temperature	-5°C to 45°C
Storage Temperature	-40°C to 70°C
Humidity	Maximum 95%, non condensing

Outdoor Unit

Operating Temperature	-40°C to 55°C
Storage Temperature	-40°C to 70°C
Humidity	Maximum 95%, non condensing
Rain	IEC 67
Random Vibrations	IEC 68-2-64
Shock	IEC-68-2-29
Salt Fog	IEC-68-2-11
Ice Loading	25mm radial ice density 7kN/m ³
Solar Radiation	IEC-68-2-5, MIL-STD-810D
Wind Speed	160Km/Hr required for antenna stability under operation



Standard Compliance

Type	Standard
EMC	FCC part 15B Class B EN 55022 Class B ETSI EN 301 489-1/4
Safety	IEC/EN 60950-1/-22 UL 609501-1/-22
Standards	EN 302 326 EN 301 893 v1.5.1 FCC p.27
Environmental	ETS 300 019 part 2-1,2-2,,2-4 IP67
Radio Signal	IEEE 802.16e-2005 WAVE 1 and WAVE 2 IEEE 802.3-2005 10BASE-T and 100BASE-TX FCC-06-96A1
Regulatory compliance	ROHS, WEEE