



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

TÍTULO

“DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA DE
TELECOMUNICACIONES PARA BRINDAR SERVICIOS DE
TELEMEDICINA EN LAS UNIDADES DE SALUD PÚBLICA DEL
CANTÓN ARENILLAS.”

“Tesis de grado previo a optar por el
título de Ingeniero en Electrónica y
Telecomunicaciones”

Autor:

DENIS ALEXANDER CUEVA ROJAS

Director:

ING. JUAN MANUEL GALINDO VERA, MG. SC

LOJA – ECUADOR

2015



CERTIFICACIÓN

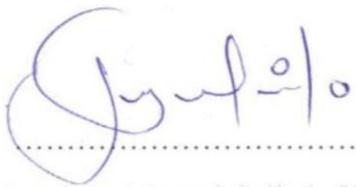
Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado en su proceso de investigación cuyo tema versa en, “**DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA DE TELECOMUNICACIONES PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEMEDICINA EN LAS UNIDADES DE SALUD PUBLICA DEL CANTÓN ARENILLAS.**”, previa a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, realizado por el señor: **Denis Alexander Cueva Rojas**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 27 de Julio del 2015.



Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **DENIS ALEXANDER CUEVA ROJAS**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula: 0705877611

Fecha: Loja, 14 de Diciembre de 2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **DENIS ALEXANDER CUEVA ROJAS**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA DE TELECOMUNICACIONES PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEMEDICINA EN LAS UNIDADES DE SALUD PUBLICA DEL CANTÓN ARENILLAS.”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 27 días del mes de julio del dos mil quince, firma el autor.

Firma:



Autor: Denis Alexander Cueva Rojas

Cédula: 0705877611

Dirección: Loja, Ciudadela Los Ciprés.

Correo Electrónico: bscalex_92@live.com

Teléfono: 2-908591 **Celular:** 0982895891

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc

Tribunal de Grado: Ing. Benjamín Andrés Pusay Villaroel, Mg. Sc.

Ing. Mario Alberto Espinoza Tituana, Mg. Sc.

Ing. Jhon Jossimar Tucker Yépez, Mg. Sc.

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis va dedicado a mis padres Laura Marina Rojas Cabrera y Rommel Felipe Cueva Cún; por todo su apoyo incondicional durante mi vida de estudiante. Para ellos con mucho amor.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme, guiarme, cuidarme y brindarme sabiduría durante la realización de mis sueños.

A mis padres que me han brindado su apoyo, cariño y confianza, lo que ha permitido poder prepararme y llegar a mi meta.

A mis hermanos que siempre me han estado apoyando en los momentos cuando más los necesite.

A todos los docentes de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, quienes con paciencia y sabiduría supieron compartir su conocimiento y enseñanzas. A mi director de tesis por su preocupación y guía en la realización de mi proyecto de tesis y por sus importantes consejos.

A mis compañeros y amigos, ya que fueron parte significativa a lo largo de mi vida universitaria, con quienes compartí días de estudio, gratas experiencias y un apoyo recíproco en todo momento.

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
TABLA DE CONTENIDOS.....	vii
NOMENCLATURA	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN	2
2.1 SUMMARY	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 LA TELEMEDICINA.....	5
4.1.1 Breve Historia de la Telemedicina.	5
4.1.2 Beneficios e Inconvenientes de la Telemedicina.....	6
4.1.3 Servicios de la Telemedicina.....	7
4.1.4 Clasificación de los servicios telemédicos por tipo de servicio.	7
4.1.4.1 Teleconsulta.	8
4.1.4.2 Teleeducación.....	8
4.1.4.3 Telediagnóstico.	9
4.1.4.4 Telecardiología.....	9
4.1.4.5 Teledermatología.....	9
4.1.4.6 Telepatología.....	9

4.1.4.7	Telecirugía.....	9
4.1.4.8	Clasificación de los servicios telemédicos en el tiempo.	10
4.1.5	Telemedicina en Latinoamérica.....	10
4.1.6	Telemedicina en Argentina.....	11
4.1.7	Telemedicina en Chile.....	11
4.1.8	Telemedicina en Colombia.....	12
4.1.9	Telemedicina en Venezuela.....	12
4.1.10	Telemedicina en Perú.	13
4.1.11	Telemedicina en Ecuador.	13
4.1.12	Requisitos técnicos para un sistema de Telemedicina.....	14
4.1.12.1	Audio.	14
4.1.12.2	Datos.....	15
4.1.12.3	Estándar DICOM.....	15
4.1.12.4	Estándar HL7.....	15
4.1.12.5	Video.	16
4.1.13	Escenario de un enlace de telemedicina.	18
4.2	ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.	19
4.2.1	Generalidades.	19
4.2.1.1	Estándar IEEE 802.11 – WIFI.....	19
4.2.1.2	VHF.....	20
4.2.1.3	HF.....	20
4.2.1.4	Estándar IEEE 802.16 - WIMAX.	21
4.2.1.5	VSAT.	22
4.2.2	Selección de tecnología.	23
4.2.2.1	Estándares IEEE 802.11.....	24
4.2.3	Comparación de estándares.....	28
4.2.4	Capa Física IEEE 802.11n.....	29
4.3	FUNDAMENTOS DE DISEÑO.	31
4.3.1	Datos Generales.....	31
4.3.2	Infraestructura de Salud del Cantón Arenillas.....	32

4.3.3	Proveedores de servicios de telecomunicaciones del cantón Arenillas.....	33
4.3.4	Inspección de Áreas prioritarias.	34
4.3.4.1	Recurso Humano en las Unidades de Salud.....	35
4.3.4.2	Actualidad y Necesidades tecnológicas de las Unidades de Salud.	36
4.3.5	Herramientas de Diseño.....	37
4.3.5.1	Obtención de Coordenadas.....	37
4.3.5.2	Software de Simulación.	38
4.3.6	Aplicaciones principales de la Red de Telemedicina.	39
4.3.6.1	Determinación de necesidades desde el punto de vista de médico- tecnológicas.	39
4.4	DISEÑO DE LA RED.....	41
4.4.1	Dimensionamiento de la red de VoIP.....	42
4.4.1.1	Elección del CODEC.	42
4.4.1.2	Tráfico generado por el CODEC de VoIP.	42
4.4.2	Cálculo del tráfico total de voz.....	44
4.4.3	Dimensionamiento de la red de Videoconferencia.....	46
4.4.3.1	Tecnología de Videoconferencia.....	46
4.4.3.2	Cálculo de tráfico en Videoconferencia.....	46
4.4.4	Dimensionamiento Red de datos.	47
4.4.5	Tráfico total necesario por cada Unidad de Salud.....	49
4.4.6	Análisis de propagación de una red.....	50
4.4.6.1	Estudio Topográfico.....	50
4.4.6.2	Localización de estaciones repetidoras.	53
4.4.6.3	Diseño de la infraestructura de telecomunicaciones para las estaciones repetidoras.	57
4.4.7	Consideraciones para diseño físico de los enlaces.	64
4.4.7.1	Marco Regulatorio para enlaces que trabajan en la banda ISM.....	64
4.4.7.2	Diseño físico de los enlaces.	65
4.4.7.3	Parámetros de Frecuencia.....	67
4.4.7.4	Cálculo matemático de los enlaces.....	79

4.4.7.5	Comparación entre ancho de banda disponible y capacidad de Radio Enlace.	88
4.4.7.6	Diagrama de Ancho de Banda de los Radio Enlaces.	88
4.4.8	Enlaces de Redundancia.	90
4.4.8.1	Cálculos matemáticos de los enlaces de redundancia.	93
4.4.9	Diseño final de los enlaces incluida la redundancia.	95
4.4.10	Selección de equipos.	97
4.4.10.1	Equipos de Radio.	97
4.4.10.2	Equipos de Red.	104
4.4.10.3	Equipos para las aplicaciones de Telemedicina.	107
4.4.10.4	Equipos de abastecimiento de energía ininterrumpida en las Unidades de Salud.	116
4.4.10.5	Equipo de seguridad en las redes LAN de las Unidades de Salud.	118
4.4.11	Diseño Lógico de la Red.	119
4.4.11.1	Topología de la Red.	119
4.4.11.2	Asignación de Direcciones IP.	122
4.4.12	Gestión y monitoreo de la Red.	125
4.5	ANÁLISIS DE COSTOS	127
4.5.1	Resumen de Instalación.	127
4.5.2	Costos por permiso de Radio Enlace.	128
4.5.3	Presupuesto por Cada Unidad de Salud.	130
4.5.4	Presupuesto de Estaciones Repetidoras.	131
4.5.5	Presupuesto de la Estación en Hospital Cantonal.	132
4.5.6	Presupuesto General.	134
5	MATERIALES Y MÉTODOS	134
5.1	Materiales.	134
5.2	Métodos.	135
5.3	Técnicas.	136
6.	RESULTADOS	136
7.	DISCUSIÓN	141

8.	CONCLUSIONES	143
9.	RECOMENDACIONES	145
10.	BIBLIOGRAFÍA	147
11.	ANEXOS.....	152

NOMENCLATURA

TIC's	Tecnologías de la Información y Comunicación.
CONAE	Comisión Nacional de Actividades Espaciales
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona.)
GPI	Grupo de Procesamiento de Imágenes.
HL7	Health Level Seven.
DICOM	Digital Imaging Communication in Medicine.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones.
CDMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection. (Acceso Múltiple con detección de portadora y detección de colisiones.)
VHF	Very High Frequency.
UPS	Uninterruptible Power Supply (Sistema de Alimentación Ininterrumpida)
TCP/IP	Transmission Control Protocol/IP
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
ISM	Industrial, Scientific and Medical.
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum.

DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum.
OFDM	Orthogonal Frequency – Division Multiplexing.
SDM	Space Diversity Multiplexing.
MIMO	Multiple-Input Multiple Output.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Telemedicina.	5
Figura 2. Profesionales de la salud interactuando.	8
Figura 3. Escenario básico de un enlace de telemedicina.....	18
Figura 4. Sistema VSAT.	23
Figura 5. Representación del sistema Transmit Beamforming.	30
Figura 6. Channelbonding de dos canales de 20 MHz.	30
Figura 7. Mapa Político del cantón Arenillas.	32
Figura 8. Calculadora Erlang y ancho de banda VoIP.	44
Figura 9. Trafico adicional causado por las cabeceras de los protocolos.....	44
Figura 10. Localización de las Unidades de Salud Urbanas y Rurales del cantón Arenillas,	51
Figura 11. Prueba de Línea de vista, a) HC-SCPalmal, b) HC-PSManabí de El Oro, c) HC- PSCañas, d) HC-PSCarcabón.	52
Figura 12. Disposición de la Red sin uso de repetidoras.	53
Figura 13. Ubicación de las repetidoras en Google Earth.	55
Figura 14. Ubicación de estaciones repetidoras en software Waze.....	55
Figura 15. Línea de vista entre: a) Estación Rep. Palmal- Estación Rep. Manabí de El Oro, b) Rep. Palmal-PS Cañas. c) Rep. Palmal-PS Carcabón, d) Rep. Manabí de El Oro-SC Palmal. e) Rep. Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro	56
Figura 16. Despliegue total de la red con las nuevas repetidoras.	57
Figura 17. Torre Autosoportada.	59
Figura 18. Torre Venteada.....	59
Figura 19. Torre Monopolo.	60
Figura 20. Caja de protección para equipos en exteriores, cajas metálicas y herméticas. ...	61
Figura 21. Protección con pararrayo Franklin	61
Figura 22. Diagrama de bloques de un UPS.....	62
Figura 23. UPS y baterías externas.	64
Figura 24. Enlaces Troncales.....	65
Figura 25. Enlaces Finales.....	66
Figura 26. Simulación de enlace troncal. (H.Cantonal-Repetidora1).....	68
Figura 27. Perfil del terreno con carta topográfica. (H.Cantonal-R. Palmal).	69
Figura 28. Simulación de enlace troncal. (Repetidora Palmal- Repetidora Manabí de El Oro).....	70
Figura 29. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Palmal-R. Manabí de El Oro)	71
Figura 30. Simulación de enlace hasta estación final. (H. Cantonal-SC Chacras).....	71
Figura 31. Perfil del terreno con carta topográfica. (H. Cantonal-SC Chacras).....	72
Figura 32. Simulación de enlace hasta estación final. (H. Cantonal-PS La Cuca).....	72

Figura 33. Perfil del terreno con carta topográfica. (H. Cantonal-PS La Cuca).....	73
Figura 34. Simulación de enlace hasta estación final. (H. Cantonal-SC San Isidro)	73
Figura 35. Perfil del terreno con carta topográfica. (H. Cantonal-SC San Isidro)	74
Figura 36. Simulación de enlace hasta estación final. (H. Cantonal-SC San Vicente).	74
Figura 37. Perfil del terreno con carta topográfica. (H. Cantonal-SC San Vicente)	75
Figura 38. Simulación de enlace hasta estación final. (R Palmales- PS Carcabón).....	75
Figura 39. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Palmales-PS Carcabón).....	76
Figura 40. Simulación de enlace hasta estación final. (R Palmales- PS Cañas).....	76
Figura 41. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Palmales-PS Cañas).....	77
Figura 42. Simulación de enlace hasta estación final. (R Manabí de El Oro- SC Palmales)8	78
Figura 43. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Manabí de El Oro-SC Palmales) ...	78
Figura 44. Simulación de enlace hasta estación final. (R Manabí de El Oro- PS Manabí de El Oro)	79
Figura 45. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro).....	79
Figura 46. Diagrama de Ancho de Banda de Cada Radio Enlace.	89
Figura 47 Ubicación de Repetidora 3.	91
Figura 48 Enlaces Redundantes, software Radio Mobile.	92
Figura 49 Simulación enlace H. Cantonal-Repetidora 3.	92
Figura 50 Simulación Repetidora 3-Repetidora Palmales.....	93
Figura 51 Simulación enlace Repetidora 3-Repetidora Manabí de El Oro.	93
Figura 52 Diagrama final de la red incluida la redundancia de enlaces inalámbricos.	96
Figura 53 Diagrama final en software Radio Mobile.	97
Figura 54. Placa Mikrotik RB411AH.....	100
Figura 55. Placa Mikrotik RB433.....	101
Figura 56. MiniPCI Mikrotik R52Hn.....	102
Figura 57. Pigtail, Conector Tipo N, cable RG8.	103
Figura 58. Antena Hyperlink HG4958DP-30D.	104
Figura 59. Router CISCO 2851.	106
Figura 60. Switch TP-LINK TL-SG2216.	107
Figura 61. POLYCOM VXS 5400	112
Figura 62. DELL Opti Plex 160.	112
Figura 63. SPIRODOC.....	113
Figura 64. Electrocardiógrafo Dr. ECG RT-100 Plus	115
Figura 65 Equipo telerobótico Zeus.	116
Figura 66 Firewall D-Link DFL-1660 NetDefend Network Security UTM.	118
Figura 67. Topología de Red LAN en cada Unidad de Salud.	119
Figura 68. Topología Red Troncal.	120
Figura 69. Topología General de la Red de Telemedicina.	121

Figura 70. Diagrama de subneteo para Unidades de Salud.	124
Figura 71. Diagrama de Subneteo para Unidades de Salud en el que intervienen estaciones Repetidoras	125
Figura 72 Interfaz gráfica de servidor Nagios.	126

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de la Telemedicina.	7
Tabla 2. Principales estándares de la familia IEEE 802.11.	28
Tabla 3. Datos poblacionales del cantón Arenillas.....	32
Tabla 4. Infraestructura de Salud existente en el Cantón Arenillas. [Fuente: Departamento de Estadística del Hospital cantonal Arenillas.]	33
Tabla 5. Subcentros y Puestos de Salud del cantón.....	34
Tabla 6 Recurso Humano que labora en las Unidades de Salud del cantón Arenillas.	35
Tabla 7 Recursos Tecnológicos en las Unidades de Salud del Cantón Arenillas.....	37
Tabla 8. Coordenadas Geográficas de los sitios.	37
Tabla 9 CODEC de voz para telefonía VoIP.	42
Tabla 10 Ancho de banda requerido para la de Red de datos e internet.....	49
Tabla 11 Ancho de banda Requerido por cada Unidad de Salud.	49
Tabla 12. Datos de ubicación de nuevas Repetidoras.	54
Tabla 13 Consumos de potencia de equipos en estaciones repetidoras.....	62
Tabla 14 Características de capacidad con respecto al tiempo de descarga de la batería Powerstream.	63
Tabla 15. Asignación de Canales en la Banda ISM.	67
Tabla 16. Asignación de Canales a cada Enlace de la Red.	68
Tabla 17. Datos de carta topográfica (H.Cantonal-Repetidora Palmales).....	69
Tabla 18. Datos de carta topográfica (R. Palmales-R.Manabí de El Oro)	70
Tabla 19. Datos carta topográfica (H. Cantonal-SC Chacras).....	71
Tabla 20. Datos carta topográfica (H. Cantonal-PS La Cuca).....	73
Tabla 21. Datos carta topográfica (H. Cantonal-SC San Isidro).	74
Tabla 22. Datos carta topográfica (H. Cantonal-SC San Vicente).	74
Tabla 23. Datos carta topográfica (R. Palmales- PS Carcabón).	75
Tabla 24. Datos carta topográfica (R. Palmales- PS Cañas).	76
Tabla 25. Datos carta topográfica (R. Manabí de El Oro-SC Palmales).	78
Tabla 26. Datos carta topográfica (R. Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro).	79
Tabla 27. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-Repetidor Palmales.	82
Tabla 28. Parámetros cálculo de enlace Repetidor Palmales- Repetidor Manabí de El Oro.	82
Tabla 29. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-SC Chacras.	83
Tabla 30. Parámetro de cálculo de enlace Hospital Cantonal-PS La Cuca.	83
Tabla 31. Parámetros de cálculo de enlace Hospital Cantonal-SC San Isidro.	84
Tabla 32. Parámetros de cálculo de enlace Hospital Cantonal-SC San Vicente.	84
Tabla 33. Parámetros de cálculo de enlace Repetidora Palmales-PS Carcabón.....	85
Tabla 34. Parámetros de cálculo de enlace Repetidora Palmales-PS Cañas.	85
Tabla 35. Parámetro de cálculo de enlace Repetidora Manabí de El Oro-SC Palmales.	86

Tabla 36. Parámetros cálculo de enlace Repetidora Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro.....	86
Tabla 37. Resultados de enlaces Inalámbricos.....	87
Tabla 38. Capacidad de los radio enlaces.....	88
Tabla 39 Coordenadas de infraestructura para Redundancia de Enlaces.....	91
Tabla 40. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-Repetidor 3.....	94
Tabla 41. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-Repetidor 3.....	94
Tabla 42. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-Repetidor 3.....	95
Tabla 43. Requerimientos técnicos para los equipos de radio.....	97
Tabla 44. Equipos de radio IEEE 802.11n.....	98
Tabla 45. Principales características de RB411AH.....	99
Tabla 46 Principales características de RB433AH.....	100
Tabla 47 Principales características de RB800AH.....	101
Tabla 48 Principales características de miniPCI R52Hn.....	102
Tabla 49 Características del Router de Distribución.....	105
Tabla 50 Características del Router de Distribución principal (Router de borde).....	106
Tabla 51 Características de Hardware servidor IP.....	108
Tabla 52 Características ATA Linksys SPA 3102.....	110
Tabla 53 Características el CISCO Linksys SPA941.....	110
Tabla 54 Características espirómetro SPIRODOC.....	113
Tabla 55 Características Estetoscopio TR-1/EF.....	114
Tabla 56 Características Electrocardiógrafo Dr. ECG RT-100 Plus.....	115
Tabla 57 Consumos de potencia de equipos en Unidades de Salud.....	117
Tabla 58 Características de capacidad con respecto al tiempo de descarga de la batería Powerstream BP100-12.....	117
Tabla 59. Rangos de IPv4 Privadas.....	122
Tabla 60. Direccionamiento IP para las Redes LAN de cada Unidad de Salud.....	122
Tabla 61. Direccionamiento IP para los enlaces Inalámbricos.....	123
Tabla 62. Valor de α_6 para MDBA. Fuente.....	129
Tabla 63. Valor de B para Sistemas Punto a Punto.....	129
Tabla 64. Presupuesto para cada Unidad de salud.....	130
Tabla 65. Presupuesto de Estaciones Repetidoras.....	132
Tabla 66. Presupuesto de la Estación en Hospital.....	132
Tabla 67. Presupuesto General.....	134

1. TÍTULO.

“DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA DE TELECOMUNICACIONES PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEMEDICINA EN LAS UNIDADES DE SALUD PUBLICA DEL CANTÓN ARENILLAS.”.

2. RESUMEN

En el presente trabajo se realiza el *“Diseño de una Red Inalámbrica de Telecomunicaciones para brindar servicios de Telemedicina a las Unidades de Salud Pública del Cantón Arenillas”*; para lo cual empezamos con un estudio de los conceptos generales acerca de los aspectos tecnológicos y de la Salud que abarca el campo de la Telemedicina, las cuales sustentaran una base teórica para el desarrollo del proyecto. Además se aborda una visión general del estado de la Telemedicina en Ecuador. Esto se realiza en el capítulo uno.

En el capítulo dos se realiza un estudio para determinar la tecnología inalámbrica más apropiada para este tipo de red, recalando aspectos técnicos como funcionamiento, modos de operación, etc.; estableciendo requisitos técnicos fundamentales para la posterior selección de los equipos apropiados.

En el tercer y cuarto capítulo se realiza el diseño de la red como tal para lo cual analizar la situación actual de las Unidades de Salud fué una tarea de gran importancia para determinar los falencias en cuanto a servicios de telecomunicaciones y realizar un análisis de aquellos nos permite una visión general de los requerimientos en estos centros de Salud. A partir esto se ejecuta el diseño de la red planteando todos los requerimientos tecnológicos que esto conlleva.

En el quinto capítulo se elabora un análisis de los costos que conlleva este sistema para una futura implementación, se realiza un análisis en cuanto a infraestructura necesaria y equipos tecnológicos.

Finalmente se realiza un análisis y discusión de resultados obtenidos para posteriormente elaborar y presentar las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron de este proyecto.

2.1 SUMMARY

In the present work it is realized the “Design of a wireless Telecommunications network to offer telemedicine services in the Public Health Units of the Arenillas city”; for which we begin with a study of the general concepts about the technological aspects and of the Health that includes the Telemedicine field, which will sustain a theoretical base for the project development. Furthermore it deals with a general overview of the state of the Telemedicine in Ecuador. This is performed in the chapter one.

In the chapter two is realized a study to determine the wireless technology most adapted for this type of network underline technical aspects like functioning, ways of operation, etc, establishing fundamental technical requisites for the later selection of the appropriate teams.

In the third and fourth chapter there is realized the design of the network as such for which to analyze the current situation of the Units of Health was a task of big importance to determine the bankruptcies as for telecommunications services and to realize an analysis of that one allows us a general vision of the requests in these health centers. To divide this, the design of the network is executed raising all the technological requests that this bears.

In the fifth chapter there is prepared an analysis of the costs that bears this system for a future implementation, an analysis is realized as for necessary infrastructure and technological equipment.

Finally an analysis is performed and discussion of results obtained later to prepare and to present the conclusions and recommendations that were obtained of this project.

3. INTRODUCCIÓN

Una de las necesidades primordiales de los seres humanos es la comunicación, el interactuar con la sociedad, estar inmerso en una oleada inmensa de información de datos; en la actualidad esta comunicación se da en su mayoría a través de las tecnologías de la información y comunicación denominadas TIC's que tienen interacción a través de la red de redes INTERNET, para que esta red esté operativa es necesario la comunicación física entre servidores, ordenadores, todo un esquema de comunicación; existen dos formas de conectar estos dispositivos, la primera de ellas es a través de un medio guiado (cable de cobre, fibra óptica) y la segunda es utilizando la propagación inalámbrica, las microondas, cada una de ellas con sus particularidades y diferenciaciones.

El programa Nacional de Telemedicina es un programa enmarcado en el Plan Nacional del Buen Vivir, que tiene como meta fundamental fortalecer el modelo de atención de salud a través de una red de referencia desde la atención primaria, al nivel hospitalario de segundo y tercer nivel, a través de herramientas de telecomunicaciones contribuyendo al Sistema Nacional de Salud para que este llegue de manera universal a toda la población ecuatoriana, mediante consultas clínicas y de especialidad a distancia.

Una red comunitaria inalámbrica es una solución que permite a las zonas rurales penetrarse en el mundo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), haciéndolos partícipes de sus ventajas, orientadas principalmente a la prestación de servicios de salud, mediante el uso de la Telemedicina.

Hoy en día gracias a estas tecnologías se dispone de un conocimiento más completo acerca de enfermedades, se puede hacer un seguimiento de las historias clínicas de los pacientes donde y cuando se necesite y lo más importante se pueden acercar los servicios médicos como la teleconsulta, el telemonitoreo, la teleeducación y el telediagnóstico al ciudadano; con lo que la misión de las instituciones sanitarias de promover la salud, prevenir enfermedades y curar a los enfermos, se convierte en una realidad para los pobladores de sectores alejados.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 LA TELEMEDICINA.

La telemedicina en términos generales es definida como la "medicina practicada a distancia" y como tal incluye, el tratamiento, el diagnóstico y la educación médica. Todo esto mediante la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's), permitiendo así la interacción entre diferentes profesionales de la salud ubicados en cualquier lugar independientemente de la situación geográfica en que estos se encuentren. [1]



Figura 1. Telemedicina. [1]

4.1.1 Breve Historia de la Telemedicina.

El concepto de telemedicina puede parecer muy reciente, desde que se produjo la globalización del internet pero lo cierto es que antes de esto se dieron diagnósticos a distancia desde la invención del teléfono, tal es el caso que en la década de los 60 se lograron transmitir electrocardiogramas desde barcos. En la misma década se efectuó una de las primeras implementaciones por parte de la Universidad de Nebraska en Estados Unidos, dicha implementación consto en un circuito cerrado de televisión bidireccional comunicado por microondas persiguiendo desde entonces el objetivo principal de la telemedicina que es el tratamiento a largas distancias. Otro proyecto que marcó el inicio de la telemedicina fué el que se realizó mediante una conexión satelital entre un hospital de Anchorage (Alaska) con otro de California con el fin de mejorar las prestaciones médicas de una comunidad de nativos de Alaska. [1]

El significativo avance de las telecomunicaciones ha revolucionado este campo. Primeramente las comunicaciones telefónicas han sufrido un cambio que va desde la telefonía electromecánica de los primeros tiempos, hasta los tendidos digitales de fibra óptica que existen en la actualidad. La Administración Espacial y Aeronáutica Nacional (NASA) aportó con un rol protagónico en los comienzos del desarrollo de la telemedicina, mostrando su interés cuando el hombre decide volar al espacio. Al ejecutarse esta misión fueron tele-medidos los parámetros fisiológicos de los trajes espaciales y de la astronave. Dichos esfuerzos y el significativo incremento en las comunicaciones satelitales promovió el desarrollo de la Telemedicina. [1]

Algunos proyectos en los inicios de la era de Telemedicina fueron:

- En 1910 se describió un tele-estetoscopio que amplificaba los sonidos procedentes de un estetoscopio y se los transmitía a través de la red telefónica.
- Finalizando el siglo XIX se logró la comunicación por radio con la utilización del código Morse en sus inicios y posteriormente con la voz, se la utilizó para ayuda médica a marineros situados en alta mar en donde no se tenía un médico a bordo.
- La NASA con el programa Space Brigge, con el objetivo de colaborar a Armenia y Ufa, pertenecientes en ese entonces a la Unión Soviética implemento un servicio de teleconferencia para apoyar a los centros médicos ubicados en los lugares en mención. La comunicación se hizo a través de video entre cuatro Hospitales de Estados Unidos y el centro médico de Yerevan ubicado en Armenia.

Desde sus inicios la telemedicina ha sido utilizada como una herramienta para la teleconsulta y el telediagnóstico resaltando que para llegar al nivel sofisticado actual ha tenido que pasar por diferentes etapas de evolución en cuanto a tecnología se refiere.

4.1.2 Beneficios e Inconvenientes de la Telemedicina.

La introducción de las TIC's en los sistemas de salud presenta consigo una serie de ventajas y desventajas en las cuales están directamente vinculados tanto los médicos como los pacientes. En la siguiente tabla se muestra un resumen de las ventajas y desventajas de la telemedicina. [1].

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de la Telemedicina.

USUARIOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PACIENTES	Accesibilidad. Eficacia y eficiencia. Mejor calidad de vida. Disminución de los desplazamientos. Monitorización continua.	Desconocimiento del procedimiento Desconfianza. Coste.
MEDICOS	Uso para el tratamiento de enfermedades poco comunes. Facilita interconsultas sin movilización. Acceso a mucha información. Optimización de recursos. Interacción entre profesionales de la salud.	Confidencialidad de los datos. Falta del contacto físico con los pacientes. El no trato directo. Adaptación al sistema. Disponibilidad de personal médico.

4.1.3 Servicios de la Telemedicina.

La telemedicina presta servicios que se basan en la transmisión de datos, audio e imágenes, todos relacionados con un servicio de salud. Dentro de los principales servicios de telemedicina existen los siguientes:

- Realización de teleconsultas en tiempo real y en tiempo diferido.
- Creación de bases de datos de imágenes e historiales Clínicos.
- Información de tecnología informática y de telecomunicaciones necesarias para recibir y prestar servicios de telediagnóstico.
- Realización de telediagnóstico en tiempo real y diferido.
- Teleeducación, Teleconsulta y Telemonitoreo.

4.1.4 Clasificación de los servicios telemédicos por tipo de servicio.

Las especialidades médicas son muchas y el uso de las TIC's permite que estas (especialidades) puedan aplicarse dentro de la telemedicina y la clasificación de la misma se organiza por el tipo de servicio y especialidad médica que esta brinda.

4.1.4.1 Teleconsulta.

Es una consulta en tiempo real dentro del cual intervienen 2 partes: un ente consultante y un ente consultor teniendo diferentes escenarios tales como:

- **Paciente-Médico General.**

El paciente con una afección en la salud, sin un cuadro crítico emergente, accede a una consulta médica general a distancia por medio de una sesión de videoconferencia con un médico general.

- **Paciente-Médico Especialista.**

El paciente con una afección en la salud, sin un cuadro crítico emergente, con un diagnóstico previo dado por el médico local, accede a una consulta médica por medio de una video conferencia con un médico especializado.

- **Médico de la zona Rural-Médico Especialista.**

El o los médicos de las zonas rurales interactúan con los médicos especialistas por medio de una sesión de videoconferencia para discutir sobre las alternativas ante una enfermedad o cuadro clínico de algún paciente.



Figura 2. Profesionales de la salud interactuando.

4.1.4.2 Teleeducación.

Se enmarca en el desarrollo de conocimiento en el área de la salud mediante conferencias en tiempo real de tal manera que permite:

- Capacitación a distancia.

- Apoyo a estudiantes en práctica.
- Campañas de prevención.

4.1.4.3 Telediagnóstico.

Se aplica una vez que se concluye el debate entre profesionales de la salud sobre algún cuadro clínico, tratando de dar una solución oportuna que beneficie los intereses de los pacientes. Dentro de las especialidades médicas se mencionaran las más importantes.

4.1.4.4 Telecardiología.

La transmisión de ruidos cardiacos de los ritmos mediante electrocardiogramas y de los estudios cardiovasculares ultrasónicos son la esencia de lo que hoy en día se denomina Telecardiología. El uso de estetoscopios digitales acoplados a sistemas telefónicos permite la transmisión de los ruidos cardiacos hacia el médico especialista. Los ecocardiogramas pueden ser enviados desde un sitio a otro, pero requieren de un mayor ancho de banda, no obstante se considera que un ancho de banda mínimo de 768 Kbps asegura una transferencia sin riesgos de pérdida de información.

4.1.4.5 Teledermatología.

Dada la escasez de especialistas en las regiones urbano-marginales o rurales, la teledermatología es una de las aplicaciones clínicas más utilizadas globalmente. Se puede utilizar los sistemas de video conferencia para que el especialista analice la supuesta anomalía en la piel de un paciente o en su defecto se puede enviar imágenes sobre el estado cutáneo del paciente utilizando anchos de banda relativamente bajos (386 Kbps)

4.1.4.6 Telepatología.

Esta aplicación se centra en la transferencia de información anatomopatológica entre distintos sitios con el propósito de obtener diagnósticos, segundas opiniones, capacitar e investigar.

4.1.4.7 Telecirugía.

Cuando se realiza Telecirugía esta es guiado por un especialista remotamente para lo cual se necesitan sistemas de teleconferencia de muy alta calidad recomendándose un ancho de banda mínimo de 5 Gbps.

4.1.4.8 Clasificación de los servicios telemédicos en el tiempo.

La clasificación en el tiempo hace referencia al momento en que se realiza la intervención médica a distancia y la comunicación entre el proveedor físico y el cliente. [2]

a.- Tiempo diferido.

El cliente de un servicio de telemedicina no se encuentra en comunicación directa con el proveedor del servicio, o es decir que no está en línea. Esta modalidad se conoce como almacenamiento y envío en donde el proveedor acumula las solicitudes de telemedicina y en un momento dado las atiende y al terminar su trabajo devuelve al cliente los resultados de su servicio. [2]

b.- Tiempo Real.

Hace referencia al hecho de que el cliente y el proveedor se encuentran en comunicación directa a través de un medio de comunicación, entre los casos típicos tenemos a la teleconsulta y a la teleeducación interactiva que son aplicaciones de la telemedicina que requieren de anchos de banda considerables. [2]

4.1.5 Telemedicina en Latinoamérica.

América Latina por sus características geográficas hace de la telemedicina una solución a la poca disponibilidad de los centros de salud frente a las poblaciones rurales ubicadas en los sectores más remotos como por ejemplo: la selva amazónica o la cordillera de los Andes. La dificultad de llegar a un hospital o de poder consultar a un médico desde un sector geográficamente poco accesible trae consigo problemas en los que la vida de las personas corre peligro al momento en el que se suscita una emergencia. Es por esto que en los diferentes países de nuestra región se han desarrollado o se están desarrollando proyectos que se enfocan principalmente en el área de la telemedicina. A continuación se hace un

breve análisis de la participación de diversas naciones de América Latina en la ejecución de proyectos de telemedicina. [3]

4.1.6 Telemedicina en Argentina.

En Argentina existen proyectos relevantes como es el de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), que en el área de servicio permitirá, entre otras posibilidades, el acceso a interconsultas entre médicos de hospitales del interior de la Provincia de Córdoba y especialistas que trabajan en centros de alta complejidad y alto grado de especialización. De esta forma se cubrirán necesidades de consulta a médicos de Guardia y profesionales en las áreas de Pediatría, Obstetricia Ginecología y Clínica Médica. Además incluye eventos de educación a distancia. En el área de investigación y desarrollo se realizarán experiencias en telemetría de signos vitales y lo que respecta al uso de la tecnología espacial al servicio de la Medicina Social. Otro objetivo es el de promover la actividad privada en relación a servicio y desarrollos en el área motorizando la utilización de nuevas herramientas tecnológicas. [3]

4.1.7 Telemedicina en Chile.

Chile es un país que tiene problemas en cuanto a la insuficiencia de especialistas, los escasos de sus recursos y su centralización en cuanto a la salud. Otros problemas agregados son la gran extensión de su territorio, su aislamiento del exterior y las dificultades geográficas para que se pueda producir una comunicación interna, motivos por los cuales la telemedicina se presta como una gran solución a la diversidad de inconvenientes que existen en el campo de la salud.

Consiente de estas circunstancias, la Universidad de Chile decidió impulsar un proyecto piloto de telemedicina, orientado en un comienzo a la radiología y a la patología, así como aplicaciones de educación a distancia. El proyecto se lo realizó utilizando redes digitales de banda ancha ATM y en su etapa de prueba une a dos hospitales separados a unas 10 millas de distancia. La cercanía de ambos puntos permitirá mejorar de mejor manera la investigación en dos áreas. [4]

- a) La comparación de diagnóstico tradicional con el telediagnóstico y

- b) El desarrollo de métodos óptimos para la colaboración entre profesionales a distancia. [4]

La respuesta positiva al proyecto piloto permite que se involucren el sector público como el sector privado con el fin de extender el propósito y contemplar el deseo de unir ciudades distantes en campo de la medicina y así contribuir al desarrollo de una red de telesalud nacional que vio sus inicios en el año 2000 con la directa participación de:

- a) La Universidad Católica de Chile mediante las Facultades de Medicina e Ingeniería y el Servicio de Computación Informática y Comunicaciones.
- b) El Ministerio de Salud, a través del Servicio de Salud del Área Sur-Oriente de Santiago.
- c) Empresas privadas: CTC (Compañía de Telecomunicaciones de Chile), Coasin (NewBridge Network Corp.), Kodac, Tandem Chile (Fore System Inc.).

4.1.8 Telemedicina en Colombia.

En Colombia el desarrollo de la telemedicina ha estado sujeto a la organización de la red de salud, la alfabetización de toda la comunidad colombiana y la inversión en tecnología para aprovechar el recurso humano en los campos de la medicina, las telecomunicaciones y la plataforma de telecomunicaciones con que cuenta el país.

El país cuenta con una plataforma de comunicaciones adecuada para los desarrollos en telemedicina y poco a poco las entidades médicas han ido capacitando a su personal, así mismo, desde las universidades se han empezado a desarrollar trabajos previos que garanticen la continuidad de los proyectos.

En el país el desarrollo de la telemedicina se ha empezado a implementar bajo los esquemas de alcance a corto, mediano y largo plazo, lo que clasifica los proyectos desde sus posibilidades de cubrimiento e inversión. [5]

4.1.9 Telemedicina en Venezuela

Este país se abre paso al mundo de la telemedicina con la participación de grupos de investigación de la Universidad de Carabobo (UC) y de la Universidad de los Andes (ULA). En tal sentido, el Grupo de Procesamiento de Imágenes (GPI) de la UC, trabajo en

una propuesta para el desarrollo de un proyecto de telemedicina y así mismo el Grupo de Ingeniería Biomédica de la ULA desarrollo una propuesta para la implementación de sistemas de telemedicina en la ciudad de Mérida. [6]

4.1.10 Telemedicina en Perú.

Actualmente en ese país, Telemedicina de Perú es la empresa líder que ofrece servicios de telemedicina en aquel país, realizando exámenes de tele-electrocardiografía, tele-MAPA (Monitoreo Ambulatorio de la Presión Arterial). El sistema es relativamente simple: el paciente es sometido a un rápido examen utilizando dispositivos telemédicos, equipos portátiles que también pueden ser utilizados en el domicilio del paciente en caso de ser necesario. Una vez registrado el examen en el equipo los datos son transmitidos de inmediato, vía telefónica o internet hacia un centro médico de especialidades en donde se analizan los datos y emiten el informe-respuesta para el paciente en solo minutos de tal modo que se permite un diagnóstico certero. [3]

4.1.11 Telemedicina en Ecuador.

En nuestro país se han realizado gran cantidad de esfuerzos para desarrollar programas de telemedicina, llegando así a varias zonas del Oriente, quedando aun muchos lugares por atender y no precisamente en zonas tan apartadas como la Amazonia sino en barrios periféricos de las principales urbes de nuestro país en donde los principales centros de salud se encuentran en ocasiones colapsados debido a que no cuentan con recursos suficientes para atender las necesidades de todos los pacientes.

Las universidades han tenido participación directa dentro de la evolución de la telemedicina en nuestro país, en este contexto han sido muchos los proyectos piloto que han realizado las Instituciones de Educación Superior, algunos de estos trabajos son:

- Telemedicina para cirugías móviles. Proyecto Fundación CINTERANDES. Universidad del Azuay, Cuenca.
- 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 y Galápagos.
- Uso de la telemedicina en atención médica, redes virtuales de bibliotecas en salud. Conjunto de proyectos realizados por la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca (UC).
- Telesalud rural Tutupaly. Proyecto desarrollado por la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), que atiende la provincia de Zamora Chinchipe en la región oriental ecuatoriana. [7][8]

4.1.12 Requisitos técnicos para un sistema de Telemedicina.

Un sistema de telemedicina se fundamenta en el envío y recepción principalmente de lo que son: audio, video y datos para así poder tener una percepción adecuada del estado de los pacientes. Por otra parte todo servicio telemédico requiere de una plataforma de telecomunicaciones en la cual debe existir disponibilidad de ancho de banda para el transporte de información que no es el mismo para las diferentes aplicaciones. También se detallan estándares internacionales que se deben tomar en cuenta para un sistema de telemedicina.

4.1.12.1 Audio.

En telemedicina el audio tiene requerimientos necesarios para garantizar la calidad de transmisión. La norma H.320 de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), utilizado en videoconferencia y telefonía tiene codificaciones que se emplean. En el estándar H.320 la codificación mínima para el audio es el G.711 para ser utilizado en aplicaciones médicas.

Otra norma que se puede en telemedicina es la H.323. Este estándar fija los estándares de comunicación de voz y video sobre las redes de área local, con cualquier protocolo, que por su propia naturaleza presentan una gran latencia y no garantizan una buena calidad de servicio (QoS). Los equipos y terminales conforme H.323 pueden tratar voz en tiempo real, datos y video.

4.1.12.2 Datos.

Los datos en telemedicina son de gran importancia puesto que llevan información de consultas, resultados de laboratorio, diagnósticos, etc. Es por eso que en la transmisión de datos se deben considerar estándares de codificación de datos como por ejemplo DICOM y HL7 que también será explicado en este apartado.

4.1.12.3 Estándar DICOM.

Es el estándar conocido mundialmente para el intercambio de pruebas médicas, pensado para su manejo, visualización, almacenamiento, impresión y transmisión. A diferencia del conjunto de estándares HL7 que enfocan hacia un sistema integrado de gestión de información médica a través de medios digitales; el estándar DICOM se especializa en la transmisión de imágenes médicas. El estándar DICOM ha desarrollado su funcionalidad y ha adaptado la integración de escáneres, servidores, estaciones de trabajo y hardware dedicado.

DICOM posee ficheros de almacenamiento de información, los cuales consisten en una cabecera con campos estandarizados y un cuerpo de datos de información de imagen. Un objeto DICOM puede contener una imagen o múltiples fotogramas en el caso de video. Los datos de imagen se encuentran comprimidos usando estándares como el JPEG, JPEG Lossless, LZW, RLE, entre otros. El estándar DICOM transfiere sus datos sobre el protocolo TCP/IP, lo cual brinda una compatibilidad del estándar DICOM sobre redes IP.

El estándar DICOM provee de una amplia gama de servicios como:

- DICOM store.- Es un servicio usado para el envío de imágenes hacia ordenadores.
- DICOM commitment.- Es un servicio empleado para confirmar si una imagen ha sido almacenada.
- DICOM worklist.- Sirve para citar detalles de pacientes dentro de un formato de historial médico.
- DICOM print.- Se emplea para imprimir imágenes.

4.1.12.4 Estándar HL7

Este estándar es un conjunto de estándares para el intercambio electrónico de información clínica, desarrollados por la organización HL7 International.

“El HL7 provee un marco de estandarización para el intercambio, integración, comportamiento y recuperación de información electrónica de salud. Este conjunto de estándares definen como la información debe ser empaquetada y comunicada desde un miembro de la red a otro, describiendo el lenguaje, estructura y tipo de datos requeridos para la integración de sistemas. Los estándares HL7 soportan la práctica, mantenimiento entrega y evaluación de servicios de salud y son los más reconocidos a nivel mundial.”[9]

Los estándares HL7 son categorizados por 7 secciones. [9]

- Sección 1: Estándares primarios.- Se encuentran los principales estándares de integración e interoperabilidad.
- Sección 2: Estándares fundamentales.- Se definen como herramientas primordiales para crear estándares y tecnología de infraestructura para un sistema HL7.
- Sección 3: Dominios clínicos y administrativos.- La sección 3 define estándares para documentación y mensajería.
- Sección 4: Perfiles EHR.- Proveen modelos funcionales y perfiles que permiten la creación de historiales médicos digitales.
- Sección 5: Guías de implementación.- Maneja documentación.
- Sección 6: Reglas y referencias.- Dictamina las especificaciones técnicas, la estructura de la programación y lineamientos para desarrollo de software.
- Sección 7: Gestiona actualizaciones del estándar HL7, sirve como prueba de nuevas características y transición a nuevos estándares.

4.1.12.5 Video.

Existen algunos estándares que norman la calidad y resolución de una imagen de video, es por eso que mencionaremos algunos estándares para la compresión de video.

- **Estándares de formato de imágenes en Video Digital.**

Los estándares para el video digital constan en la serie H de la ITU, particularmente los de la serie H.26x

a.- H.261

Estándar de codificación realizado por la ITU-T en 1990, originalmente fue diseñado para transmisión a través de líneas RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). El algoritmo de codificación es capaz de operar entre velocidades de bits de video de 40 Kbps a 2 Mbps. La norma soporta tamaños de fotogramas de video: [9]

- CIF (Formato Intermedio Habitual) (352x288)
- QCIF (176x144).

b.- H.262

Estándar conocido como ISO/IEC 13818-2 o MPEG-2 Parte 2, es un estándar de compresión y codificación para video digital desarrollado por Video Coding Experts Group (VCEG) de la UIT-T e ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) y tiene las siguientes características. [1]

- El MPEG-2 soporta video entrelazado (El formato utilizado por los sistemas analógicos de radiodifusión en televisión)
- No es muy implementado ya que necesita un gran ancho de banda.

c.- H.263

Estándar de codificación de video, originalmente diseñado para una compresión bit-rate baja para videoconferencias y fue desarrollado por VCEG. H.263 evoluciona y comprende una mejora evolutiva de la calidad de video. Soporta fotogramas de video de:[9]

- CIF, QCIF, Cuarte CIF.
- S-QCIF (128x196)
- 4-CIF y 16 (CIF).

4.1.13 Escenario de un enlace de telemedicina.

En la imagen se presenta un escenario básico que es utilizado como enlace de telemedicina, en donde el personal de la salud hace uso algunas aplicaciones médicas.

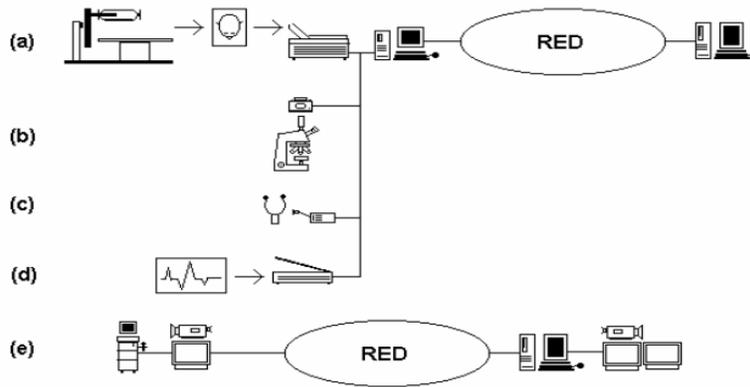


Figura 3. Escenario básico de un enlace de telemedicina.

Los equipos que están al lado izquierdo son aquellos que se encontraran en las Unidades de Salud Remota y los de la derecha del Hospital o Centro de Salud de Referencia en donde se encuentran los especialistas que darán sus opiniones profesionales con respecto a un caso médico. En los casos de (a) al (d) se puede observar que se dispone de un sistema de manejo de información a través de un computador, el cual permite almacenar las historias clínicas y capturar los estudios (imágenes o señales). La información que se obtiene en las Unidades de Salud básicas viaja a través de la red cableada o inalámbrica hasta el centro de referencia, lugar donde se brindara un diagnóstico. Este diagnóstico puede ser enviado por la misma red hasta las Unidades de Salud en tiempo diferido o tiempo real. [10]

4.2 ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.

4.2.1 Generalidades.

Dentro del campo de la telemedicina la información debe transmitirse de forma eficiente a altas velocidades y con un ancho de banda considerable, con el fin de garantizar la continuidad dentro de los diferentes servicios que brinda esta rama. Las tecnologías que se pueden utilizar para la implementación de estos sistemas son muy variadas y son capaces de transmitir voz, datos y video por un mismo canal de comunicación dependiendo del medio de transmisión que se utilice ya sean estos cableados o inalámbricos.

Esta tesis se basa en la utilización de una infraestructura de telecomunicaciones de tecnología inalámbrica debido a que están consideradas como redes con soluciones de bajo costo en comparación con los sistemas tradicionales cableados como por ejemplo fibra óptica. Además cabe destacar que dentro del diseño constan geografías rurales de difícil acceso siendo las tecnologías inalámbricas una gran solución con respecto a esta problemática. Es por esto que en este capítulo se hará un análisis de las principales tecnologías inalámbricas tomando en cuenta que trabajen en bandas no licenciadas como son ISM (Industrial, Scientific and Medical).

4.2.1.1 Estándar IEEE 802.11 – WIFI.

La familia de estándares IEEE 802.11 más conocida como WIFI tiene asignada las bandas ISM (902-908 MHz, 2.4-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz) para uso en las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado con objeto de lograr redes de área local inalámbricas (WLAN).

WIFI comparte la mayoría de su funcionamiento interno con Ethernet, sin embargo difiera en la especificación de la capa física (PHY) utilizando señales de radio en lugar de cable y en su capa de control de acceso al medio (MAC), ya que para controlar el acceso al medio Ethernet usa CDMA/CD mientras que WIFI usa CDMA/CA.[11]

4.2.1.2 VHF¹.

Los servicios de telecomunicaciones que ofrece esta tecnología trabaja en la banda de frecuencia de 30-300 MHz, alcanzándose distancias de enlace de hasta 70 Km que se limitan por la potencia de transmisión y altura de las antenas. En la transmisión que se da desde la antena transmisora hasta la antena receptora se requiere línea de vista, sin embargo esta tecnología es tolerante a obstáculos vegetales o invasiones no muy profundas de la línea de vista por elevaciones de terreno.

La banda en la cual trabaja VHF es fundamentalmente utilizada para la transmisión de voz ya que mantienen una amplia disponibilidad de este servicio y de hecho la disponibilidad de equipos trabajen bajo esta plataforma fueron diseñados para para precisamente la transmisión de voz, pero mediante software se puede conseguir utilizar este medio para la transmisión de datos.

4.2.1.3 HF².

Este tipo de tecnología inalámbrica trabaja en la banda de 3-30 MHz permitiendo alcances de hasta miles de kilómetros. La propagación que se da para la banda HF es el conocido como Onda Ionosférica cuyo principio de funcionamiento radica en la transmisión de ondas para luego reflejarse hacia el punto de recepción. Debido al gran recorrido que atraviesan las ondas desde el punto de transmisión hasta el punto de reflexión (ubicación de la ionósfera entre los 60 y 500 Km) y luego al punto de recepción, existen considerables pérdidas en el espacio libre y además surge el desvanecimiento multitrayecto de la señal. La principal limitante es similar a la de VHF y es que están destinadas principalmente a lo que es la transmisión de voz y por sus características no es recomendable para la transmisión de datos debido a que su tasa de transmisión es demasiado baja (100 a 300 bps) como para ser una tecnología que se la utilice para aplicarla en un sistema de telemedicina.

A continuación se presentan las principales ventajas e inconvenientes que se dan con el uso de esta tecnología.

¹ VHF: Es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.

² HF: Es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 3 MHz a 30 MHz.

Ventajas

- La distancia entre el punto de transmisión y recepción no es una limitante debido a que esta tecnología es capaz de alcanzar distancias muy grandes
- Con el uso de esta tecnología se puede llegar a lugares periféricos de difícil acceso debido a que no se necesita línea de vista directa entre las antenas.
- Se la considera una solución factible para cualquier situación debido a que no se necesita de un estudio concreto de propagación.

Inconvenientes

- Baja tasa de transmisión
- Posibles problemas por las interferencias que se pueden producir por la propagación ionosférica.
- Se consume más energía que en WiFi y VHF (Transceptores de 100 W).

4.2.1.4 Estándar IEEE 802.16 - WIMAX.

WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es una tecnología que evolucionó de WIFI cuya principal distinción es la obtención de una mayor tasa de transmisión y mayor alcance (hasta 70 Mbps, 48 Km de radio). Además de esto WIMAX es una tecnología que no requiere de línea de vista NLOS (dependiendo del rango de frecuencia en el que trabaje).

Esta tecnología forma parte de la familia IEEE 802.16 y en sus diferentes versiones se plantea dos rangos de frecuencia para el funcionamiento de los equipos; por un lado están las bandas licenciadas de 10 a 66 GHz que por su reducida longitud de onda requieren de línea de vista y por otro lado están las bandas menores a 11 GHz (2 a 11 GHz) teniendo como ventaja este rango la no necesaria línea de vista entre los transmisores y receptores. La utilización de antenas inteligentes las cuales utilizan la regulación de su patrón de radiación en función de la demanda es otra de las ventajas de WIMAX. Así mismo la posibilidad de un ancho de banda configurable permitiendo la reutilización de frecuencias y

una mejor planificación de las celdas hace que el número de canales no interferentes entre si dependan únicamente de la utilización del ancho de banda disponible.

Tabla 2. Principales estándares de la familia IEEE 802.16. [12]

Estándar	Frecuencia	Tasa de transmisión
802.16	10 a 66 GHz	32 a 134 Mbps
802.16 a	< 11 GHz	75 Mbps
802.16 e	<6 GHz	15 Mbps

Esta tecnología garantiza calidad de servicio QoS pero los altos costos de la aplicación de esta tecnología es una gran limitante y además de esto la banda de operabilidad es de tipo licenciada lo cual genera inconvenientes para el establecimiento de enlaces utilizando dicha tecnología debido a que se necesitan de los respectivos permisos por parte de los entes regulatorios del país.

4.2.1.5 VSAT.

VSAT (Very Small Aperture Terminal). Es una tecnología vía satélite que designa una antena para la transmisión de datos unidireccional o bidireccional. La comunicación se realiza a través de satélites situados en onda geoestacionaria y por ser una tecnología variante al cableado se convierte en ideal para brindar servicios de telecomunicaciones a zonas aisladas.

Este sistema tiene como principal componente a un hub que es la estación central terrestre de la red permitiendo realizar la comunicación entre dos estaciones VSAT teniendo como consecuencia que cualquier intercambio de información debe de pasar por el hub.

Las bondades principales de este tipo de sistemas es la implantación fácil y rápida en lugares de difícil acceso así como la cobertura global. Su inconveniente principal radica en la disponibilidad del satélite ya que toda la red está en dependencia del transpondedor, ya que si este pierde la conexión, toda la red pierde conexión con él, aunque una solución a esto es que la empresa proveedora disponga de más de un transpondedor para casos especiales. No hay que dejar de lado que este sistema VSAT como todo sistema satelital

está expuesto a interferencias y retardos que podrían llegar a ser un problema para el caso de una video conferencia. A esto hay que sumarle los elevados costos de implementación de este tipo de tecnología. [13]

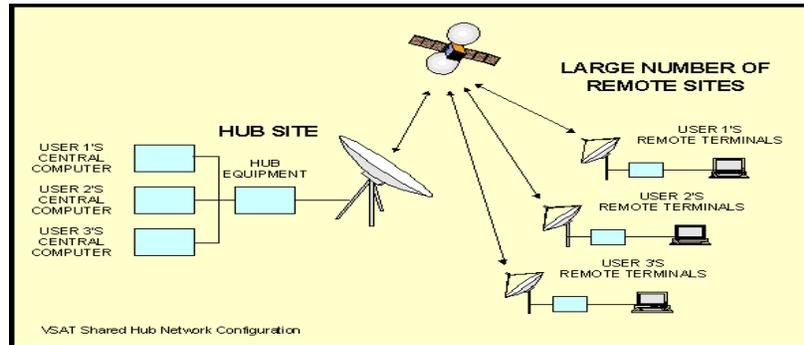


Figura 4. Sistema VSAT. [13]

4.2.2 Selección de tecnología.

Una vez analizadas las tecnologías más comunes utilizadas en entornos rurales se ha llegado a la conclusión de que la más conveniente es la tecnología IEEE 802.11-WIFI, ya que los equipos que trabajan bajo esta plataforma tienen ventaja con respecto a otros en cuanto al precio ya que lo que se desea es la optimización de recursos económicos. Además de esto dicha tecnología trabaja en frecuencias libres de licencia (bandas ISM), sin discutir la gran capacidad de ancho de banda. [13]

A continuación se presenta detalles de porque se ha elegido trabajar bajo esta plataforma y se hará un análisis más a fondo de la tecnología seleccionada.

- Posee una elevada tasa de transmisión nominal: hasta 11 Mbps para 802.11b, 54 Mbps para 802.11 a/g y 540 Mbps para 802.11 n; a un precio reducido, lo que convierte a WIFI en una de las mejores opciones para la transferencia de voz y datos. Es importante recalcar que la transferencia real neta obtenida está alrededor del 50% y 70% de estos valores. [11]
- Uso de frecuencias sin licencia en la banda ISM (2.4 y 5.8) GHz siendo un estándar ampliamente conocido y fácil de configurar lo que favorece los costos relativamente bajo de los equipos.

- Para enlaces con esta tecnología es indispensable tener línea de vista, pero el uso de repetidoras da solución a este problema pudiendo así incrementar la distancia para la conexión entre dos puntos.
- Al utilizar esta tecnología se permite alcanzar velocidades que van desde 1 a 54 Mbps, dependiendo del protocolo que se utilice sin dejar de lado la escalabilidad que brinda garantizando la inversión. [13]

Dentro de la familia IEEE 802.11 existe una gran variedad de versiones que requieren de su respectivo análisis.

4.2.2.1 Estándares IEEE 802.11.

Como se mencionó dentro de este estándar existen diferentes versiones siendo 802.11 a/b/g/n los que se dedican a las comunicaciones a largas distancias.

- **Aspectos Técnicos.**

El estándar 802.11 para redes LAN inalámbricas incluye una serie de enmiendas. Las enmiendas contemplan principalmente las técnicas de modulación, gama de frecuencia y la calidad del servicio (QoS). Como todos los estándares 802 del IEEE, el IEEE 802.11 cubre las primeras dos capas del modelo de OSI³ (Open Systems Interconnection), es decir la capa física y la capa de enlace.

El estándar IEEE 802.11, cuya revisión final fue aprobada en junio de 1997 define el funcionamiento en interoperabilidad de las redes inalámbricas. La especificación IEEE ha elegido la banda ISM para la definición del estándar de WLAN, garantizando su validez global por ser una banda disponible a nivel mundial. La banda ISM es para uso comercial sin licencia, limitando la potencia de transmisión para las redes locales inalámbricas a 100 mW. La norma no especifica aplicaciones, sino simplemente las especificaciones para la capa física para la transmisión inalámbrica y la capa de control de acceso al medio MAC. [11]

- **Técnicas de Modulación.**

³OSI: Modelo de arquitectura de red desarrollado por ISO e UIT-T. El modelo está compuesto por siete capas, cada una de las cuales especifica funciones de red individuales

Existen diferentes técnicas de modulación y la transferencia de datos está en dependencia de la elección de la misma. La idea de las diversas técnicas de modulación que se utilizan en IEEE 802.11 es lograr una codificación más eficiente de datos logrando así un mayor flujo de transferencia dentro de un mismo ancho de banda. Las técnicas más comunes se presentan a continuación.

- **FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum).**

El espectro ensanchado por salto de Frecuencia es una técnica de espectro ensanchado en la cual una señal es radiada sobre una serie de radiofrecuencias que son aleatorias saltando de frecuencia en frecuencia sincrónicamente con el transmisor hasta llegar al receptor.

El transmisor envía al receptor señales de sincronización que contienen la secuencia y la duración de los saltos. En el estándar IEEE 802.11 se utiliza la banda de frecuencia (ISM) que va de los 2.400 hasta los 2.4835 GHz, la cual es dividida en 79 canales de 1 MHz y el salto se hace cada 300 a 400 ms. Los saltos se hacen alrededor de una frecuencia central que corresponde a uno de los 14 canales definidos. Este tipo de modulación no es común en los productos actuales.[14]

- **DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).**

El espectro ensanchado por secuencia directa es una técnica de codificación que utiliza un código aleatorio para "modular" digitalmente una portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral (es decir, el nivel de potencia en cualquier frecuencia dada). La señal resultante tiene un espectro muy parecido al del ruido, de tal forma que a todos los radiorreceptores les parecerá ruido menos al que va dirigida la señal.

- **OFDM (Orthogonal Frequency – Division Multiplexing).**

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales es una técnica de multiplexación en donde para la transmisión se envía un conjunto de subportadoras en la cual cada una transporta información a diferentes frecuencias. La Multiplexación OFDM es

ideal para el multitrayecto frente al desvanecimiento e interferencias de RF, lo cual es importante para las transmisiones inalámbricas. En OFDM las subportadoras usadas para transmitir son escogidas de modo que sean ortogonales entre sí (desfase de 90° entre señales de la misma frecuencia).

- **TDMA (Time Division Multiple Access)**

Es una técnica de multiplexación que distribuye las unidades de información en “slots” de tiempo, proveyendo acceso múltiple a un reducido número de frecuencias. También se podría decir que es un proceso digital que se puede aplicar cuando la capacidad de tasa de datos de la transmisión es mayor que la tasa de datos requerida por los dispositivos emisores y receptores. En este caso múltiples transmisiones pueden ocupar un único enlace subdividiéndole y entrelazando las porciones.

- a.- **Norma IEEE 802.11 a.**

Características.

- Esta revisión fue aprobada en 1999.
- Velocidad de hasta 54 Mbps.
- Opera en la banda de 5 GHz.
- Menos saturado.
- No es compatible con las normas: 802.11 b y 802.11 g.
- Modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing.)
- Selección adaptativa de tasas (54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps.)
- 12 Canales no solapados (8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto.)

La frecuencia de 5 GHz introduce mayor atenuación en la transmisión en exteriores y es también absorbida en mayor grado por paredes y otros objetos, por lo que en general tiene menor alcance que la de 2,4 GHz; sin embargo, esto se puede compensar a veces utilizando antenas exteriores de mayor ganancia. [11]

b.- Norma IEEE 802.11 b.

Características.

- Velocidad de hasta 11 Mbps.
- Opera en la banda de 2.4 GHz.
- Módulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).
- Selección adaptativa de tasas (11, 5.5, 2, 1 Mbps). [11]

Actualmente cuenta con gran penetración en el mercado lo que ha permitido una notable reducción de precios.

c.- Norma IEEE 802.11 g.

Características.

- Velocidad máxima de hasta 54 Mbps.
- Opera en la banda de 2.4 GHz.
- Modulación DSSS y OFDM.
- Es compatible con 802.11 b e incluso utiliza las mismas frecuencias

Los equipos que trabajan bajo este estándar llegaron al mercado muy rápidamente, esto se debió a la compatibilidad existente entre los equipos de la 802.11 b. En la actualidad se venden equipos bajo esta especificación, que permite hacer comunicaciones de hasta 54 Mbps con antenas parabólicas apropiadas. Hay disponible una versión denominada 802.11 g+ que garantiza en teoría velocidades de hasta 108 Mbps pero solo utilizan equipos del mismo fabricante ya que utiliza protocolos propietarios.

El problema de un despliegue de una red bajo este estándar se basa en la realización de una normalización estricta de entornos reguladores ya que la división de canales establecidos para el rango de frecuencia establecida por esta norma, provoca interferencias entre equipos cuyas zonas de cobertura se solapan y puede llegar a impedir el uso de ambas redes de una forma eficiente. [11]

d.- Norma IEEE 802.11 n.

Características.

- Propuesta para mejorar la capacidad de los estándares anteriores.
- Tasa máxima de transferencia de hasta 540 Mbps en teoría.
- Utiliza SDM (Space Diversity Multiplexing).
- Agrega en sus especificaciones MIMO (Multiple-Input Multiple Output).

El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009, operando en las bandas de 2.4 y 5 GHz, aunque se espera que opere preferentemente en la segunda debido a que la primera está más ocupada. [11]

4.2.3 Comparación de estándares.

A continuación se presenta una tabla en donde se presente un resumen de las principales características de los estándares de la norma IEEE 802.11. Se presentan comparaciones en lo que respecta a banda de frecuencia de funcionamiento, tasa de transmisión de datos, compatibilidad, ancho de banda.

Tabla 2. Principales estándares de la familia IEEE 802.11. [11]

Estándar	Frecuencia	Tasa de transmisión	Compatibilidad
802.11 a	5 GHz	54 Mbps.	No
802.11 b	2.4 GHz	11 Mbps	Si (g)
802.11 g	2.4 GHz	54 Mbps	Si (b)
802.11 n	2.4/5 GHz	360/540 Mbps	Si (a,b,g)

Tomando en cuenta que IEEE 802.11n utiliza nuevas tecnologías que mejoran considerablemente su tasa de bits con respecto a los otros estándares, se considerará por trabajar con equipos que trabajen bajo esta norma, estos equipos serán detallados en capítulos posteriores. Ahora nos enfocamos en establecer aspectos técnicos que nos permiten conocer las mejoras de IEEE 802.11n con respecto a las normas IEEE 802.11 a/b/g.

4.2.4 Capa Física IEEE 802.11n.

La capa física de esta norma se desarrolló utilizando OFDM. Se utiliza esta técnica de acceso ya que es ideal para entornos de fading ante las posibles interferencias por cualquier medio de propagación, esto se debe a que modula el conjunto de datos en diferentes subportadoras y por tanto en caso de problemas se verían afectadas solo algunas subportadoras, las cuales pueden ser recuperadas con la utilización de algún método de corrección de errores.

Sin duda la principal novedad de esta versión es la utilización de MIMO siendo esto una tecnología que utiliza múltiples antenas transmisoras y múltiples antenas receptoras para mejorar el desempeño de una red, ya que se permite manejar más información que con la utilización de una.

MIMO depende de las señales multitrayecto, es decir utiliza este tipo de propagación para para incrementar la tasa de transmisión y reducir considerablemente la tasa de error.

En este tipo de sistemas, la cantidad de información que puede ser transportada depende de la cantidad de potencia de señal que excede el ruido en el receptor (SNR). Mientras mayor sea el valor de SNR, mayor será la cantidad de información que podrá llevar la señal y podrá recuperar el receptor.

A continuación se presentan las técnicas que utiliza MIMO para mejorar el SNR en el receptor.

- Transmit Beamforming: Esta técnica consiste en enviar diversas señales de radio desfasadas desde múltiples antenas que luego son luego añadidas en una única señal por el receptor. Al transmitir con más de una antena es posible coordinar la señal que se envía desde cada una de ellas, consiguiendo mejorar notablemente la señal recibida. [13]

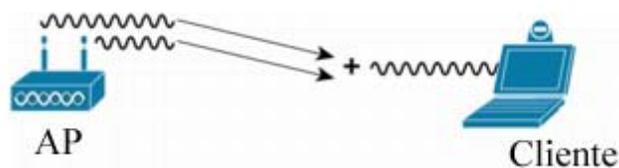


Figura 5. Representación del sistema Transmit Beamforming. [13]

- SDM (Spatial Division Multiplexion):** La Multiplexación por División Espacial es otra característica que MIMO incluye es el uso de muchos transmisores para la misma secuencia de datos, de ahí la llamada multiplexación por división espacial (SDM). Un conjunto de secuencias de datos independientes se envía dentro de un mismo canal, aumentando así el rendimiento de la transmisión en proporción al número de secuencias empleadas. Puesto que MIMO requiere antenas y procesamiento adicional, necesariamente los equipos que lo emplean son más costosos.

En esta norma IEEE 802.11n se agrega una técnica que está relacionada al aumento del rendimiento es “channelbonding” (unión de canales).

Este sistema permite utilizar simultáneamente dos canales no superpuestos como uno solo con el doble de capacidad de transmisión a mayor velocidad. Los canales a emparejar deben ser contiguos o adyacentes. Utilizando esta tecnología es posible sumar el ancho de banda de dos canales de 20 MHz para conseguir uno solo de 40 MHz, incrementando así el throughput.

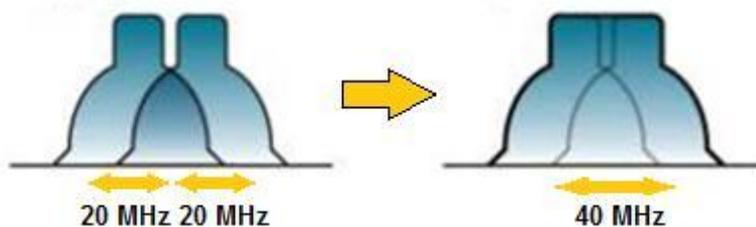


Figura 6. Channelbonding de dos canales de 20 MHz. [13]

Hay que recalcar que IEEE 802.11n debido a la funcionalidad en frecuencias de 2.4 y 5 GHz es capaz de ser compatible con equipos que han sido creados bajo las especificaciones de las versiones anteriores de 802.11n. En cuanto a la frecuencia bajo la cual se hará la realización de este diseño, esta será la de 5 GHz que comparando esta banda con la de 2.4 es mejor opción, no solo por la disponibilidad del espectro sino por la existencia de algunos parámetros técnicos, como por ejemplo el mayor ancho de banda que existe en este rango. [13]

4.3 FUNDAMENTOS DE DISEÑO.

En el presente capítulo se presentan los requerimientos y criterios para el diseño de la red de telemedicina haciendo uso de datos estadísticos e investigaciones que se han efectuado en los sitios que estarán cubiertos por el despliegue de la red.

4.3.1 Datos Generales.

El cantón Arenillas está ubicado en la parte Sur-occidental del territorio ecuatoriano, en la provincia de El Oro, con una extensión de 808.27 km², se conforma geográficamente por una Parroquia Urbana (cabecera cantonal), tres parroquias rurales (Chacras, Palmales y Carcabón) y cuarenta recintos rurales que en su mayoría se encuentran dispersos, poco desarrollados y débilmente comunicados.[15]



Figura 7. Mapa Político del cantón Arenillas. [15]

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de habitantes según el último censo de población y vivienda realizada el 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Tabla 3. Datos poblacionales del cantón Arenillas. [Fuente: INEC]

SITIOS	HOMBRE	MUJER	TOTAL
ARENILLAS (Urbano)	11.057	10.269	21.326
CARCABON (Rural)	391	345	736
CHACRAS (Rural)	818	720	1.538
PALMALES (Rural)	1.682	1.562	3.244
Total	13.948	12.896	26.844

4.3.2 Infraestructura de Salud del Cantón Arenillas.

En cuanto a infraestructura de salud, el cantón Arenillas cuenta con 9 elementos subdivididos de la siguiente manera:

- 1 Hospital Cantonal.
- 4 Subcentros de Salud

- 4 Puestos de Salud.

Cinco de estos elementos de salud se encuentran en la cabecera cantonal y los cuatro restantes se encuentran repartidos en las parroquias rurales, cabe recalcar que la atención en los centros de salud rurales brindan servicios muy básicos; en otras palabras no se cuenta con ningún personal médico que pueda ofrecer servicios de especialidad en lo que a salud se refiere, razón por la cual los habitantes de los sectores rurales cuando presentan casos particulares de enfermedades se ven obligados a viajar de 1 a 2 horas para poder llegar al Hospital cantonal el cual si brinda servicios de especialidad médica.

En la siguiente tabla se describe la infraestructura de salud existente en el cantón.

Tabla 4. Infraestructura de Salud existente en el Cantón Arenillas. [Fuente: Departamento de Estadística del Hospital cantonal Arenillas.]

SITIO	NOMBRE
ARENILLAS	Hospital Cantonal Arenillas
ARENILLAS	Subcentro de Salud San Isidro
ARENILLAS	Subcentro de Salud San Vicente
ARENILLAS	Puesto de Salud La Cuca
PALMALES	Subcentro de Salud Palmales
PALMALES	Puesto de Salud Manabí de El Oro
CARCABÓN	Puesto de Salud Carcabón
CHACRAS	Subcentro de Salud de Chacras

4.3.3 Proveedores de servicios de telecomunicaciones del cantón Arenillas.

Los proveedores de servicios de telecomunicaciones para el cantón Arenillas son de los tres grandes tipos: televisión, radio y servicios de datos (internet, voz) y la penetración de dichos servicios en la población está en el mismo orden.

La televisión que hay en el cantón es de carácter abierta y de paga, teniendo en la televisión abierta canales de cobertura nacional y de cobertura regionales, mientras que para la televisión pagada existen proveedores tales como: CNT TV, Claro T, Direct TV, Arena TV.

En cuanto a los proveedores de datos la empresa CNT tiene la mayor cobertura dentro del casco urbano brindando sus servicios con Fibra óptica o mediante la red ADSL. Existen otros proveedores de menor envergadura como es el caso de la empresa Orsot Sistemas, Digital Net. Lamentablemente la cobertura de servicios de telecomunicaciones en el sector rural es deplorable a tal punto que no se cuenta con estos servicios.

4.3.4 Inspección de Áreas prioritarias.

Para establecer el despliegue total de la red se han tomado en consideración factores importantes tales como: accesibilidad a las unidades operativas tomando en cuenta el tipo de vía existente sin dejar de lado la cantidad de kilómetros que se toma de llegar desde un sector rural hasta el sector urbano. En algunos casos se puede dar el asunto de que la distancia en kilómetros sea corta pero debido al mal estado de la vía de acceso, el tiempo de viaje son relativamente altas.

Es importante mencionar que los accesos viales a las diferentes unidades de salud rurales son vías que se encuentran en un estado regular, salvo la vía que conecta con el puesto de salud ubicado en Manabí de El Oro ya que el acceso es sumamente complicado debido al estado deplorable en el que se encuentra la vía de paso.

Cabe recalcar que en esta tesis el diseño de la red de telemedicina abarca incluso los Subcentros y Puestos de Salud ubicados en el caso urbano de tal manera que toda la infraestructura de salud se encuentre integrada mediante los servicios telemédicos.

En resumen, tomando en cuenta estos aspectos, se ha considerado incluir a todas las unidades de salud dentro del diseño que abarcara este proyecto.

A continuación se presenta una tabla en la que se da mayores detalles en cuanto a la distancia entre el Hospital Cantonal y las diferentes unidades operativas.

Tabla 5. Subcentros y Puestos de Salud del cantón.

Unidad de Salud	Lugar	Distancia al Hospital Cantonal		Tipo de Vía
		Distancia (Km)	Tiempo (min)	
Centro de Salud San Isidro	Arenillas	4	10	Buena
Centro de Salud	Arenillas	3	8	Buena

San Vicente				
Puesto de Salud La Cuca	Arenillas	8	20	Regular
Subcentro de Salud Palmales	Palmales	25	45	Buena
Puesto de Salud Manabí de El Oro	Palmales	40	120	Mala
Puesto de Salud Carcabón	Carcabón	25	50	Regular
Subcentro de Salud de Chacras	Chacras	20	40	Regular

4.3.4.1 Recurso Humano en las Unidades de Salud.

Mediante la información recolectada en las Unidades de Salud del cantón se ha podido establecer el recurso humano existente.

Tabla 6 Recurso Humano que labora en las Unidades de Salud del cantón Arenillas.

Unidad de Salud	Recurso Humano
Hospital Cantonal Arenillas	1 Director de Hospital 2 Secretarias 4 Médicos tratantes 8 Médicos residentes 3 Médicos especialistas 2 cirujanos 2 ginecólogos 1 anestesista 16 Enfermeras 2 odontólogos 3 psicólogos 4 Auxiliar de enfermería 4 Servicio Institucional 2 Técnicos TIC's. 2 Técnicos Eléctricos.

	1 Asistente profesional 1 guarda almacén 2 Auxiliares de laboratorio 1 doctora de laboratorio 1 Inspector Sanitario 3 Personal de malaria 27 trabajadores
Subcentro de Salud San Isidro	1 Auxiliar de enfermería 1 Medico 1 licenciada de enfermería 1 Obstetriz. 1 odontólogo
Subcentro de Salud San Vicente	1 Medico 1 Odontólogo 1 Licenciada de enfermería 1 Interno de enfermería
Puesto de Salud La Cuca	1 medico Contratado 1 Interno de enfermería 1 odontólogo
Subcentro de Salud Palmales	1 Auxiliar de enfermería 1 Medico contratado 1 Medico 1 Obstetriz 1 odontólogo
Puesto de Salud Manabí de El Oro	1 Licenciada de enfermería
Puesto de Salud Carcabón	1 Auxiliar de enfermería 1 Auxiliar de malaria 1 Medico contratado 1 Odontólogo 1 Estadística
Subcentro de Salud de Chacras	1 Auxiliar de enfermería 1 Auxiliar de malaria 1 Medico contratado Odontólogo

4.3.4.2 Actualidad y Necesidades tecnológicas de las Unidades de Salud.

Se analiza la situación actual en cuanto a servicios de telecomunicaciones y también las necesidades tecnológicas de las Unidades de Salud del Cantón Arenillas.

Tabla 7 Recursos Tecnológicos en las Unidades de Salud del Cantón Arenillas.

Unidad de Salud	Computadoras	Internet	Telefonía
Centro de Salud San Isidro	1	Si	Si
Centro de Salud San Vicente	1	Si	Si
Puesto de Salud La Cuca	0	No	No
Subcentro de Salud Palmales	0	No	No
Puesto de Salud Manabí de El Oro	0	No	No
Puesto de Salud Carcabón	0	No	No
Subcentro de Salud de Chacras	1	No	No

En la tabla anterior se puede evidenciar la falta de recursos tecnológicos en las Unidades de Salud principalmente en las del sector rural ya que son las que no poseen ningún tipo de equipo tecnológico. Las Unidades de Salud del sector Urbano si cuentan con tecnología pero de muy baja calidad.

4.3.5 Herramientas de Diseño.

4.3.5.1 Obtención de Coordenadas.

De la misma manera en las inspecciones realizadas se ha hecho necesario la utilización de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para la obtención de las coordenadas geográficas de los distintos sitios, datos que son necesarios para poder realizar el diseño de los radio enlaces de la red de telecomunicaciones.

En la siguiente tabla se detallan los datos obtenidos.

Tabla 8. Coordenadas Geográficas de los sitios.

Unidad de Salud	Coordenadas Geográficas		Altura a Nivel del mar (m)
	Latitud	Longitud	
Hospital Cantonal	-3° 33' 18.0858"	-80° 4' 15.2538"	47
Centro de Salud San Isidro	-3° 33' 0.597"	-80° 3' 38.2602"	33
Centro de Salud San Vicente	-3° 33' 36.0318"	-80° 3' 42.3714"	81
Puesto de Salud Rural La Cuca	-3° 29' 47.3238"	-80° 4' 10.5378"	20

Centro de Salud Rural Palmales	-3° 39' 58.3554"	-80° 6' 2.0736"	70
Puesto de Salud Manabí de El Oro	-3° 43' 46.4016"	-80° 7' 34.4892"	68
Puesto de Salud Cañas	-3° 39' 57.7296"	-79° 57' 28.839"	78
Puesto de Salud Carcabón	-3° 37' 33.153"	-80° 11' 9.7376"	31
Subcentro de Salud Rural Chacras	-3° 32' 59.838"	-80° 12' 6.2604"	25

4.3.5.2 Software de Simulación.

El software de simulación que se ha establecido para trabajar con el diseño de los enlaces es el Radio Mobile que es un programa de simulación de radiopropagación gratuito para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 40 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model). Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo. Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA Shuttle Terrain Radar Mapping Misión (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m). [16]

Algo que se debe tomar en cuenta al momento de la simulación es garantizar una confiabilidad del enlace del 99.99%, esto se logra teniendo como mínimo 20 dB sobre el umbral [20], ya que los resultados que se obtienen en la simulación son datos teóricos y al aumentar el margen estamos tomando en cuenta diferentes factores que en una virtual implementación de este proyecto se pudiese presentar, de tal modo que se está garantizando un buen diseño y desempeño de la red.

4.3.6 Aplicaciones principales de la Red de Telemedicina.

Se ha tomado en consideración que para un desempeño óptimo de la red de telemedicina, esta debe cubrir las siguientes características.

- a) Teleeducación, tiene como objetivo capacitar al personal de salud y a la población en general.
- b) Teleconsulta y Telediagnóstico, tiene como objetivo la interacción entre paciente-medico, medico-medico; esto con el fin de poder brindar un diagnóstico de un cuadro clínico presente en un paciente o el debate del mismo entre profesionales.
- c) Telemonitorización, tiene como objetivo realizar un seguimiento a los pacientes para evitar una posible complicación.

4.3.6.1 Determinación de necesidades desde el punto de vista de médico-tecnológicas.

Tomando en cuenta los criterios del apartado anterior y las necesidades que se han palpado durante las visitas a las Unidades de Salud la red de telemedicina contara con los siguientes equipos y servicios específicos.

- **Telefonía VoIP.**

Muy indispensable en todas las unidades de salud ya que se permitirá llevar acabo comunicaciones telefónicas entre Hospital, Centros y Subcentros. Todo esto se lo realizara con la adquisición de equipos que permitan la transmisión de voz sobre el protocolo de internet IP. DE esta manera se podrá generar diversas consultas que pueden hacer los médicos de los Subcentros y Puesto de Salud a los especialistas del Hospital Cantonal.

- **Sistema de Video Conferencia.**

Es quizás el principal servicio que existe en un sistema de telemedicina. Mediante este tipo de prestación se puede realizar una comunicación directa entre paciente-medico, médico-

medico, médico-especialista, con el fin de compartir criterios con respecto a un caso clínico específico. Los profesionales además pueden realizar un constante telemonitoreo y telediagnóstico para verificar la evolución de los pacientes. Para esto se hace necesaria la adquisición de cámaras Web que permitan la transferencia de video.

- **Equipos de evaluación utilizados en telemedicina.**

En los Subcentros y Puestos de Salud se contara con equipos terminales para evaluar a pacientes, hablamos de espirómetro, estetoscopios, electrocardiógrafo.

El primero (Espirómetro) es utilizado para atender Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y evalúan el rendimiento de los pulmones así como otros elementos pertenecientes a las vías respiratorias y este equipo dará un resultado acertado sobres los defectos que existen en el sistema de respiración de las personas y dichos resultados pueden ser enviados a través de la red de telemedicina.

El segundo (estetoscopio) equipo de telemedicina básicamente sirve para escuchar los sonidos del corazón como del pecho para evaluar que tan bien están trabajando dichos órganos y evaluarlos. Estos equipos también estarán conectados a la red y se transmitirán dichos sonidos a través de la red.

El tercero (electrocardiógrafo) es un equipo que nos sirve para la adquisición de señales biomédicas cardiacas, dichas señales también podrán ser enviadas a través de la red.

- **Navegación en internet.**

Es una aplicación indispensable para los puestos de salud en casos de emergencia ya que el personal de auxiliar de enfermería podría consultar en la web sobre qué medida tomar en eventuales complicaciones donde se necesite ayuda inmediata.

- **Transferencia de Datos.**

La transferencia de archivos médicos (imágenes, diagnósticos, datos generales) es fundamental para poder realizar a distancia un seguimiento permanente y continuo de los pacientes.

- **Equipos de Cómputo.**

En las Unidades de Salud existirán equipos de cómputo, en estos equipos se conectarán los dispositivos de telemedicina para que la información obtenida de dichos equipos puedan ser transmitidos de forma eficiente a través de la red de telemedicina y así el doctor especialista pueda atender de manera eficiente a los Subcentros y puestos de Salud remotos.

4.4 DISEÑO DE LA RED.

El diseño debe cumplir con estos requisitos para una funcionalidad eficaz de la red para lo cual se hace necesaria la adquisición de equipos adecuados que permitan el cumplimiento de todas las aplicaciones mencionadas en el capítulo anterior. De la misma manera se requiere de un dimensionamiento de la red, especificando los anchos de banda requeridos para la funcionalidad de las aplicaciones.

4.4.1 Dimensionamiento de la red de VoIP.

Como una nueva opción a la Red Telefónica Pública aparece la VoIP la cual consiste en digitalizar la voz y comprimirla en paquetes de datos. Dicho servicio es muy útil cuando se quiere establecer una red telefónica entre puntos de una misma organización y se tiene a disposición una red de datos, específicamente una red que funcione bajo el protocolo IP

En cada Unidad de Salud existirá el servicio de VoIP para lo cual se requiere un análisis técnico para que dicho servicio se pueda producir.

4.4.1.1 Elección del CODEC.

Un CODEC es un algoritmo para codificar y decodificar una conversación de voz en el caso de VoIP, y estos datos son transportados por el protocolo RTP (Real Time Protocol). La voz y el sonido está en forma análoga y necesita convertirse a digital para ser transportada sobre una red de datos así mismo la voz debe de ser decodificada en la recepción para poder escucharla. A continuación procedemos a analizar los diferentes tipos de CODEC de voz y compararlos entre ellos para elegir la mejor opción.

Tabla 9 CODEC de voz para telefonía VoIP. [17]

CODEC	Frecuencia de Muestreo (KHz)	Retardo (ms)	Tasa de bits (Kbps)
G.711	8	0,125	64
G.723.1	8	1	6.4
G.726	8	0,125	32
G.729	8	15	8

De la tabla anterior concluimos que el CODEC G.711 es la mejor opción ya que entrega la mejor calidad de voz debido a su considerable tasa de bits, introduce un retardo bajo y es menos susceptible en comparación a los otros Códecs. Otra consideración importante fue que para sistemas de telemedicina el CODEC en mención es la mejor recomendación.

4.4.1.2 Tráfico generado por el CODEC de VoIP.

En las Unidades de Salud existirá un terminal que brindará este servicio. Para hacer la estimación del tráfico de voz se toma como base la situación más crítica, la cual se

presentaría si todas las Unidades de Salud están tratando de establecer comunicación en una hora pico. Se toman en cuenta parámetros básicos como un tiempo de duración de una llamada promedio de tres minutos y un grado de servicio del 2%.

Se utilizó la calculadora Erlangs y Ancho de Bando VoIP, disponible en línea para estimar el ancho de banda requerido para transportar una cifra de valor de tráfico en la hora pico.

Dicha calculadora está basada en el modelo de tráfico Erlang B, para poder utilizar esta calculadora se deben establecer el CODEC utilizado, la frecuencia de transmisión de los paquetes, luego se deben ingresar dos de las siguientes variables solicitadas. [18]

- BHT (en Erlangs). Es el número de horas tráfico de llamadas que hay durante la hora pico de un sistema telefónico.
- Bloqueo: Es la falla de llamadas debido a un número insuficiente de líneas disponibles.
- Ancho de Banda: Es la cantidad de Ancho de Banda en Kbps necesarios a través de una red basada en IP para el tráfico.

Ecuación 1.

$$BHT = \frac{\text{Duracion de llamada promedio (segundos)} * \text{ocupacion de canal}}{3600 \text{ segundos}}$$

$$BHT = \frac{180 \text{ segundos} * 7}{3600 \text{ segundos}} = 0.35 \text{ Erlang.}$$

Los parámetros definidos en la calculadora son el CODEC G.711 que ya fue seleccionado en el apartado anterior, con una duración de 20 ms y un grado de servicio del 2%.

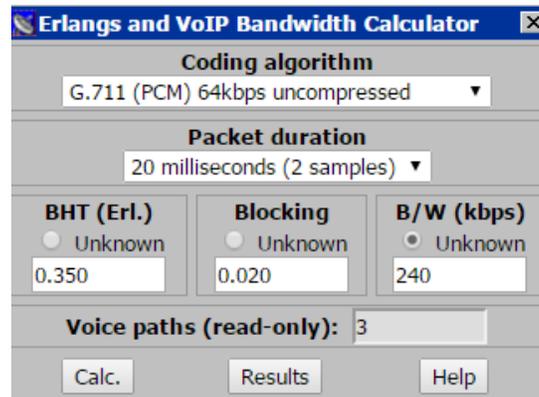


Figura 8. Calculadora Erlang y ancho de banda VoIP.

4.4.2 Cálculo del tráfico total de voz.

Para conocer la sobrecarga adicional generada por el CODEC se debe tomar en cuenta las cabeceras de los protocolos IP, UDP y RTP de los paquetes de voz.

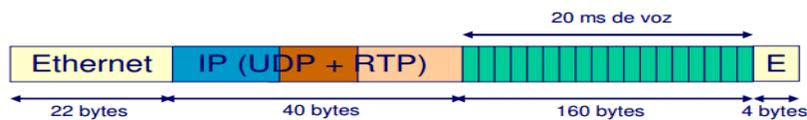


Figura 9. Trafico adicional causado por las cabeceras de los protocolos.

Para conocer la sobrecarga que se añade a cada paquete se hace uso de la siguiente ecuación.

Ecuación 2.

$$\text{Overhead por paquete} = \text{Encabezado RTP} + \text{Encabezado UDP} + \text{Encabezado IP} + \text{Encabezado Ethernet}$$

$$\text{Overhead por paquete} = 40 \text{ bytes} + 22 \text{ bytes}$$

$$\text{Overhead por paquete} = 62 \text{ bytes}$$

Luego calculamos la cantidad de paquetes que se transmiten por segundo.

Ecuación 3.

$$Pr = \frac{1}{(N)(Tt)}$$

Donde:

Pr= tasa de paquetes

Tt=Tamaño de la trama (ms)

N= tramas por paquete y se calcula con la siguiente formula.

Ecuación 4.

$$N = \frac{\text{Duracion del paquete}}{\text{Tamaño de la trama}}$$

El tamaño de la trama para el CODEC G.711 es 0.125 ms y si se establece una duración de paquete de 20 ms, se tendrá lo siguiente.

$$N = \frac{20 \text{ ms}}{0.125 \text{ ms}}$$

$$N = 160 \text{ tramas por paquete}$$

Y resolviendo la ecuación 3.

$$Pr = \frac{1}{160 * 0.125ms}$$

$$Pr = 50 \text{ paquetes por segundo}$$

Al conocer la tasa de paquetes se puede hallar el overhead total que se añade al tráfico generado por el CODEC en un canal de voz.

Ecuación 5.

$$\text{Overhead en un canal de voz} = \left(50 \frac{\text{paquetes}}{\text{segundo}} \right) * (62 \text{ bytes}) * (8\text{bits}/1\text{bytes})$$

$$\text{Overhead en un canal de voz} = 24.8 \text{ Kbps}$$

Por tanto el tráfico generado por VoIP por cada Unidad de Salud es la suma del tráfico generado por el CODEC mas el overhead en un canal de voz.

Ecuación 6.

Trafico total VoIP = trafico generado por el CODEC + Overhead en un canal de voz

Trafico total VoIP = 240 Kbps + 24.8 Kbps

Trafico total VoIP = 264.8 Kbps

4.4.3 Dimensionamiento de la red de Videoconferencia.

En la actualidad las videoconferencias IP ofrecen una solución efectiva para prestar servicios de buena calidad de audio y como tal son muy útiles en sistemas de telemedicina. Con la implementación la videoconferencia se está cumpliendo con el servicio de teleeducación y teleconsulta.

4.4.3.1 Tecnología de Videoconferencia.

Las videoconferencias se dividen de acuerdo a la tecnología que usan, para el caso de tecnología IP, se usa el estándar H.323 y SIP. Dichos protocolo establece una base para comunicaciones de audio y video a través de una red IP. H.323 es parte de la familia de recomendaciones de ITU-T serie H.320, que provee servicios de comunicaciones multimedia sobre una variedad de redes.

Los Códecs de audio que usa este estándar son

- G.711
- G.722
- G.723.1
- G.729

Para el caso de video se utilizan los siguientes Códecs.

- H.261
- H.263

4.4.3.2 Cálculo de tráfico en Videoconferencia.

El cálculo del ancho de banda para la transmisión de videoconferencia está en función de las aplicaciones para lo que se requiera. Es por eso que se hace un análisis de los diferentes tipos de video conferencia y el ámbito en que se las ocupa.

- **Tipos de Videoconferencia.**

Como ya se mencionó los tipos de video conferencia se dan en función de la aplicación que se vaya a implementar. Los principales son:

- a.- Videoconferencia personal de baja calidad: ideal para conversaciones informales de 2 personas. Transmite en un rango de velocidades entre los 28.8 y los 64 Kbps sobre líneas telefónicas.
- b.- 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 128 Kbps.
- c.- Videoconferencia de calidad intermedia: ideal para reuniones en torno a una mesa Se transmite en un rango de velocidades entre los 128 y los 384 Kbps. Sobre tecnología IP en internet.
- d.- Videoconferencia de alta calidad: Necesaria para grandes reuniones. Opera en un rango de velocidad entre 384 Kbps y los 2 Mbps.

La video conferencia de alta calidad es la que se necesita para un sistema de videoconferencia en telemedicina, por lo tanto se establece que la velocidad de esta aplicación será de 2 Mbps para proveer de una calidad excelente.

4.4.4 Dimensionamiento Red de datos.

Este tráfico es generado por el acceso a internet, transferencia de archivos, correo electrónico, sistema de historias clínicas, citas médicas. A continuación se especifican algunas aplicaciones y se realizan los cálculos necesarios para obtener el ancho de banda de la red de datos.

- **Navegación en Internet.**

Aplicación que se puede utilizar para consultas del personal de las Unidades Rurales ante el desconocimiento de algún caso específico.

El peso promedio de una página en internet es de 100 a 512 KB y se estima que un usuario puede abrir o cargar unas 200 páginas web en 20 min.

Ecuación 7.

$$V = \frac{512 \text{ Kilobytes}}{1 \text{ envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{200 \text{ envío}}{15 \text{ min} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg.}} * 1 \text{ usuario}$$

$$V = 2910 \text{ Kbps} \cong 3 \text{ Mbps}$$

- **Correo electrónico.**

El uso del correo electrónico utilizado por los usuarios en las Unidades de Salud involucra enviar y descargar archivos que por lo general en telemedicina son de máximo 2 MB. Se estima que para algún caso específico se envían o recibirán 10 archivos en 20 min.

$$V = \frac{2 \text{ Megabytes}}{1 \text{ envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{8 \text{ envío}}{20 \text{ min} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg.}} * 1 \text{ usuario}$$

$$V = 106.7 \text{ Kbps}$$

- **Transferencia de Archivos.**

En esta aplicación entra el envío de imágenes, textos y datos. En el primer caso el peso aproximado de una imagen de alta calidad de 2048*1536 pixeles es de aproximadamente 2 Megabytes (de la misma manera estas imágenes son generadas por los dispositivos médicos). Se estima que para caso de estudio se envía en promedio 6 imágenes en un periodo de 20 min.

$$V = \frac{2 \text{ Megabytes}}{1 \text{ envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{6 \text{ envío}}{20 \text{ min} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg.}} * 1 \text{ usuario}$$

$$V = 80 \text{ Kbps}$$

Para los textos o datos de archivo como WORD y PDF generados por los dispositivos médicos (estetoscopio, espirómetro, electrocardiógrafo) que existirán en cada Unidad de

Salud, se considera en promedio que tienen un tamaño de 1.5 Megabytes. Se considera que para cada caso de estudio se envía de 6 a 10 archivos en 20 minutos.

$$V = \frac{1.5 \text{ Megabytes}}{1 \text{ envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{10 \text{ envío}}{20 \text{ min} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg.}} * 1 \text{ usuario}$$

$$V = 100 \text{ Kbps}$$

Además se considera que en promedio para los servicios de historias clínicas y citas médicas un total de 20 Kbps.

En la siguiente tabla se presenta un resumen del ancho de banda necesario para la red de datos e internet por cada Unidad de Salud.

Tabla 10 Ancho de banda requerido para la de Red de datos e internet.

Aplicaciones	Ancho de Banda (Kbps)
Navegación en Internet	2000
Correo Electrónico	106.7
Transferencia de Archivos	180
Historias Clínicas, Citas médicas	20
	2306.7 Kbps

4.4.5 Tráfico total necesario por cada Unidad de Salud.

Una vez analizados los diferentes anchos de banda se presenta la siguiente tabla con el ancho de banda necesario por cada Unidad de Salud.

Tabla 11 Ancho de banda Requerido por cada Unidad de Salud.

Servicio	Ancho de Banda (Kbps)
Red VoIP	264.8
Red Videoconferencia	2000
Red Datos e Internet	2306.7
	4403.5 Kbps \cong 5 Mbps

De la tabla anterior se puede concluir que por cada Subcentro y Puesto de Salud existente en el cantón Arenillas se necesitan 5 Mbps. Para poder tener un sobredimensionamiento de

la red y por criterio de diseño multiplicaremos a la tasa de bits por un factor de confiabilidad el cual será el 20% de la tasa de bits calculada, por lo tanto tendremos que por cada Unidad de Salud se necesitaran 6 Mbps.

Una vez analizado el ancho de banda requerido por cada unidad de salud se procederá con el diseño de la red de telecomunicaciones que interconecte al Hospital principal con todos los centros y puestos de salud. Para ellos se realizara pruebas de radio enlaces y de no ser posible llegar a tener el enlace se dispondrá de estaciones repetidoras con el fin de proveer un diseño eficiente.

4.4.6 Análisis de propagación de una red.

Luego de analizar el ancho de banda requerido por cada unidad de salud se procederá al diseño de la red que interconecte a las unidades de salud con el Hospital Cantonal. Para ello se realizaran pruebas de radio enlaces y de no ser posible llegar a tener enlace, se considerara el uso de estaciones repetidoras y se establecerá la mejor disposición de los sitios repetidores con el afán de establecer una red eficiente.

4.4.6.1 Estudio Topográfico.

Este estudio comprende un análisis de la superficie terrestre de las zonas de interés de tal modo que se permita la localización, en este caso, de las diferentes unidades de salud del cantón Arenillas. Así mismo localizar un punto estratégico para el establecimiento de una estación repetidora que permita interconectar todos los puntos de acción.

A continuación se presenta la ubicación de las unidades de salud tanto en el sector urbano, como en el sector rural.

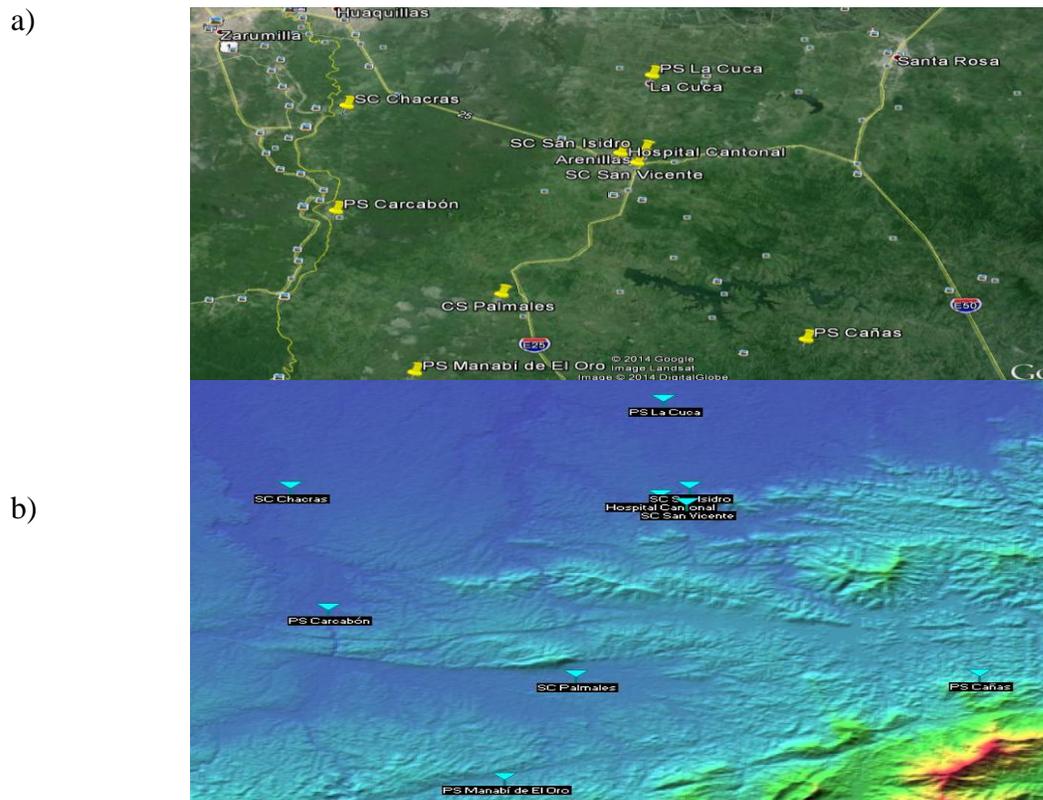


Figura 10. Localización de las Unidades de Salud Urbanas y Rurales del cantón Arenillas,

a) Vista en Google Earth, b) Vista en mapa de relieves SRTM

El cantón Arenillas es un cantón costero y fronterizo. En cuanto a su orografía, esta es irregular, presentándose altitudes que oscilan entre los 8 y 307 metros. Como resultado de aquello no existe línea de vista hacia algunas Unidades de Salud, razón por la cual se hace necesaria la utilización de estaciones repetidoras que se encuentren en sitios estratégicos de tal modo que se tenga salida hasta el Hospital Cantonal.

Los puntos críticos una vez analizados los perfiles de los terrenos se presentan en los enlaces entre:

- Hospital Cantonal-SC Palmales.
- Hospital Cantonal-PS Manabí de El Oro.
- Hospital Cantonal-PS Cañas.
- Hospital Cantonal-PS Carcabón.

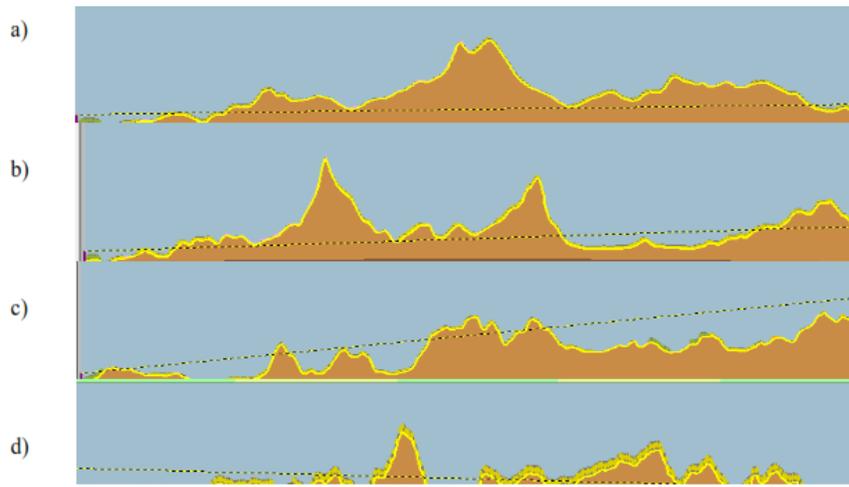


Figura 11. Prueba de Línea de vista, a) HC-SCPalmalés, b) HC-PSManabí de El Oro, c) HC- PSCañás, d) HC-PSCarcabón.

Como se observa no existe línea de vista desde el Hospital Cantonal hasta algunos Subcentros y Puestos de Salud.

Ahora lo ideal es utilizar infraestructura ya existente para reducir significativamente el margen de inversión. Las grandes empresas del país sean estas portadoras de datos u operadoras de servicios poseen gran infraestructura de telecomunicaciones, es así que realizando las debidas gestiones se puede alquilar un espacio dentro de la infraestructura ya establecida. Pero, lamentablemente no existe alguna infraestructura que se pueda utilizar, debido a la no cobertura de servicios de telecomunicaciones en las parroquias y sitios donde se encuentran las unidades de salud que forman parte de los puntos críticos por la no línea de vista hasta el Hospital Cantonal.

En otras palabras la disposición de la red de telemedicina quedaría de la siguiente manera:

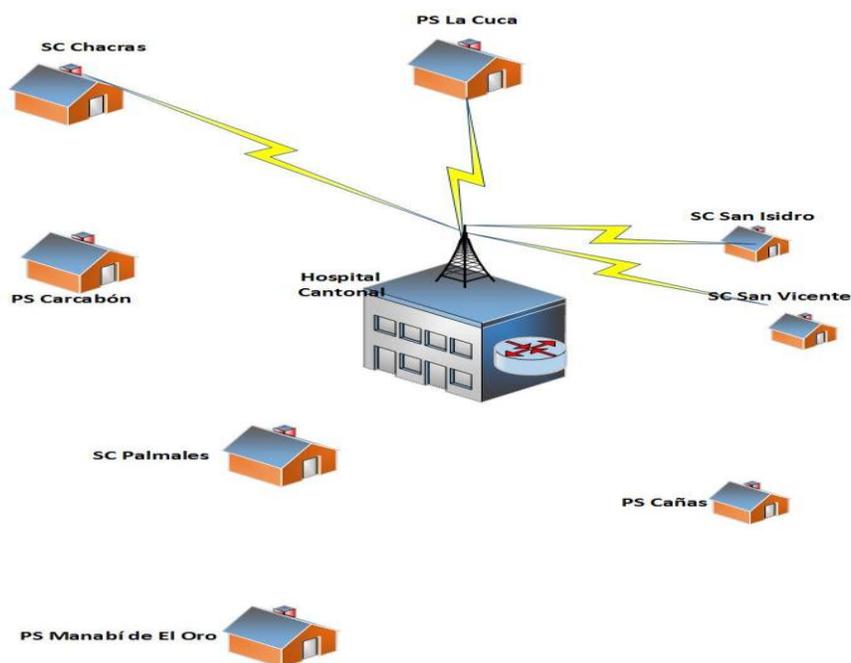


Figura 12. Disposición de la Red sin uso de repetidoras.

Como se observa existen Unidades de Salud que quedan fuera del despliegue de la red, entonces la solución que se propone y que es más factible para que se cumpla el objetivo general que es diseñar una red inalámbrica "integral" es la propuesta de nuevas estaciones repetidoras, obviamente analizando los diferentes aspectos técnicos.

4.4.6.2 Localización de estaciones repetidoras.

Determinar un punto geográfico en un cerro para poderlo establecer como lugar para la ubicación de una nueva estación repetidora no es suficiente con tan solo ubicarlo en software o carta topográfica, sino que se deben evaluar parámetros como el acceso a dicho cerro.

El perfil topográfico del cantón Arenillas a simple vista se presta para la ubicación de estaciones repetidoras, dada la existencia de cerros que no sobrepasan los 300 metros, pero para poder dar selección a un punto geográfico se analizaron las condiciones más óptimas, específicamente las carreteras que existían en dichas zonas determinándose así los sitios de mayor factibilidad.

Se hace necesaria la existencia de dos estaciones repetidoras ya que la geografía del cantón para poder establecer los enlaces hasta cada una de las unidades de salud así lo requiere.

Por esto es obligatorio un enlace entre estaciones repetidoras y desde dichas estaciones repetidoras hasta las unidades de salud que forman parte de los puntos críticos de tal modo que exista una comunicación total entre todas las unidades de salud pública del cantón Arenillas.

Es así que analizando los diferentes puntos geográficos se ha determinado que los sitios que mejor se adaptan al despliegue de la red son: la loma Palmales y la loma Manabí de El Oro cuyas ubicaciones de latitud y longitud son las siguientes:

Tabla 12. Datos de ubicación de nuevas Repetidoras.

Nombre de Repetidora	Coordenadas del Sitio		Altura a nivel del mar
	Longitud	Latitud	
Repetidora Palmales	80°04'37,1'' W	3°36'46,9'' S	170 m
Repetidora Manabí de El Oro	80°07'18,4'' W	3°43'11,6'' S	260 m



Figura 13. Ubicación de las repetidoras en Google Earth.

Para poder observar la disponibilidad de rutas se ha hecho uso de la aplicación disponible en línea Waze ⁴. Esta es una aplicación que brinda información actualizada y en tiempo real sobre reportajes de tráfico y reportajes de todas las carreteras alrededor del mundo, la segunda función es para lo que se utilizó la aplicación.

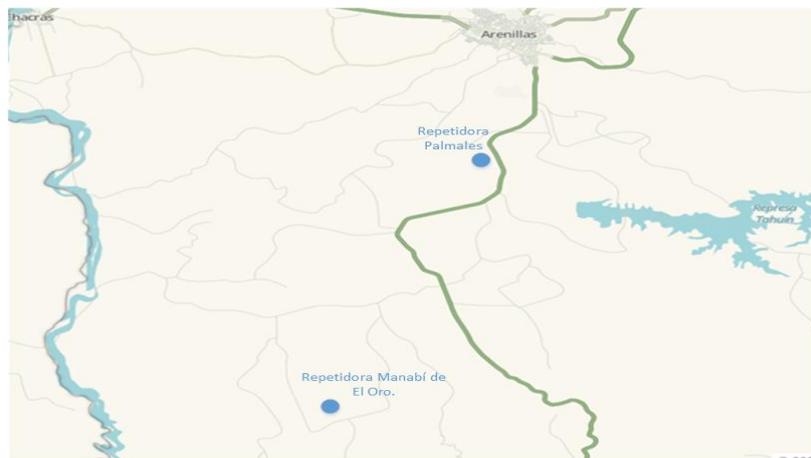


Figura 14. Ubicación de estaciones repetidoras en software Waze.

⁴ Waze: Aplicación en línea que brinda información de tráfico.

En la imagen se puede observar la cercanía existente desde los puntos donde estarán las repetidoras hasta las carreteras más cercanas. Estas distancias no superan los 400 metros y tienen fácil acceso desde el fin de carretera hasta el lugar en sí donde estará la repetidora ya que son sectores ganaderos y sectores de agricultura que ya han sido adaptados a las necesidades de los dueños de los terrenos, razón por la cual existe fácil desplazamiento dentro de los predios de los propietarios.

La aplicación (Waze) como tal, hace señalización a las carreteras principales con un mayor tono de imagen, y las de menor tono son carreteras secundarias. Teniendo como una desventaja la ubicación de la repetidora en Manabí de El Oro, ya que la vía de acceso en gran parte es de tercer orden (mal estado) lo cual dificulta el acceso, pero no lo hace imposible.

Con la existencia de la nueva infraestructura de telecomunicaciones se está permitiendo la existencia de línea de vista hasta los puntos críticos para poder establecer los enlaces que abarca el diseño, en la imagen se presentan las pruebas realizadas desde las nuevas repetidoras hasta las unidades de salud que estaban quedando fuera del diseño debido a la NLOS.

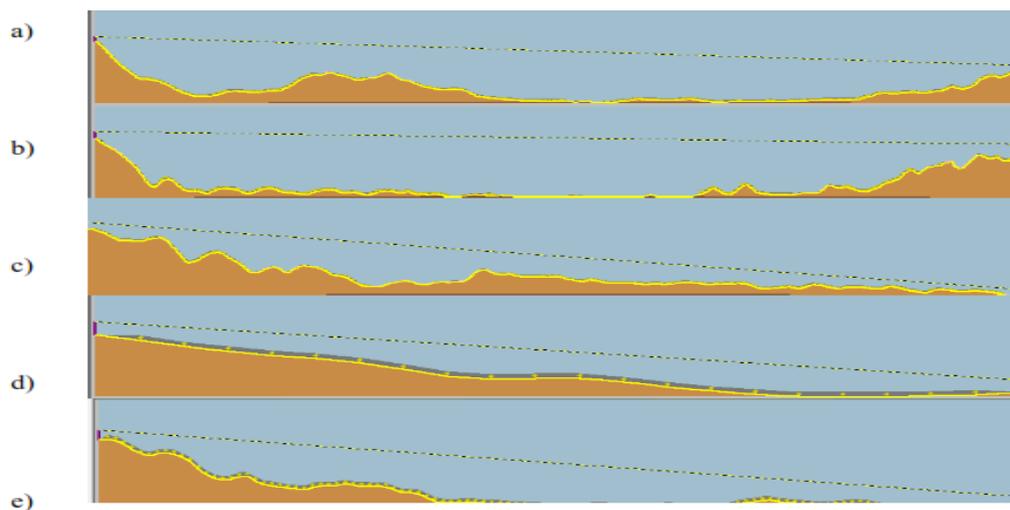


Figura 15. Línea de vista entre: a) Estación Rep. Palmales- Estación Rep. Manabí de El Oro, b) Rep. Palmales-PS Cañas. c) Rep. Palmales-PS Carcabón, d) Rep. Manabí de El Oro-SC Palmales. e) Rep. Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro

Con este análisis se puede decir que todas las Unidades de Salud del cantón estarán dentro del despliegue de la red de telemedicina. Entonces al integrarse a la red la Repetidora Palmales y la Repetidora Manabí de El Oro la interconexión de los diferentes radioenlaces para las 8 unidades entre Subcentros y Puestos de salud se puede visualizar de la siguiente manera:

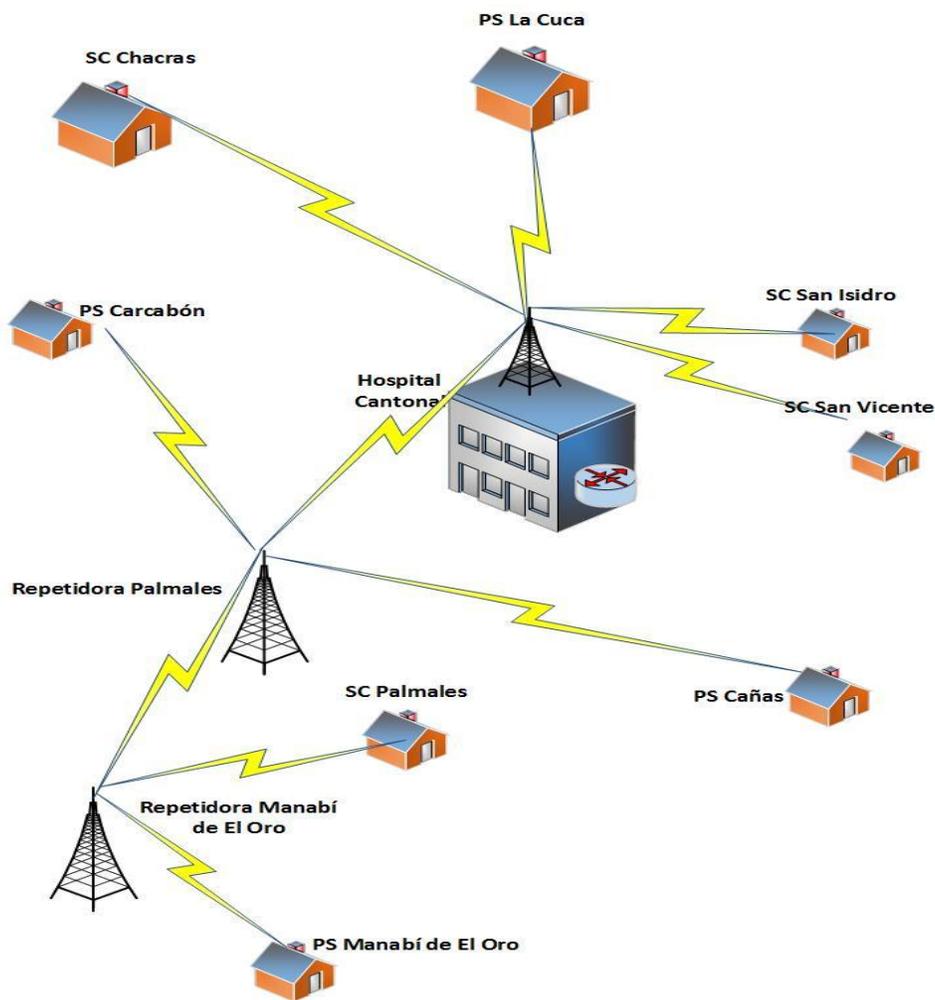


Figura 16. Despliegue total de la red con las nuevas repetidoras.

4.4.6.3 Diseño de la infraestructura de telecomunicaciones para las estaciones repetidoras.

Como se mencionó en el punto anterior se necesita de estaciones repetidoras para lograr la interconexión entre todas las unidades de salud del cantón, esto a su vez implica el estudio de todo lo que se requiere para la implementación de una nueva infraestructura de telecomunicaciones.

Los elementos básicos para la implementación de una nueva infraestructura son los siguientes:

- Torre de interconexión,
- caja de protección para equipos que se ubican en exteriores,
- protección contra descargas atmosféricas y puesta a tierra,
- suministro de energía eléctrica,

Estas características técnicas son consideradas como mínimas para la implementación y correcto funcionamiento de una nueva estación repetidora, cada punto será descrito a continuación.

a.- Diseño de infraestructura para la torre.

Una infraestructura de telecomunicaciones comúnmente llamadas "torres", son estructuras metálicas de mucha más altura que superficie, construidas específicamente para dar solución a la no línea de vista entre antenas para así establecer cualquier tipo de comunicación inalámbrica. Las principales estructuras de telecomunicaciones son las torres autosoportadas, las torres venteadas y las torres monopolo.

- **Torres autosoportadas.**

Son las torres más rígidas y las menos sensibles a la torsión. Por esta razón se utilizan cuando se trata de soportar varias antenas de gran superficie y que funcionan a frecuencias elevadas (2 GHz y más). Igualmente se puede estar obligado a su utilización cuando la superficie del suelo no permita el tendido de las fijaciones de las riostras (terreno accidentado, zona urbana). Su sección puede ser cuadrada triangular. En la parte inferior es de forma piramidal y en la parte superior prosigue una armadura de sección constante. [19]



Figura 17. Torre Autoportada.

- **Torre Venteada.**

Una torre venteada a la que se pueda trepar es una excelente elección para muchas instalaciones. Las torres venteadas son mucho más económicas que las torres autoportadas pero ocupan un área considerable ya que los vientos deben estar anclados a una distancia de la base que es por lo menos la tercera parte de la altura. Cuando se dispone de terreno, una torre venteada es ideal para cubrir todas las necesidades de comunicaciones las principales aplicaciones para lo que se utiliza este tipo de torres es para brindar servicios celulares, estaciones repetidoras y terminales de comunicación.



Figura 18. Torre Venteada.

- **Torre Monopolo.**

En comparación con otras formas de antenas de radio, la torre de comunicación monopolo tiene ventajas como el peso ligero y poco requisito de espacio. Además, su diseño estético, puede hacerlo un edificio decorativo en algunos lugares.

Aplicaciones

Recientemente, la torre de comunicación monopolo se utiliza regularmente en la construcción de redes eléctricas y sistemas de comunicación. Puede ser utilizada en cualquiera de las áreas de la ciudad o de ciudadela.



Figura 19. Torre Monopolo.

Una vez analizadas las principales infraestructuras de telecomunicaciones se ha determinado que la mejor opción es la torre venteada ya que su indiscutible precio disminuido con respecto a las otras soluciones de infraestructura se adapta a los requerimientos de diseño para obtener un presupuesto relativamente bajo.

b.- Protección de equipos en exteriores.

En el mercado existe un sinnúmero de herramientas para la protección de equipos de telecomunicaciones en exteriores, las denominadas cajas metálicas y las cajas herméticas son las principales opciones de protección contra la intemperie natural y fenómenos climáticos comunes.

La necesidad de una de estas cajas de protección es indispensable para prevenir un eventual problema cuando los equipos están montados en las torres de telecomunicaciones.

Estas cajas pueden ser fabricadas acorde a los requerimiento en talleres dedicados a este tipo de trabajo o sino existen cajas que ya están prefabricadas bajo normas internacionales; tal es el caso de la caja Minishelter Outdoor que entre algunos de sus beneficios posee un ducto de ventilación y un ducto impermeable para poder sacar los cables hasta las antenas ubicadas en la torres.



Figura 20. Caja de protección para equipos en exteriores, cajas metálicas y herméticas.

c.- Protección contra descargas atmosféricas.

La principal protección para este tipo de fenómeno natural es colocar un pararrayos en la altura máxima de la antena. De la misma manera en el mercado existen muchos tipos de pararrayos siendo el pararrayos Franklin el más ocupado en sistemas de protección para torres de telecomunicaciones.

Este tipo de pararrayos por su ubicación con respecto al suelo y por la fuente de carga electrostática atmosférica provocan una ionización en una punta y atraen cargas de signo opuesto. Cuando el rayo se captura es transportado hacia tierra mediante un cable desnudo de cobre que baja aislado de la torre de telecomunicaciones mediante separadores. [20]

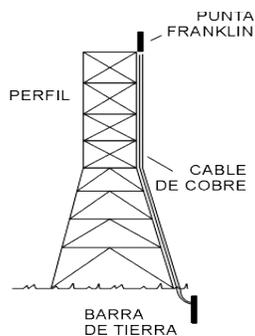


Figura 21. Protección con pararrayo Franklin. [20]

d.- Suministro de energía eléctrica ininterrumpida en estaciones repetidoras.

En las estaciones repetidoras funcionaran equipos cuyos consumos de potencia son los siguientes:

Tabla 13 Consumos de potencia de equipos en estaciones repetidoras.

Cantidad	Equipos	Potencia (Watts)
2	Equipos de Radio	18 c/u
1	Switch	10
1	UPS	142

El consumo de energía eléctrica estimado es de 188 W. El consumo de energía es relativamente bajo con respecto a la capacidad que puede entregar la acometida eléctrica, pero, dado el sistema que se está diseñando, es necesario disponer de una fuente de energía ininterrumpida en las estaciones repetidoras.

Una fuente de energía ininterrumpida es un dispositivo que ante fallas de las acometidas eléctricas suministra la energía por un tiempo determinado hasta que se solucione el inconveniente. Dicho dispositivo se compone de un banco de baterías, un inversor de corriente directa a corriente alterna y un regulador de corriente como se ilustra en la figura.

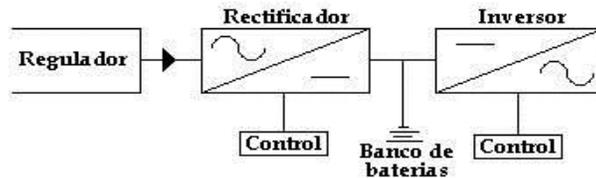


Figura 22. Diagrama de bloques de un UPS.

El consumo de los equipos de transmisión y de Switch es de aproximadamente 46 Watts. Para dimensionar el banco de baterías externo que se requiere para el funcionamiento del UPS se considera que la capacidad para brindar energía ininterrumpida será por 5 horas tiempo suficiente para diagnosticar una posible falla en el suministro de energía eléctrica por parte de la acometida. Para calcular la capacidad en amperios que la batería debe proveer nos basaremos en la siguiente ecuación.

Ecuación 8

$$DCamp = \frac{Po}{EFF*DCV} + AL$$

Donde:

DCamp: Capacidad de la batería medida en amperios.

Po: Potencia de la carga en Watts

EFF: Eficiencia del UPS con carga.

DCV= Voltaje promedio de descarga, para un sistema de 120 V, este valor es de 109 V.

AL= Corriente de cargas adicionales.

Desarrollando la ecuación 8

$$DCamp = \frac{46}{0.8 * 109} + AL$$

$$DCamp = 527 \text{ mA}$$

Para determinar el tipo de batería que se necesita se compara el consumo de corriente o el consumo de potencia con los datos que se presentan en las hojas de especificaciones de los fabricantes. Para este caso se considera baterías de la marca Powerstream modelo BP-1712 y sus características de potencia con respecto al tiempo de descarga se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 14 Características de capacidad con respecto al tiempo de descarga de la batería Powerstream. [21]

Final Voltage	Discharge time								
	5Min	10Min	15Min	30Min	1Hr	3Hr	5Hr	10Hr	20Hr
	Battery output power(W)								
10.80V	614.6	452.5	362.6	215.7	123.73	49.55	34.17	19.09	9.98
10.50V	711.4	490.2	379.3	223.9	127.44	50.54	34.68	19.38	10.20
10.20V	755.9	507.8	391.0	229.1	129.73	51.00	34.87	19.48	10.25
9.90V	789.8	520.0	400.0	232.3	131.29	51.35	34.99	19.54	10.27
9.60V	816.0	530.4	408.0	234.6	132.60	51.66	35.10	19.54	10.27

Lo que se requiere es un UPS que cuente con un banco de baterías externo para que en casos de emergencia se prolongue el tiempo de funcionamiento por al menos tres horas y la batería que se presenta cumple con lo que se necesita.



Figura 23. UPS y baterías externas. [21]

4.4.7 Consideraciones para diseño físico de los enlaces.

Para la realización en software de los enlaces es necesario que se haga uso de los parámetros técnicos bajo los cuales los equipos operan. Además hay que tomar en cuenta el marco regulatorio bajo el cual se debe llevar a cabo una posible implementación de los mismos.

4.4.7.1 Marco Regulatorio para enlaces que trabajan en la banda ISM.

Los enlaces serán diseñados bajo la banda ISM, específicamente tomando la banda de 5725 MHz- 5850 MHz y al utilizar este rango se debe tomar en cuenta las normativas que expiden los entes regulatorios.

Para aquello el CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones) mediante una de sus resoluciones establece lo siguiente:

Los sistemas que operen en la banda de 5725 - 5850 MHz pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi y de hasta 23 dBi sin la correspondiente reducción en la potencia pico de salida del transmisor que como máximo será de 30 dBm.

Si emplean ganancia direccional en la antena mayor a 23 dBi, será requerida una reducción de 1 dB en la potencia pico del transmisor y en la densidad espectral de potencia pico por cada dB que la ganancia de la antena exceda a los 23 dBi. [22].

En resumen la resolución queda establecida de la siguiente manera:

- Potencia máxima del transmisor= 30 dBm.
- Ganancia de antena máxima permitida= 23 dBi.

Tomando en cuenta la normativa establecida es necesario hacer un cumplimiento de la misma al momento de realizar el diseño de los enlaces.

4.4.7.2 Diseño físico de los enlaces.

Las estaciones repetidoras que se han incluido dentro del diseño permiten la interconexión total entre todas las Unidades de Salud. La red de telemedicina ha sido dividida en dos tipos de enlaces para un análisis mejor:

- **Enlaces Troncales**

Son los que transportan la información de más de un Subcentro y Puesto de Salud. Los integrantes de los enlaces troncales son los siguientes:

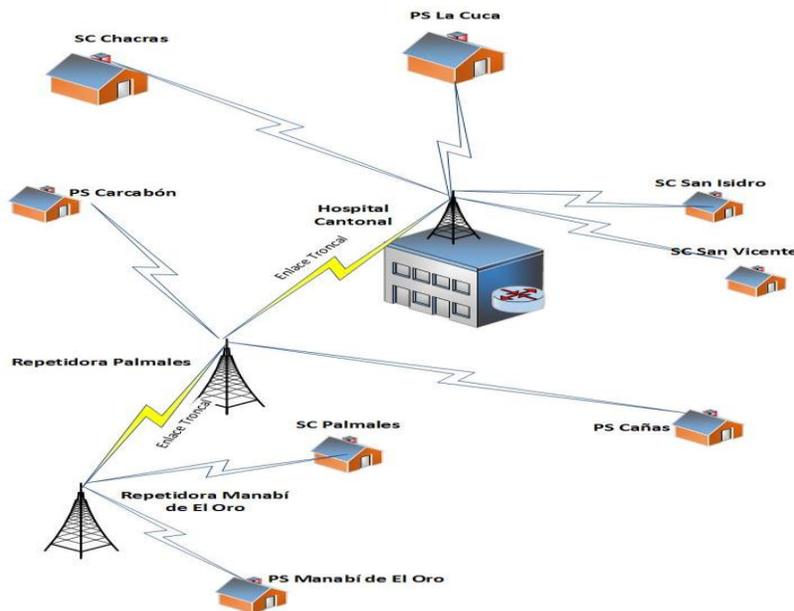


Figura 24. Enlaces Troncales.

- **Enlaces hacia los Subcentros y Puestos de Salud.**

Son los enlaces que interconectan el Hospital y las repetidoras con las estaciones finales (Subcentros y Puestos de Salud).

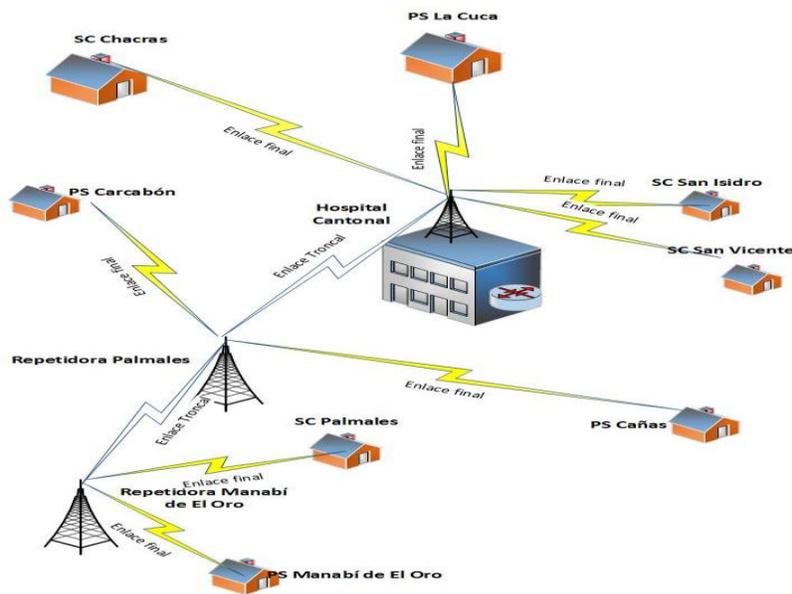


Figura 25. Enlaces Finales.

De esta manera tenemos 2 enlaces troncales y 8 enlaces finales. Para justificar el diseño de la red es necesario realizar las simulaciones de los enlaces en software y hacer el cálculo matemáticamente para comprobar la confiabilidad de los mismos.

Se realizó la simulación de cada uno de los enlaces para comprobar la viabilidad de los mismos y obtener detalles como:

- Despeje de línea de vista
- Pérdidas totales
- Potencia de recepción.

Cabe recalcar que para dar ubicación a todas las coordenadas de las Unidades de Salud y corroborar el perfil topográfico en las simulaciones se he hecho uso de cartas topográficas. Estas cartas son otorgadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM) y mediante estas se pudo visualizar claramente la topografía del terreno, la distancia real del trayecto y alturas de los obstáculos predominantes conociendo estos datos se realizaron los cálculos correspondientes.

Para la ubicación de todas las Unidades de Salud se hizo necesario disponer de 3 cartas topográficas, estas fueron: carta topográfica de Arenillas, Las Lajas y La Avanzada. Esto dado que el Puesto de Salud Cañas y el Puesto de Salud Manabí de El Oro no constan

dentro de la carta topográfica de Arenillas y el uso de las cartas adyacentes al cantón se hizo necesario.

4.4.7.3 Parámetros de Frecuencia.

Uno de los principales inconvenientes cuando más de un enlace opera desde una misma infraestructura de telecomunicaciones es la interferencia que se pudiese producir por las frecuencias dadas a los equipos de comunicación. Dicho inconveniente por lo general ocurre en las repetidoras debido a la convergencia de varios enlaces inalámbricos y como consecuencia se produce una considerable pérdida en la calidad de la señal. En la siguiente tabla se presenta la asignación de canales en la banda ISM.

Tabla 15. Asignación de Canales en la Banda ISM.

Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	Canal	Ancho de Banda (MHz)	Etiqueta de Frecuencia
5725	5745	149	20	1
5745	5765	153	20	2
5765	5785	157	20	3
5785	5805	161	20	4
5805	5825	165	20	5
5825	5845	169	20	6
5845	5865	173	20	7
5865	5865	177	20	8

Técnicamente la solución que se implementa en estos casos es asignar a cada radioenlace una frecuencia de operabilidad y tomando en consideración los 8 canales de 20 MHz que posee la banda ISM es posible dar solución a este inconveniente. Por aquello se plantea un plan de frecuencias capaz de no producir ningún tipo de inconveniente al momento de que los enlaces estén operando. En la siguiente tabla se presenta la asignación de frecuencias para cada radioenlace.

Tabla 16. Asignación de Canales a cada Enlace de la Red.

Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	Ancho de Banda (MHz)	Enlaces Troncales	Etiqueta de Frecuencia
5765	5785	20	H. Cantonal-Repetidora Palmales	3
5725	5745	20	R. Palmales-R. Manabí de El Oro	1
Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	Ancho de Banda (MHz)	Enlaces hacia SC. y PS.	Etiqueta de Frecuencia
5725	5745	20	H. Cantonal-SC San Isidro	1
5745	5765	20	H. Cantonal-SC San Vicente	2
5785	5805	20	H. Cantonal-PS La Cuca	4
5805	5825	20	R. Palmales- PS Cañas.	5
5785	5805	20	R. Palmales- PS Carcabón.	4
5745	5765	20	R. Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro	2
5765	5785	20	R. Manabí de El Oro-SC Palmales	3

Los resultados de la simulación de la red troncal se presentan a continuación.

- **Hospital Cantonal-Repetidor Palmales.**

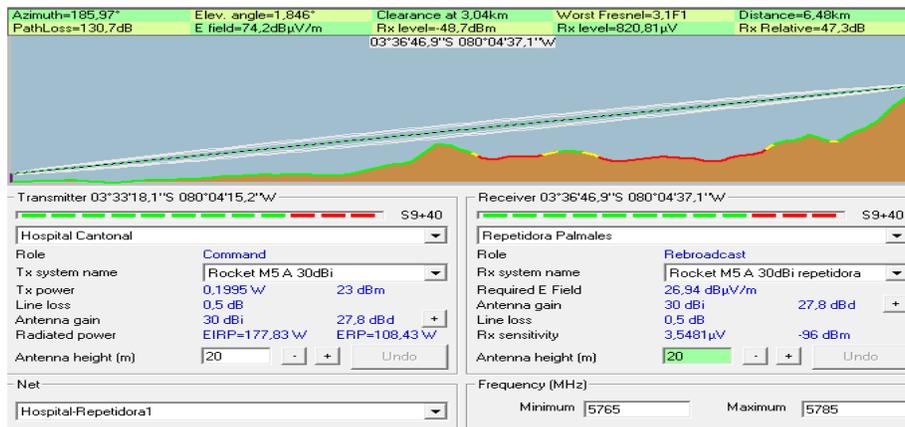


Figura 26. Simulación de enlace troncal. (H.Cantonal-Repetidora1)

En cuanto a los datos obtenidos en la carta topográfica se observa que el perfil del terreno es similar al de la simulación y lo mismo se da para cada uno de los enlaces que intervienen dentro del diseño.

En la carta topográfica damos ubicación a los sitios involucrados y sacamos la respectiva distancia entre el transmisor y receptor, así mismo haciendo uso de la carta se obtiene los datos de altura máxima cada 500 metros.

Tabla 17. Datos de carta topográfica (H.Cantonal-Repetidora Palmales)

Distancia(km)	Altura(m)
0	47
0,5	50
1	54
1,5	60
2	65
2,5	74
3	124
3,5	105
4	122
4,5	102
5	98
5,5	144
6	166
6,5	260

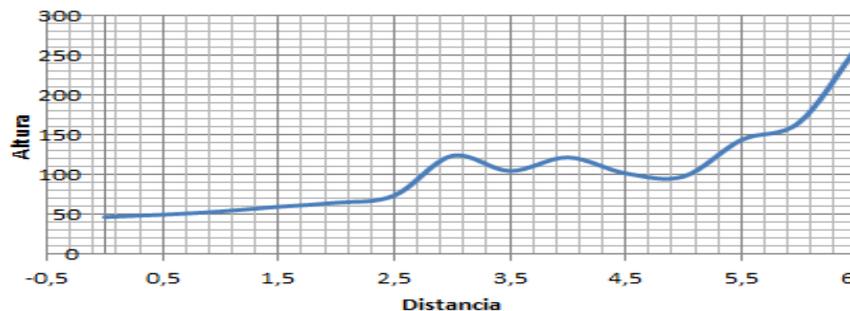


Figura 27. Perfil del terreno con carta topográfica. (H.Cantonal-R. Palmales).

La distancia del enlace utilizando las cartas topográficas es de 6,5 Km lo cual comprueba los datos obtenidos de la simulación en software.

- **Repetidor Palmales- Repetidor Manabí de El Oro.**

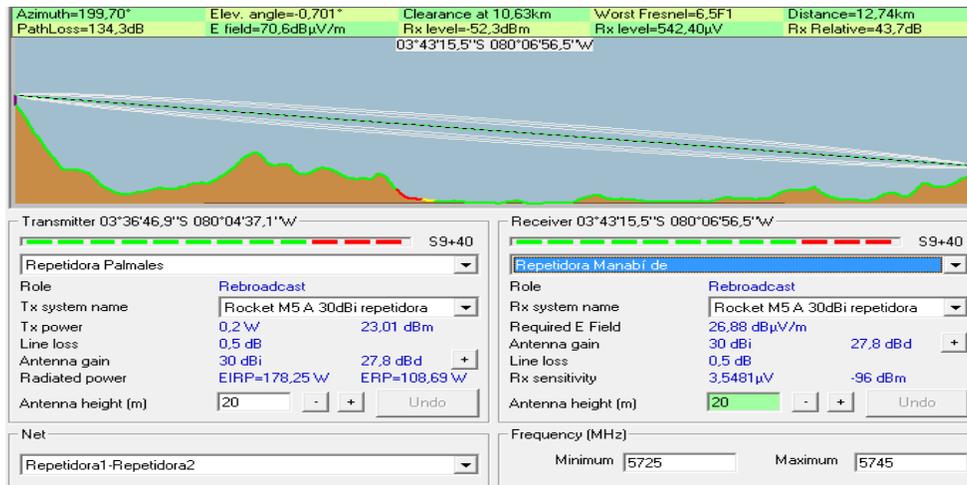


Figura 28. Simulación de enlace troncal. (Repetidora Palmales- Repetidora Manabí de El Oro)

Tabla 18. Datos de carta topográfica (R. Palmales-R.Manabí de El Oro)

Distancia(km)	Altura(m)
0	260
1	130
2	100
3	160
4	140
5	78
6	70
7	72
8	80
9	75
10	83
11	80
12	102
12,7	124

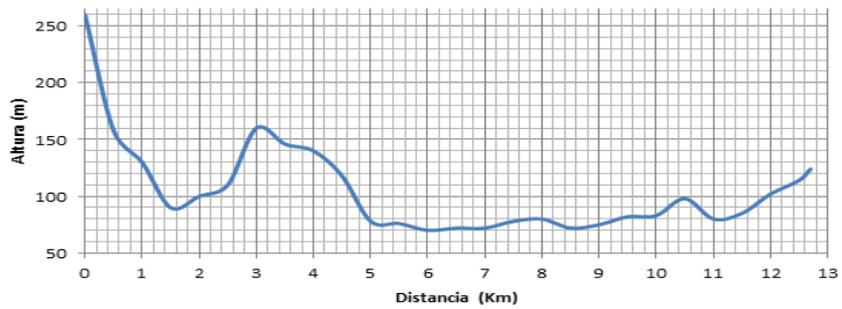


Figura 29. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Palmales-R. Manabí de El Oro)

Los resultados de los enlaces hasta las estaciones finales (Subcentros y Puestos de Salud) se presentan a continuación.

- **Hospital Cantonal-Subcentro de Salud Chacras**

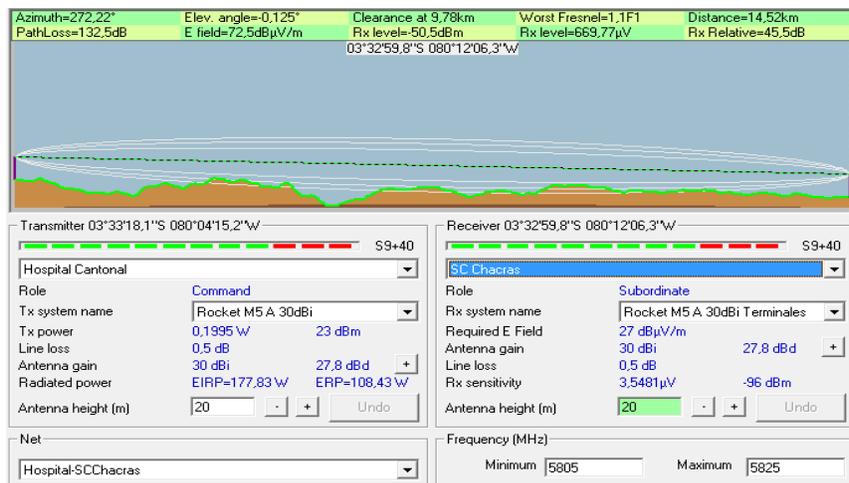


Figura 30. Simulación de enlace hasta estación final. (H. Cantonal-SC Chacras)

Tabla 19. Datos carta topográfica (H. Cantonal-SC Chacras).

Distancia(km)	Altura(m)
0	47
1	40
2	30
3	42
3,5	46
4	44

5	29
6	26
7	34
8	35
9	36
10	36
11	37
12	31
13	33
14	32
14,5	31

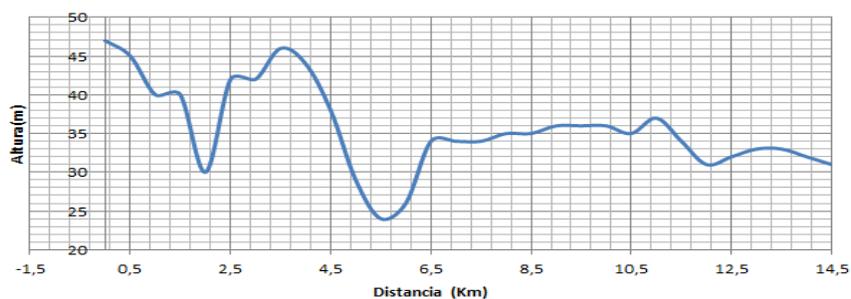


Figura 31. Perfil del terreno con carta topográfica. (H. Cantonal-SC Chacras)

- **Hospital Cantonal-PS La Cuca**

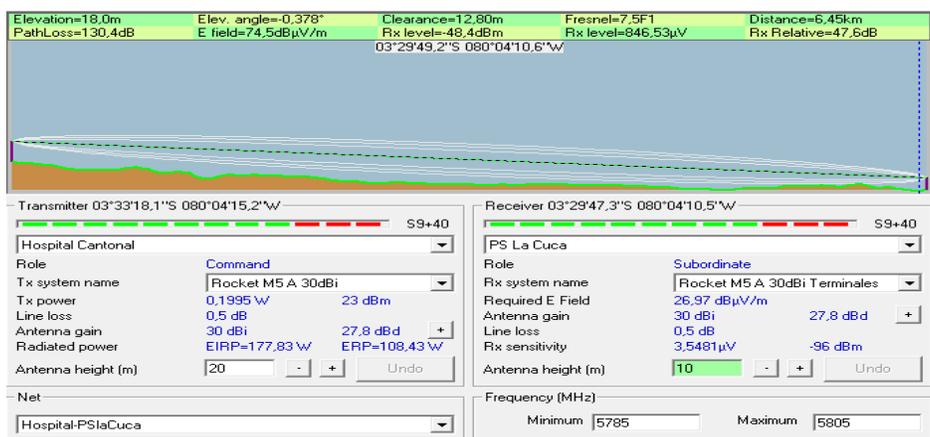


Figura 32. Simulación de enlace hasta estación final. (H. Cantonal-PS La Cuca)

Tabla 20. Datos carta topográfica (H. Cantonal-PS La Cuca)

Distancia(km)	Altura(m)
0	47
1	36
2	32
3	24
4	140
5	19
6	24
6,5	18

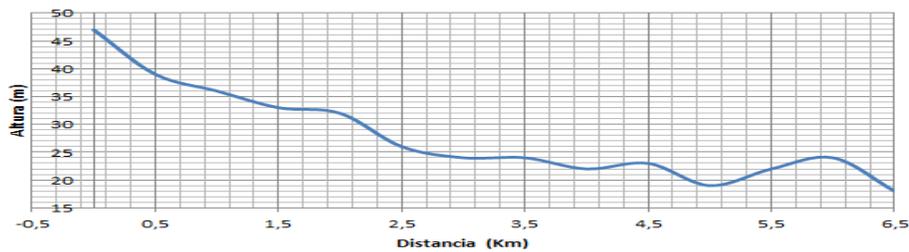


Figura 33. Perfil del terreno con carta topográfica. (H. Cantonal-PS La Cuca)

- **Hospital Cantonal-SC San Isidro.**

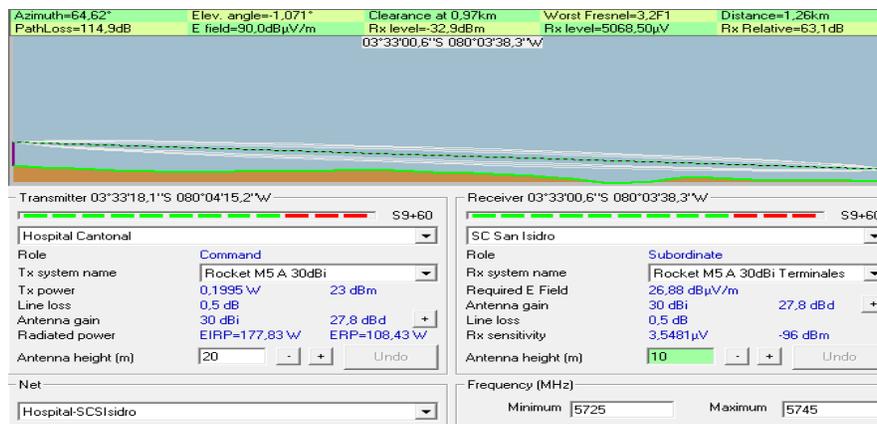


Figura 34. Simulación de enlace hasta estación final. (H. Cantonal-SC San Isidro)

Tabla 21. Datos carta topográfica (H. Cantonal-SC San Isidro).

Distancia(km)	Altura(m)
0	47
0,5	43
1	38
1,25	33

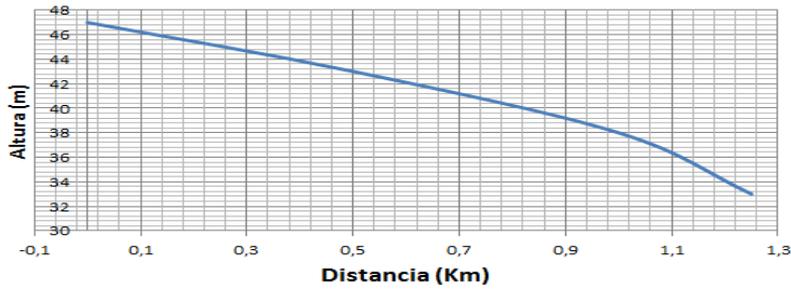


Figura 35. Perfil del terreno con carta topográfica. (H. Cantonal-SC San Isidro)

- **Hospital Cantonal-SC San Vicente.**

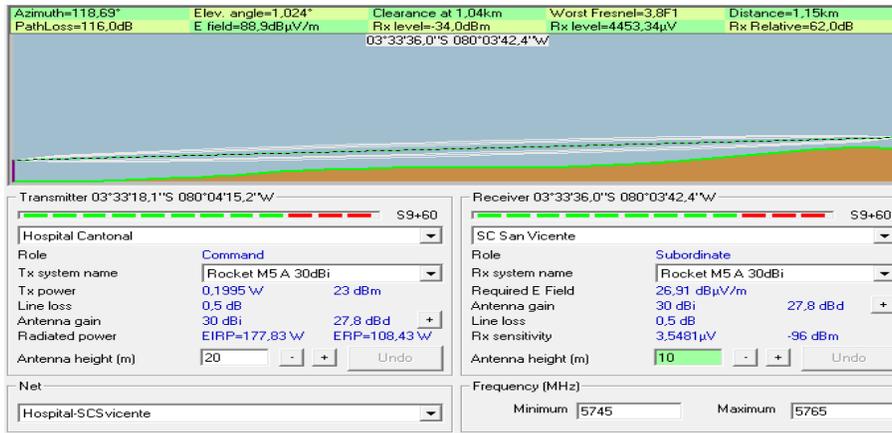


Figura 36. Simulación de enlace hasta estación final. (H. Cantonal-SC San Vicente).

Tabla 22. Datos carta topográfica (H. Cantonal-SC San Vicente).

Distancia(km)	Altura(m)
0	47
0,5	60

1	70
1,15	75

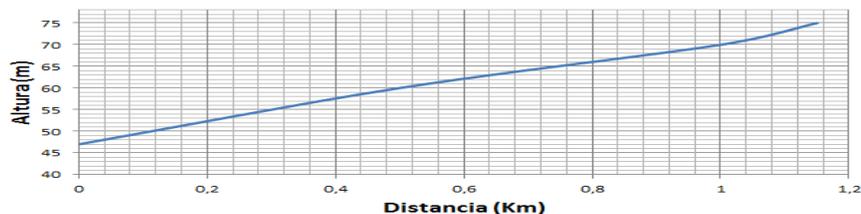


Figura 37. Perfil del terreno con carta topográfica. (H. Cantonal-SC San Vicente)

- **Repetidora Palmales-PS Carcabón.**

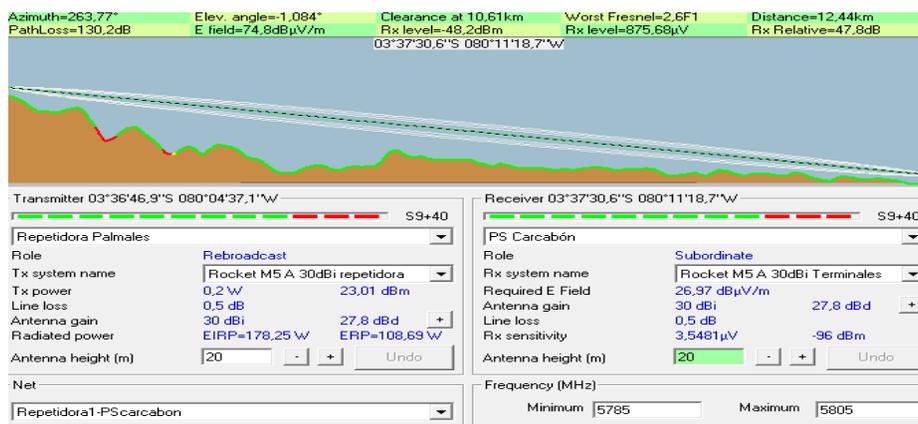


Figura 38. Simulación de enlace hasta estación final. (R Palmales- PS Carcabón)

Tabla 23. Datos carta topográfica (R. Palmales- PS Carcabón).

Distancia(km)	Altura(m)
0	260
1	231
2	140
3	160
4	78
5	85
6,5	80
7	75

7,5	78
8	72
8,5	72
9	74
9,5	70
10	64
10,5	58
11	46
11,5	50
12	46
12,4	40

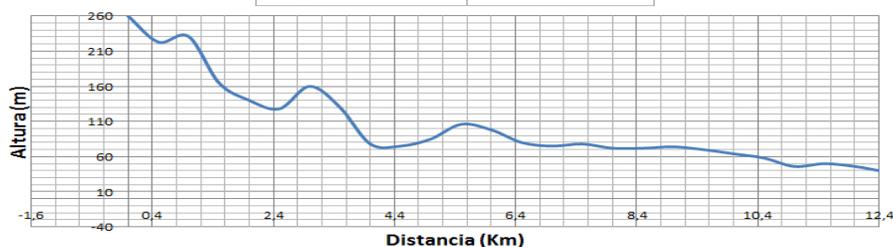


Figura 39. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Palmales-PS Carcabón)

- Repetidora Palmales-PS Cañas.

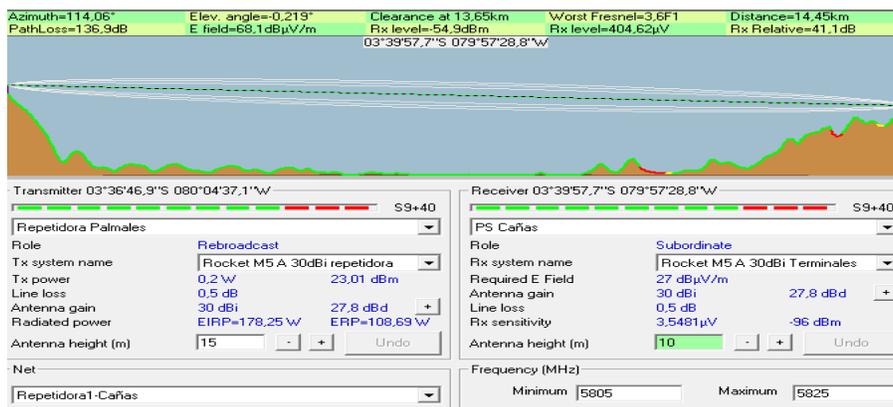


Figura 40. Simulación de enlace hasta estación final. (R Palmales- PS Cañas)

Tabla 24. Datos carta topográfica (R. Palmales- PS Cañas).

Distancia(km)	Altura(m)
0	260
1	148

2	132
3	120
4	124
5	129
6	115
7	113
8	112
9	112
9,5	128
10	140
10,5	118
11	122
11,5	135
12	130
12,5	170
13	192
13,5	203
14,45	230

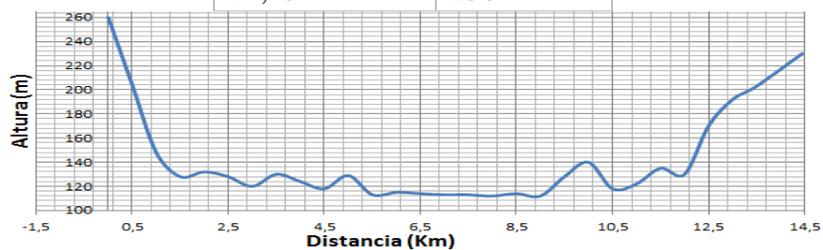


Figura 41. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Palmales-PS Cañas)

- **Repetidora Manabí de El Oro-SC Palmales.**

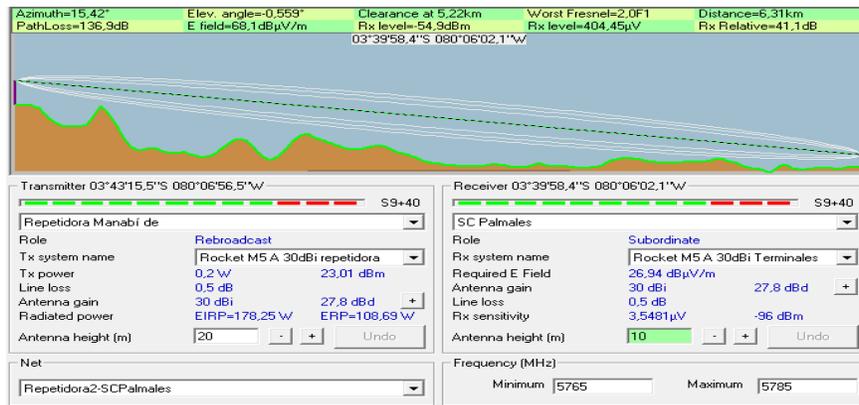


Figura 42. Simulación de enlace hasta estación final. (R Manabí de El Oro- SC Palmales)

Tabla 25. Datos carta topográfica (R. Manabí de El Oro-SC Palmales).

Distancia(km)	Altura(m)
0	124
1	88
2	90
3	80
4	72
5	76
6	72
6,3	73

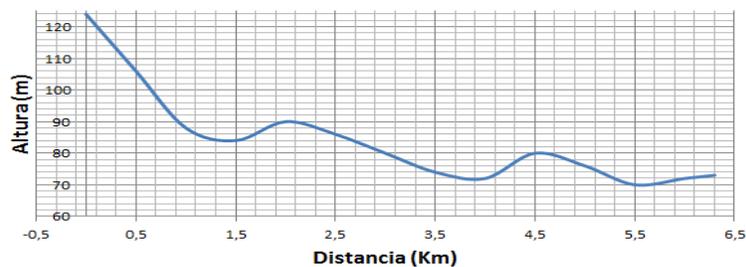


Figura 43. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Manabí de El Oro-SC Palmales)

- Repetidora Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro

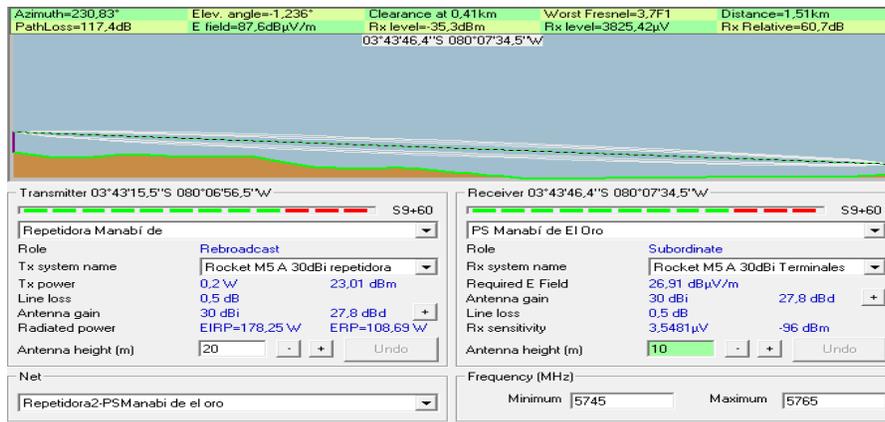


Figura 44. Simulación de enlace hasta estación final. (R Manabí de El Oro- PS Manabí de El Oro)

Tabla 26. Datos carta topográfica (R. Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro).

Distancia(km)	Altura(m)
0	124
0,5	110
1	100
1,5	104

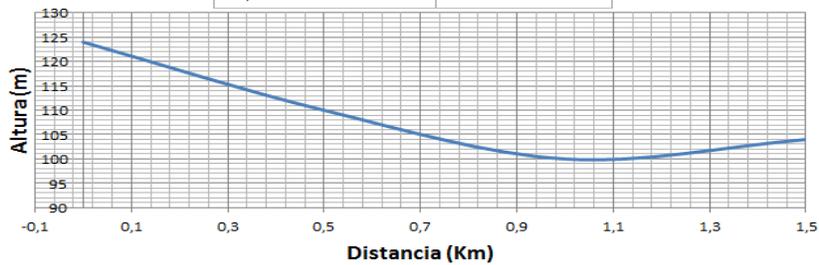


Figura 45. Perfil del terreno con carta topográfica. (R. Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro)

4.4.7.4 Cálculo matemático de los enlaces.

Para realizar los cálculos matemáticos de los enlaces es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros.

Pérdidas de Propagación.

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora. La recomendación UIT-R 525-2 establece las disposiciones para el cálculo de la atenuación en espacio libre. El modelo de propagación en espacio libre se utiliza para predecir el nivel de potencia recibido en cierta ubicación, cuando existe línea de vista entre transmisor y receptor (siendo este el caso). En este aspecto se utilizara la ecuación de Friis para calcular las perdidas en el espacio libre.

- **Perdidas en trayectoria por el espacio libre.**

La pérdida en trayectoria por el espacio libre se define como la pérdida sufrida por una onda electromagnética al propagarse en línea recta por un vacío, sin absorción ni reflexión de energía en objetos cercanos, pero en realidad no se pierde energía alguna; tan sólo se reparte al propagarse alejándose de la fuente, y se produce una menor densidad de potencia en determinado punto a determinada distancia de la fuente, por lo tanto sería más adecuado definir el fenómeno como pérdida por dispersión. La ecuación que permite calcular la pérdida en trayectoria por el espacio libre es:

Ecuación 9.

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(f)(\text{MHz}) + 20\log(d)(\text{km})$$

Dónde:

(L_{bf})= Pérdida en trayectoria por el espacio libre (adimensional)

(d) = Distancia (Kilómetros)

(f)= Frecuencia (Mega hertzios)

- **Margen de desvanecimiento.**

Al propagarse una onda electromagnética por la atmósfera terrestre, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria, esas

pérdidas son provocadas por perturbaciones meteorológicas como la lluvia, niebla, granizo, etc.; a trayectorias múltiples de transmisión y a la superficie irregular del terreno donde se despliega el radioenlace, por lo tanto para tomar en cuenta estas pérdidas se agrega una pérdida adicional a la pérdida en trayectoria normal.

En esencia el margen de desvanecimiento permite establecer en cierta forma la confiabilidad del enlace, para calcular se utiliza la fórmula de Bamett-Vigant:

Ecuación 10.

$$F_m = \underbrace{30 \log D}_{\text{Efecto de trayectoria múltiple}} + \underbrace{10 \log(6ABf)}_{\text{Sensibilidad del terreno}} - \underbrace{10 \log(1 - R)}_{\text{Objetivo de confiabilidad}} - \underbrace{70}_{\text{Constante}}$$

Dónde:

F_m = Margen de desvanecimiento (decibeles)

D = distancia (kilómetros)

f = Frecuencia (gigahertz)

R = confiabilidad en tanto por uno (es decir, 99.99% = 0.9999 de confiabilidad)

$1 - R$ = objetivo de confiabilidad para una ruta de 400 km en un sentido

A = factor de rugosidad

= 4 sobre agua o sobre un terreno muy liso

= 3 sembrados densos, pastizales y arenales

= 2 bosques (la propagación va por encima)

= 1 sobre un terreno promedio

= 0.25 sobre un terreno muy áspero y montañoso

B = factor para convertir la peor probabilidad mensual en una probabilidad anual

= 1 para pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual

= 0.50 para áreas calientes y húmedas

= 0.25 para áreas continentales promedio

= 0.125 para áreas muy secas o montañosas

- **Hospital Cantonal-Repetidor Palmales.**

Tabla 27. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-Repetidor Palmales.

Desde: H.Cantonal			Hasta: R.Palmales			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia (Mhz)
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°33'18,1'' S 80°4'15,2'' W	47	20	3°36'46,9'' S 80°4'37,1'' W	262	20	6,48	5765

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5765)(\text{MHz}) + 20\log(6,48)(\text{km}) = 123.89 \text{ dB}$$

$$F_m = 30\log(6,48) + 10\log(6(1)(0,50)(5,765)) - 10\log\frac{(0,00001+6,48)}{400} - 70 = 34.63 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 123,89 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -40,89 \text{ dBm}$$

- **Repetidor Palmales- Repetidor Manabí de El Oro.**

Tabla 28. Parámetros cálculo de enlace Repetidor Palmales- Repetidor Manabí de El Oro.

Desde: Repetidor Palmales			Hasta: Repetidor Manabí de El Oro.			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°36'46,9'' S 80°4'37,1'' W	262	20	3°43'15,5'' S 80°6'56,5'' W	124	20	12,74	5725

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5725)(\text{MHz}) + 20\log(12,74)(\text{km}) = 129.76 \text{ dB}$$

$$F_m = 30\log(12,74) + 10\log(6(1)(0,50)(5,725)) - 10\log\frac{(0,00001+12,74)}{400} - 70 = 32.69 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 129,76 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -46,76 \text{ dBm}$$

- **Hospital Cantonal-SC Chacras.**

Tabla 29. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-SC Chacras.

Desde: H. Cantonal			Hasta: SC Chacras.			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°33'18,1'' S 80°4'15,2'' W	47	20	3°32'59,8'' S 80°12'6,3'' W	32	20	14,52	5805

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5805)(\text{MHz}) + 20\log(14,52)(\text{km}) = 130,96 \text{ dB}$$

$$F_m = 30\log(14,52) + 10\log(6(1)(0,50)(5,805)) - 10\log\frac{(0,00001 \cdot 14,52)}{400} - 70 = 41,66 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 130,96 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -47,96 \text{ dBm}$$

- **Hospital Cantonal-PS La Cuca.**

Tabla 30. Parámetro de cálculo de enlace Hospital Cantonal-PS La Cuca.

Desde: H. Cantonal			Hasta: PS La Cuca.			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°33'18,1'' S 80°4'15,2'' W	47	20	3°29'47,3'' S 80°4'10,5'' W	20	10	6,51	5785

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5785)(\text{MHz}) + 20\log(6,51)(\text{km}) = 123,96 \text{ dB}$$

$$F_m = 30\log(6,51) + 10\log(6(1)(0,50)(5,785)) - 10\log\frac{(0,00001 \cdot 6,51)}{400} - 70 = 34,68 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 123,96 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -40,96 \text{ dBm}$$

- **Hospital Cantonal-SC San Isidro.**

Tabla 31. Parámetros de cálculo de enlace Hospital Cantonal-SC San Isidro.

Desde: H. Cantonal			Hasta: SC San Isidro.			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°33'18,1'' S 80°4'15,2'' W	47	20	3°33'0,6'' S 80°3'38,3'' W	33	10	1,26	5725

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5725)(\text{MHz}) + 20\log(1,26)(\text{km}) = 109,61 \text{ dB}$$

$$F_m = 30 \log(1,26) + 10 \log(6(1)(0,50)(5,725)) - 10 \log \frac{(0,00001 \cdot 1,26)}{400} - 70 = 20,37 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 109,67 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -26,67 \text{ dBm}$$

- **Hospital Cantonal-SC San Vicente.**

Tabla 32. Parámetros de cálculo de enlace Hospital Cantonal-SC San Vicente.

Desde: H. Cantonal			Hasta: SC San Vicente.			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°33'18,1'' S 80°4'15,2'' W	47	20	3°33'36'' S 80°3'42,4'' W	78	10	1,15	5745

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5745)(\text{MHz}) + 20\log(1,15)(\text{km}) = 108,84 \text{ dB}$$

$$F_m = 30 \log(1,15) + 10 \log(6(1)(0,50)(5,745)) - 10 \log \frac{(0,00001 \cdot 1,15)}{400} - 70 = 19,59 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 108,84 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -25,84 \text{ dBm}$$

- **Repetidora Palmales-PS Carcabón.**

Tabla 33. Parámetros de cálculo de enlace Repetidora Palmales-PS Carcabón.

Desde: Repetidor Palmales			Hasta: PS Carcabón.			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°36'46,9'' S 80°4'37,1'' W	262	20	3°37'30,6'' S 80°11'18,7'' W	39	20	12,44	5785

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5785)(\text{MHz}) + 20\log(12,44)(\text{km}) = 129,59 \text{ dB}$$

$$F_m = 30 \log(12,44) + 10 \log(6(1)(0,50)(5,785)) - 10 \log \frac{(0,00001 \times 12,44)}{400} - 70 = 40,31 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 129,59 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -46,59 \text{ dBm}$$

- **Repetidora Palmales-PS Cañas.**

Tabla 34. Parámetros de cálculo de enlace Repetidora Palmales-PS Cañas.

Desde: Repetidor Palmales			Hasta: PS Cañas.			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°36'46,9'' S 80°4'37,1'' W	262	20	3°39'57,7'' S 79°57'28,8'' W	231	10	14,45	5805

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5805)(\text{MHz}) + 20\log(14,45)(\text{km}) = 130,92 \text{ dB}$$

$$F_m = 30 \log(14,45) + 10 \log(6(1)(0,50)(5,805)) - 10 \log \frac{(0,00001 \times 14,45)}{400} - 70 = 41,62 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 130,92 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -47,92 \text{ dBm}$$

- **Repetidora Manabí de El Oro-SC Palmales.**

Tabla 35. Parámetro de cálculo de enlace Repetidora Manabí de El Oro-SC Palmales.

Desde: R. Manabí de El Oro			Hasta: SC Palmales.			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°43'15,5'' S 80°6'56,5'' W	124	20	3°39'58,4'' S 80°6'2,21'' W	73	10	6,31	5765

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5765)(\text{MHz}) + 20\log(6,31)(\text{km}) = 123,66 \text{ dB}$$

$$F_m = 30\log(6,31) + 10\log(6(1)(0,50)(5,765)) - 10\log\frac{(0,00001 \cdot 6,31)}{400} - 70 = 34,40 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 123,66 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -40,66 \text{ dBm}$$

- **Repetidora Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro.**

Tabla 36. Parámetros cálculo de enlace Repetidora Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro.

Desde: R. Manabí de El Oro			Hasta: PS Manabí de El Oro.			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia
Coordenadas	Altura	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°43'15,5'' S 80°6'56,5'' W	124	20	3°43'15,4'' S 80°6'56,5'' W	124	10	1,51	5745

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5745)(\text{MHz}) + 20\log(1,51)(\text{km}) = 111,24 \text{ dB}$$

$$F_m = 30\log(1,51) + 10\log(6(1)(0,50)(5,745)) - 10\log\frac{(0,00001 \cdot 1,51)}{400} - 70 = 21,96 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 0 + 30 \text{ dBi} - 111,24 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 0 = -38,24 \text{ dBm}$$

A continuación se presenta una tabla en donde consta el presupuesto de potencias general de los radioenlaces. Para obtener la tasa de datos estimada; la potencia de señal recibida por el receptor se compara con la tabla de especificaciones del fabricante.

Tabla 37. Resultados de enlaces Inalámbricos.

Enlace	Distancia (Km)	Potencia Tx (dBm)	Ganancia de antenas Tx y Rx (dBi)	Pérdidas Totales (dB)	Umbral de recepción	Potencia de recepción (dBm)	Raw Bit Rate (Mbps)
Hospital Cantonal-Repetidor Palmales.	6,48	23	30	130,7	-97 dBm	-48,7	48
Repetidor Palmales-Repetidor Manabí de El Oro.	12,74	23	30	134,3	-97 dBm	-52,3	48
Hospital Cantonal-SC Chacras.	14,52	23	30	132,5	-97 dBm	-50,5	48
Hospital Cantonal-PS La Cuca.	6,45	23	30	130,4	-97 dBm	-48,4	48
Hospital Cantonal-SC San Isidro.	1,26	23	30	114,9	-97 dBm	-32,9	48
Hospital Cantonal-SC San Vicente.	1,15	23	30	116	-97 dBm	-34	48
Repetidora Palmales-PS Carcabón.	12,44	23	30	130,2	-97 dBm	-48,2	48
Repetidora Palmales-PS Cañas.	14,45	23	30	136,9	-97 dBm	-54,9	48
Repetidora Manabí de El Oro-SC Palmales.	6,31	23	30	136,9	-97 dBm	-40,66	48
Repetidora Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro.	1,51	23	30	117,4	-97 dBm	-35,3	48

Como se puede observar la potencia de recepción de los enlaces están muy por debajo del umbral de recepción dado por el fabricante, razón por la cual podemos decir que los enlaces son factibles y que los equipos pueden operar con normalidad trabajando a su máxima transmisión y recepción de tasa de datos.

4.4.7.5 Comparación entre ancho de banda disponible y capacidad de Radio Enlace.

Después de dar ubicación a los Subcentros y Puestos de salud, repetidoras, el tipo de tecnología inalámbrica a utilizar y ya con resultados de simulaciones se procede a un análisis sobre la capacidad total de los radio enlaces. Para aquello tomamos en cuenta los resultados de las simulaciones considerando el Raw Bit Rate teórico disponible por cada radio enlace con el ancho de banda asignado a cada Subcentro y Puesto de Salud. Además hay que tomar en cuenta que el resultado de las simulaciones miden los resultados en la capa física por lo tanto hay que considerar que la tasa real de bits transmitidos es un 60% del valor teórico. En la siguiente tabla se presenta dicha comparación.

Tabla 38. Capacidad de los radio enlaces

Enlace	Raw Bit Rate teórico (Mbps)	Trafico Cursado (Mbps)	Ancho de Banda teórico
Hospital Cantonal-Repetidor Palmales.	48	24	24
Repetidor Palmales- Repetidor Manabí de El Oro.	48	12	36
Hospital Cantonal-SC Chacras.	48	6	42
Hospital Cantonal-PS La Cuca.	48	6	42
Hospital Cantonal-SC San Isidro.	48	6	42
Hospital Cantonal-SC San Vicente.	48	6	42
Repetidora Palmales-PS Carcabón.	48	6	42
Repetidora Palmales-PS Cañas.	48	6	42
Repetidora Manabí de El Oro-SC Palmales.	48	6	42
Repetidora Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro.	48	6	42

La tabla anterior demuestra la disponibilidad de ancho de banda para que la red funcione sin inconvenientes en cuanto al tráfico que se ha considerado por cada unidad de salud y así mismo el ancho de banda disponible podrá soportar una posible expansión.

4.4.7.6 Diagrama de Ancho de Banda de los Radio Enlaces.

En esta figura se muestra la disposición de los nodos existentes en toda la red, la cantidad de estaciones repetidoras que enlazan a las unidades de salud distantes con el Hospital

Cantonal. Así mismo se muestra en el diagrama se presenta la capacidad de ancho de banda de cada radio enlace.

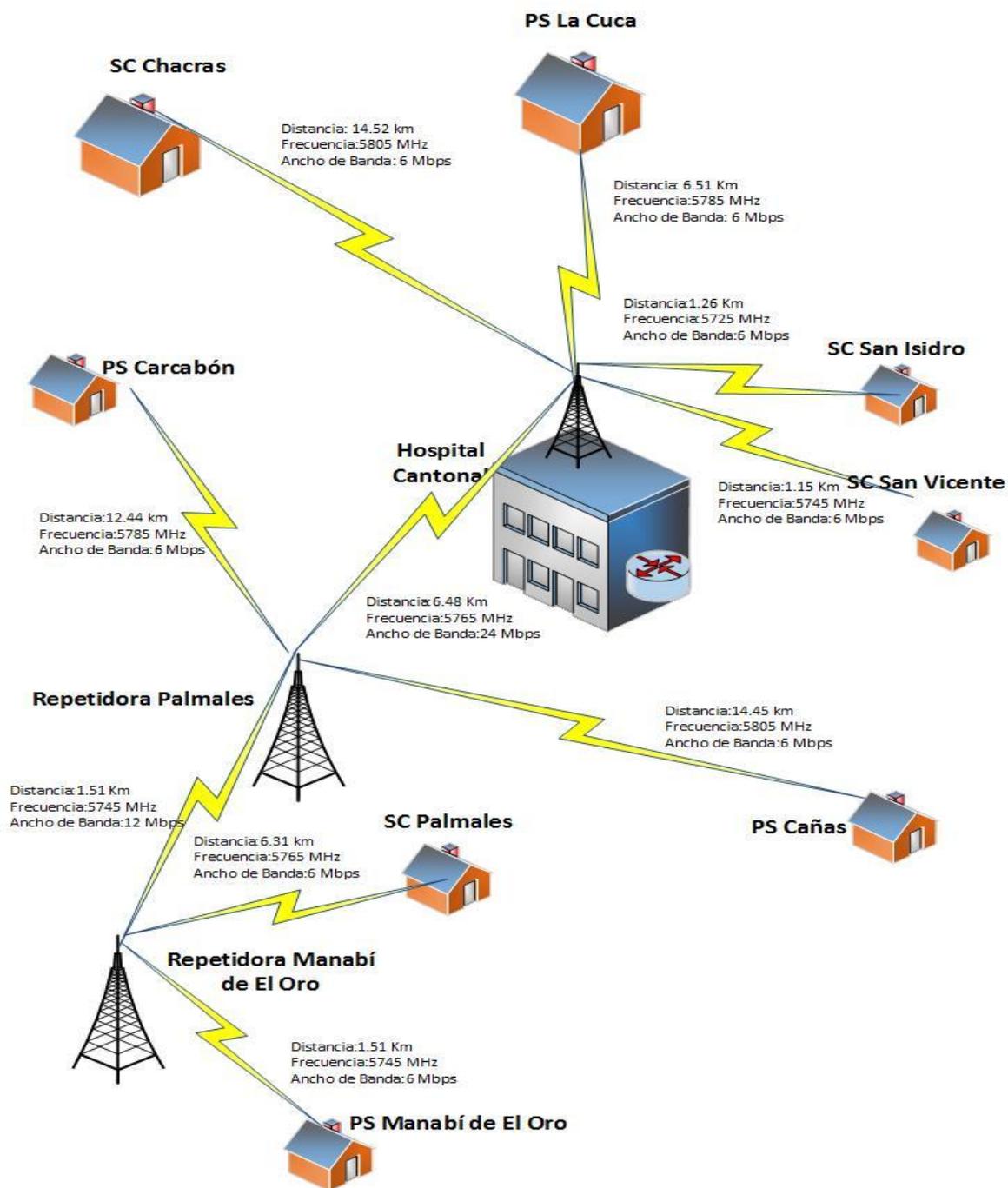


Figura 46. Diagrama de Ancho de Banda de Cada Radio Enlace.

4.4.8 Enlaces de Redundancia.

Debido a los fines para que se ocupa una red de telemedicina es de suma importancia que esta cuente con disponibilidad todo el tiempo. Éste, al ser un sistema inalámbrico contará con “vías de redundancia inalámbricas” ideales para evitar el aislamiento de alguna Unidad de Salud en caso de cualquier eventualidad en los nodos principales.

Ahora bien, en este aspecto es importante preguntarse si es más eficiente minimizar los costos que establecer confiabilidad y redundancia en la red que se está diseñando. Pues al tratarse de una red de telemedicina en donde el factor de disponibilidad debe ser bien alto se propone una nueva infraestructura que permitirá que se establezca redundancia en los enlaces troncales de la red. Hablamos de establecer enlaces de redundancia en los nodos que transportan información de más de una Unidad de Salud. Las Unidades de Salud que se encuentran dentro de este criterio son los Puestos de Salud: Carcabón, Cañas, Manabí de El Oro y los Subcentros de Salud: Palmales y Chacras.

A la nueva infraestructura de telecomunicaciones la denominaremos “Repetidora 3” y se diseñará bajo los mismos parámetros de las estaciones repetidoras nombradas anteriormente (Repetidora Palmales y Repetidora Manabí de El Oro), es decir los factores a tomar en cuenta para el diseño de la “Repetidora 3”, serán los mismos que se pusieron en consideración anteriormente, nos referimos a la existencia de una nueva torre de interconexión, equipos de radio y caja de protección para los equipos que se ubicaran en la torre, protección de descargas atmosféricas y suministro de energía eléctrica.

Nuevamente se propone la ubicación de un nuevo emplazamiento en una zona estratégica no dejando de lado aspectos técnicos importantes como los accesos hasta el lugar donde se ubicara la nueva estación y el suministro de energía eléctrica en el sector. Con las visitas en la zona se ha podido determinar un punto estratégico, propiedad de la Asociación de Ganaderos del Cantón Arenillas, este lugar que es ampliamente concurrido por los socios de la Asociación en mención cuenta con accesos viales y lo que es más importante cuenta con suministro de energía eléctrica, prestándose así de manera eficiente para la ubicación

de la “Repetidora 3”. Los puntos geográficos obtenidos mediante las visitas se dieron con la utilización de un dispositivo de posicionamiento global (GPS) y son los siguientes:

Tabla 39 Coordenadas de infraestructura para Redundancia de Enlaces.

Nombre Estación	Coordenadas		Altura Nivel del Mar
	Longitud	Latitud	
Repetidora 3	79°59'30,8'' W	3°36'07,9'' S	450

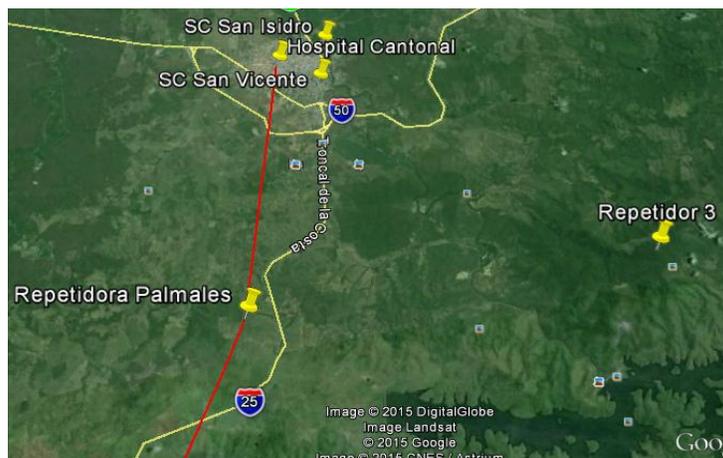


Figura 47 Ubicación de Repetidora 3.

Mediante las simulaciones en el Software Radio Mobile se podrá observar los enlaces para la redundancia de los enlaces troncales. Se presentan los nuevos enlaces Hospital Cantonal-Repetidora 3, Repetidora 3-Repetidora Palmales, Repetidora 3-Repetidora Manabí de El Oro.

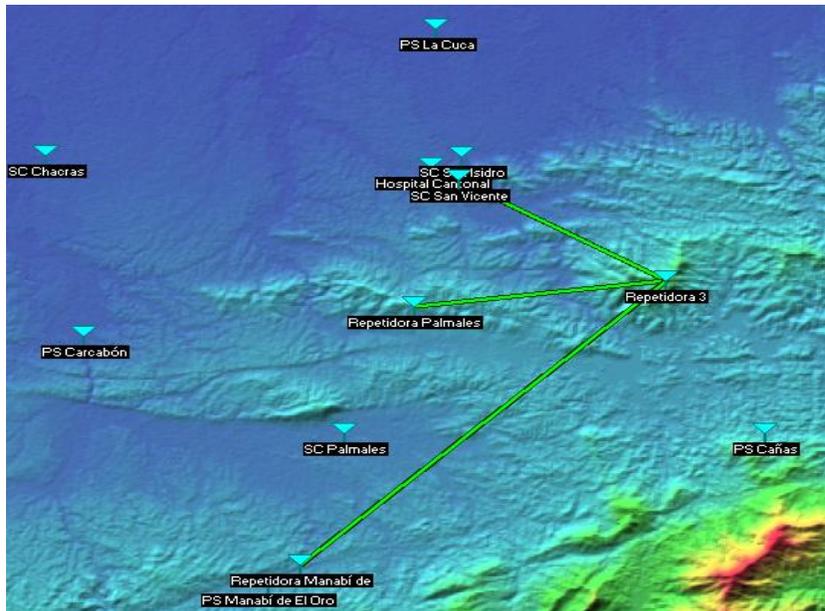


Figura 48 Enlaces Redundantes, software Radio Mobile.

A continuación se presentan las simulaciones de los enlaces que dan redundancia a la red.

- **Hospital Cantonal-Repetidora 3.**

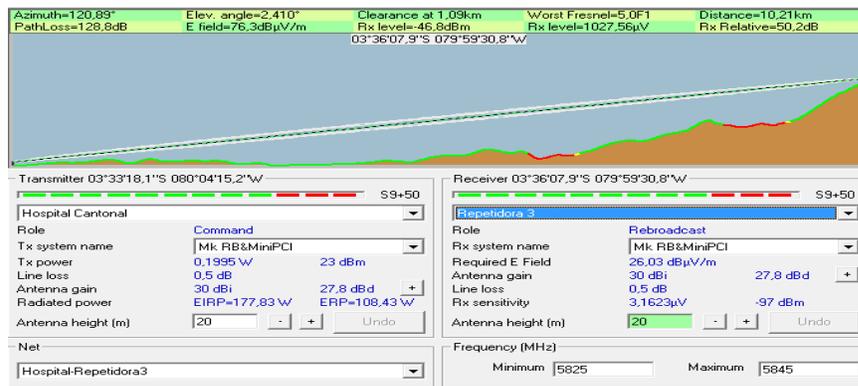


Figura 49 Simulación enlace H. Cantonal-Repetidora 3.

- **Repetidora 3-Repetidora Palmales.**

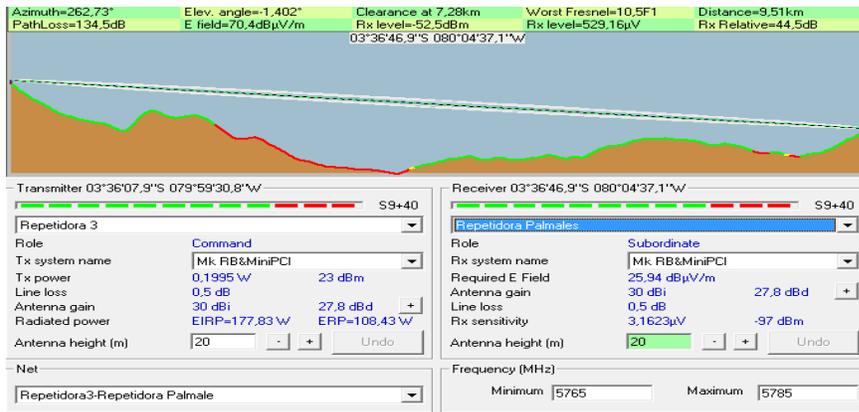


Figura 50 Simulación Repetidora 3-Repetidora Palmales.

- Repetidora 3-Repetidora Manabí de El Oro.

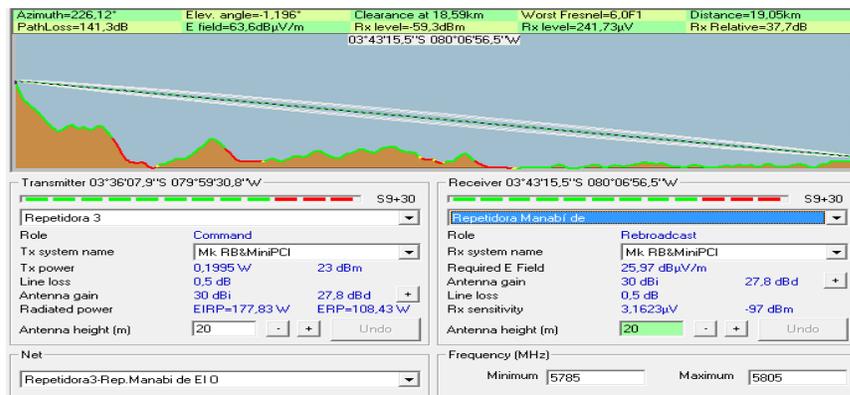


Figura 51 Simulación enlace Repetidora 3-Repetidora Manabí de El Oro.

La comprobación de los perfiles topográficos mediante la utilización de las cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM) se obviara, dado que son únicamente para corroborar el perfil del terreno que el software nos brinda.

4.4.8.1 Cálculos matemáticos de los enlaces de redundancia.

- Hospital Cantonal-Repetidor 3.

Tabla 40. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-Repetidor 3.

Desde: H.Cantonal			Hasta: Repetidora 3			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia (Mhz)
Coordenadas	Altura (msnm)	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°33'18,1'' S 80°4'15,2'' W	47	20	3°36'07,9'' S 79°59'30,8'' W	450	20	10,21	5825

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5825)(\text{MHz}) + 20\log(10,21)(\text{km}) = 127.93 \text{ dB}$$

$$F_m = 30 \log(10,21) + 10 \log(6(1)(0,50)(5,825)) - 10 \log \frac{(0,00001 * 10,21)}{400} - 70 = 38.62 \text{ dB}$$

$$L_{tt} = L_{tr} = \text{altura de la antena} * \text{atenuacion del cable} = 20m * \frac{0,18\text{dB}}{m} = 3,6 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 3,6 + 30 \text{ dBi} - 123,89 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 3,6 = -46,85 \text{ dBm}$$

- **Repetidor 3-Repetidor Palmales.**

Tabla 41. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-Repetidor 3.

Desde: Repetidor 3			Hasta: Repetidora Palmales			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia (Mhz)
Coordenadas	Altura (msnm)	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°36'07,9'' S 79°59'30,8'' W	450	20	3°36'46,9'' S 80°4'37,1'' W	262	20	9,51	5765

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5765)(\text{MHz}) + 20\log(9,51)(\text{km}) = 127.22 \text{ dB}$$

$$F_m = 30 \log(9,51) + 10 \log(6(1)(0,50)(5,765)) - 10 \log \frac{(0,00001 * 9,51)}{400} - 70 = 37.96 \text{ dB}$$

$$L_{tt} = L_{tr} = \text{altura de la antena} * \text{atenuacion del cable} = 20m * \frac{0,18\text{dB}}{m} = 3,6 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 3,6 + 30 \text{ dBi} - 127,22 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 3,6 = -51,42 \text{ dBm}$$

- **Repetidor 3-Repetidora Manabí de El Oro.**

Tabla 42. Parámetros cálculo de enlace Hospital Cantonal-Repetidor 3.

Desde: Repetidor 3			Hasta: Repetidora Manabí de El Oro			Distancia de enlace (Km)	Frecuencia (Mhz)
Coordenadas	Altura (msnm)	Altura de la Antena	Coordenadas	Altura	Altura de la Antena		
3°36'07,9'' S 79°59'30,8'' W	450	20	3°43'15,5'' S 80°6'56,5'' W	124	20	19,05	5745

$$L_{bf} = 32,45 + 20\log(5745)(\text{MHz}) + 20\log(19,05)(\text{km}) = 133.23 \text{ dB}$$

$$F_m = 30 \log(19,05) + 10 \log(6(1)(0,50)(5,745)) - 10 \log \frac{(0,00001 \cdot 19,05)}{400} - 70 = 43.98 \text{ dB}$$

$$L_{tt} = L_{tr} = \text{altura de la antena} * \text{atenuacion del cable} = 20m * \frac{0,18dB}{m} = 3,6 \text{ dB}$$

$$P_{dr} = 23 \text{ dBm} - 3,6 + 30 \text{ dBi} - 133,23 \text{ dB} + 30 \text{ dBi} - 3,6 = -57,43 \text{ dBm}$$

Los cálculos matemáticos corroboran los parámetros obtenidos mediante la simulación y como conclusión de esto podemos decir que la potencia de recepción está muy por debajo del umbral de recepción entregado por el fabricante, por tal motivo, podemos decir que los enlaces redundantes pueden trabajar con normalidad.

4.4.9 Diseño final de los enlaces incluida la redundancia.

Tomando en cuenta la redundancia que se ha establecido dentro del despliegue de la red de telemedicina, el diagrama final del sistema queda de la siguiente manera.

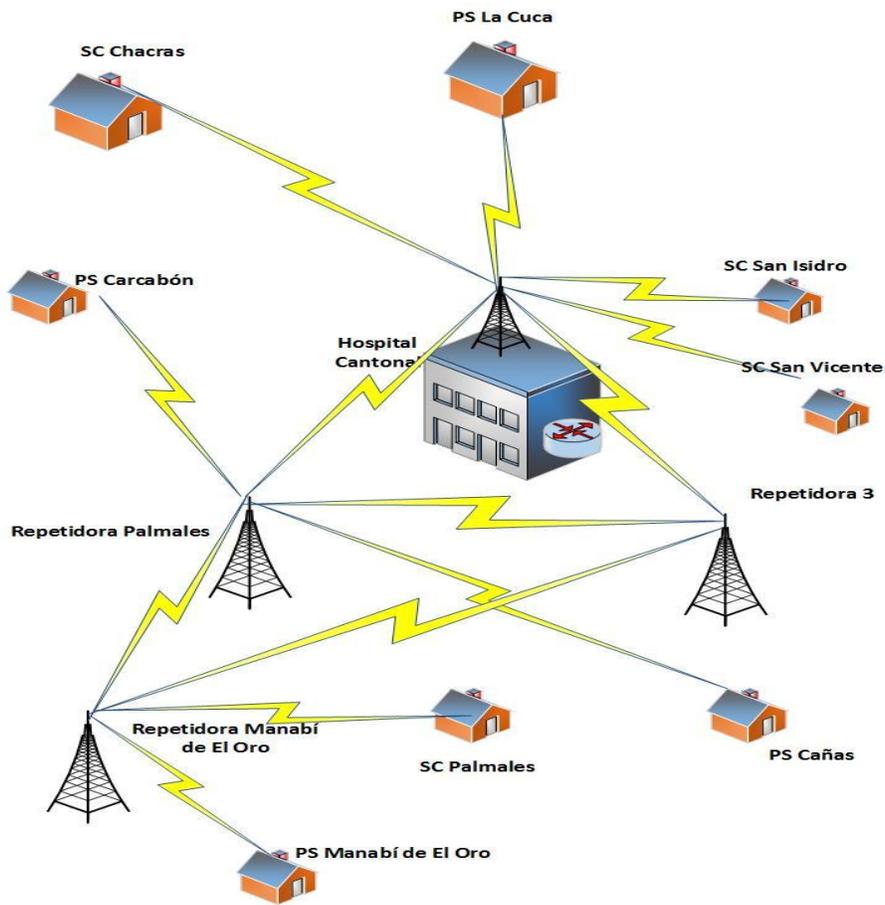


Figura 52 Diagrama final de la red incluida la redundancia de enlaces inalámbricos.

En la siguiente figura, en el software Radio Mobile se puede observar la distribución y ubicación de las Unidades de Salud y las estaciones repetidoras. Así mismo se puede observar la simulación de los enlaces inalámbricos de la red de telemedicina.

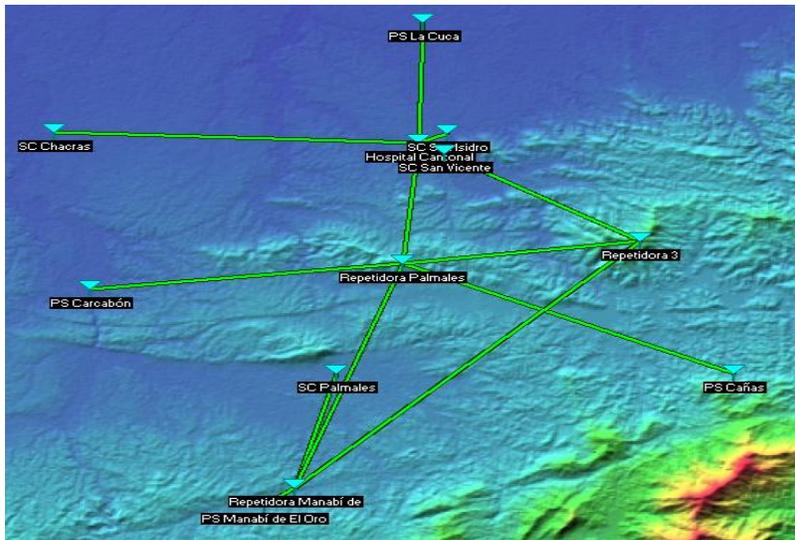


Figura 53 Diagrama final en software Radio Mobile.

4.4.10 Selección de equipos.

En este aspecto es necesario hacer un análisis de los requerimientos necesarios por parte del dimensionamiento, simulaciones de radio enlaces y análisis de desempeño de la red, por lo cual es necesario hacer una comparación entre los parámetros requeridos por la red con las soluciones que ofrecen los fabricantes.

4.4.10.1 Equipos de Radio.

Los resultados que nos arrojan las simulaciones establecen que se requiere de equipos de radio IEEE 802.11n para la conexión entre estaciones repetidoras y estaciones repetidoras- Unidades de Salud. Las características técnicas requeridas se muestran a continuación.

Tabla 43. Requerimientos técnicos para los equipos de radio.

Parámetros	Valor
Tecnología	IEEE 802.11n
Velocidad teórica máxima	54 Mbps
Alimentación de energía	PoE
Soporte antena externa	Si
Sensibilidad de Receptor	-95 dBm

Modulación	Adaptativa
Soporte larga distancia	Si

Basado en estos parámetros se ha analizado diferentes soluciones tecnológicas que cumplen con los requisitos de la tabla anterior. A continuación se presentan opciones de diferentes fabricantes.

Tabla 44. Equipos de radio IEEE 802.11n. [23][24][25][26][27][28].

Marca/Modelo	Tecnología	Frecuencia (GHz)	Alimentación de energía	Tipo de Antena	Potencia de Tx (dBm)	Sensibilidad Rx (dBm)	Velocidad teórica	Modulación
Ubiquity-Rocket M5	IEEE 802.11n	5.8	PoE	Externa	23	-77	54	TDM A
					30			
Deliberant-APC Mach 5	IEEE 802.11n	5.8	PoE	Acoplada-Antena Panel	27	-95	54	64 QAM
					30			
Cambium Networks-PtP 230	Tecnología Propietaria Cambium	5.8	PoE	Externa	19	-86	50	QPSK
								64 QAM
Mikrotik RB/APO	IEEE 802.11n	5.8	PoE	Externa	17	-88	6	BPSK
					13	-71	54	64 QAM
Mikrotik R52N	802.11n, propietario	2.4/5.8	PoE	Externa	23	-92	54	OFDM
Mikrotik R5nH	802.11, propietario	5.8	PoE	Externa	23	-92		OFDM
Mikrotik R52Hn	802.11 n, propietario	2.4/5.8	PoE	Externa	25	-95	54	OFDM

Al analizar las características técnicas y económicas de cada equipo se destaca como la opción más recomendable es la utilización de equipos de radio de la marca Mikrotik, esto ya que entre los equipos que se han estudiado los Mikrotik cuentan con una mayor potencia de transmisión y por ende se obtiene una mejor tasa de bits, además estos equipos pueden

tener operabilidad en frecuencias de 2.4 y 5.8 GHz estableciendo disponibilidad en toda la banda ISM.

Para establecer la conectividad es necesario la utilización de los denominados RouterBOARDS que son placas bases que contienen muchos atributos en cuanto a conectividad inalámbrica, esto, mediante la utilización de tarjetas inalámbricas (miniPCI). A continuación se presenta un análisis más detallado acerca de las características que nos permitieron la selección de estos equipos.

- **Selección de RouterBOARDS.**

Para esto se hizo un análisis de los disponibles en el mercado sin dejar de lado el factor económico, de tal modo, que se ha escogido aquellos que nos sirvan de la mejor manera en los aspectos técnicos y físicos como: consumos de potencia, tamaño físico, interfaces seriales de Ethernet e inalámbricas. Tras este análisis se ha establecido que los routerBOARDS Mikrotik son la mejor solución en cuanto al factor financiero (relativamente de costo bajo), velocidad (hasta 108 Mbps), seguridad, alcance y algo muy importante que es la instalación sencilla y rápida. Se ha optado por trabajar con diferentes tipos de RouterBOARDS y su uso dependerá del lugar donde vayan a operar, ya que tendrán diferentes características, es decir,

- Para las estaciones finales (Subcentros y Puestos de Salud) se utilizará el RouterBoard Mikrotik RB411AH ya que este contiene una interfaz inalámbrica garantizando la comunicación, a continuación se presentan las principales características de dicha placa.

Tabla 45. Principales características de RB411AH. [29]

RB411AH	
CPU	Procesador Atheros AR7161, 680 MHz
Memoria	64 MB DDR SDRAM
Bootloader	RouterBoot
Ethernet	Un puerto 10/100 Mb/s Fast Ethernet
miniPCI	Un slot MiniPCI tipo IIIA/IIIB
Puerto Serial	Un puerto serial DB9 RS232C asíncrono
Fuente de Energía	PoE 10/28 V DC. Power Jack 10/28 V DC
Dimensiones	10.5 cm x 10.5 cm. Peso 82 g
Consumo de Energía	~ 3 W sin tarjetas miniPCI, máx. -12 W

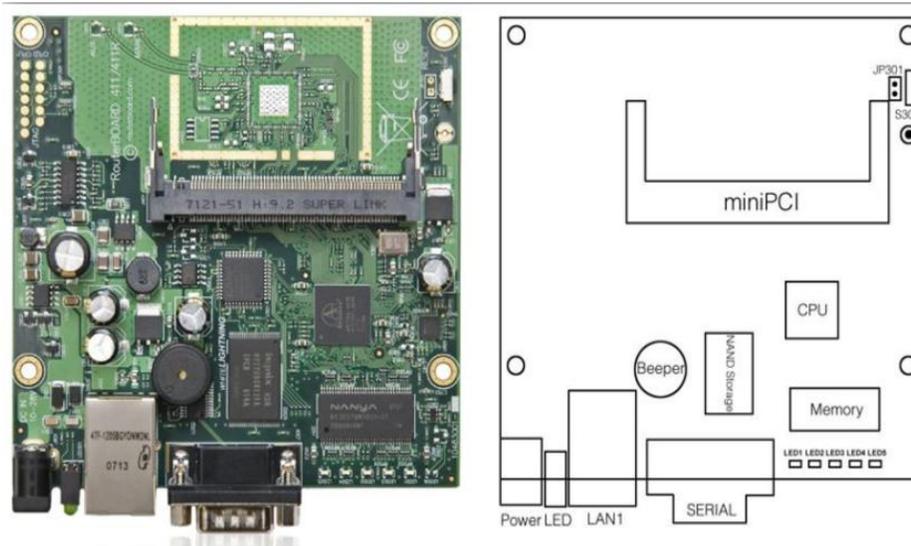


Figura 54. Placa Mikrotik RB411AH. [29]

- Mikrotik cuenta con RouterBOARDS de 3 y 4 interfaces inalámbricas, estos dispositivos son el RB433AH y RB800 y su uso será necesario en las estaciones repetidoras. Las características se presentan a continuación.

Tabla 46 Principales características de RB433AH. [30]

RB433AH	
CPU	Procesador Atheros, 680 MHz
Memoria	128 MB DDR SDRAM
Bootloader	RouterBoot
Ethernet	Tres puertos 10/100 Mb/s Fast Ethernet
miniPCI	Tres slots MiniPCI tipo IIIA/IIIB
Puerto Serial	Un puerto serial DB9 RS232C asíncrono
Fuente de Energía	PoE 10/28 V DC. Power Jack 10/28 V DC
Dimensiones	10.5 cm x 10.5 cm. Peso 135 g
Consumo de Energía	~ 3 W sin tarjetas miniPCI, máx. -25 W
Sistema Operativo	Mikrotik RouterOS v3, licencia nivel 5.

Tabla 47 Principales características de RB800AH. [31]

RB800AH	
CPU	Procesador Atheros MPC8544, 800 MHz
Memoria	256 MB DDR SDRAM
Bootloader	RouterBoot
Ethernet	Tres puertos 10/100/1000 Mb/s Fast Ethernet
miniPCI	Cuatro slots MiniPCI tipo IIIA/IIIB
Puerto Serial	Un puerto serial DB9 RS232C asíncrono
Fuente de Energía	PoE 36/56 V DC. Power Jack 10/56 V DC
Dimensiones	14 cm x 20 cm. Peso 200 g
Consumo de Energía	~ 3 W sin tarjetas miniPCI, máx. ~25 W
Sistema Operativo	Mikrotik RouterOS v4, licencia nivel 5.

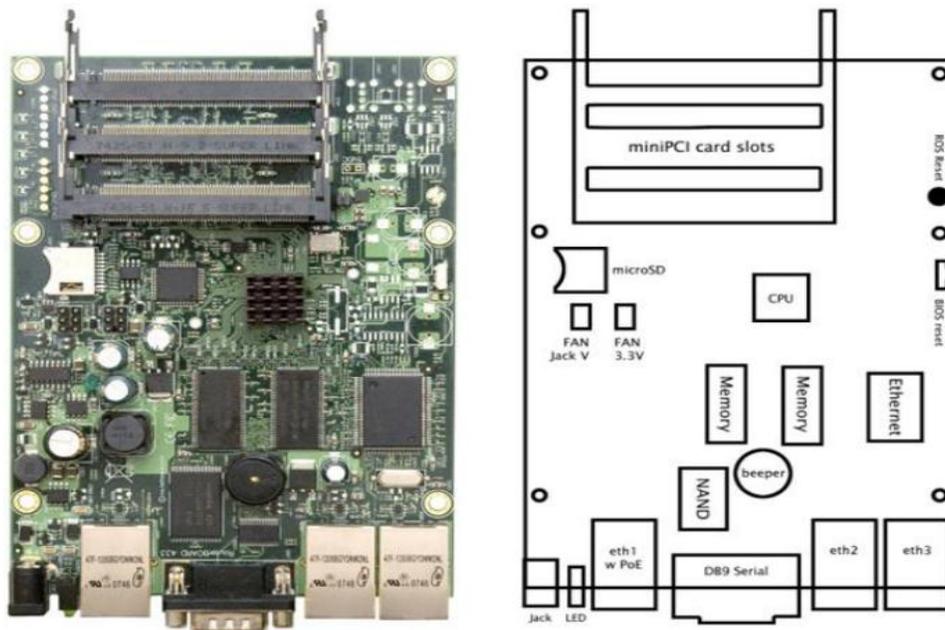


Figura 55. Placa Mikrotik RB433AH. [30]

- **Selección de interfaces inalámbricas MiniPCI.**

En la tabla 41 se presentaron algunas características técnicas de las interfaces inalámbricas. Mikrotik posee una amplia gama de dichas tarjetas pero aquellas se limitan al momento de seleccionar las que operen bajo el estándar 802.11n. Es así que se han analizado las

miniPCI nombradas en la tabla anterior (R52N, R52nH, R52Hn) y se ha considerado trabajar con la tarjeta inalámbrica Mikrotik R52Hn. Esta selección se fundamentó en que dichas tarjetas son compatibles con todos los RouterBOARDS que se mencionaron anteriormente y entre otras cosas su transmisión de alta potencia se hace ideal en largas distancias. A continuación las características principales la miniPCI R52Hn.

Tabla 48 Principales características de miniPCI R52Hn. [26]

MiniPCI R52Hn			
CPU	Procesador Atheros AR9220, chipset		
Soporte	2x2 MIMO		
Modulaciones	OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM		
	DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK		
Consumo de Potencia	7 W		
Potencia de Tx y Sensibilidad Rx	SRx (dBm)		Tx (dBm)
	MC0 20 MHz	-97	24
	MC0 40 MHz	-92	22
	MCS7 20 MHz	-77	18
	MCS7 40 MHz	-74	17
Performance	Sobre los 300 Mbps, reales 200 Mbps		



Figura 56. MiniPCI Mikrotik R52Hn. [26]

Las tarjetas inalámbricas se acoplan con la antena externa por medio de puertos coaxiales, conectados por medio de Pigtails. Estos se acoplan con cable coaxial RG8 de 50 Ω de impedancia, con conectores tipo N, dichos elementos se representan en la siguiente figura.



Figura 57. Pigtail, Conector Tipo N, cable RG8.

- **Selección Antenas.**

La red empleara antenas que concentren su lóbulo de radiación en una sola dirección. Al momento de dar selección a la marca de antenas se ha establecido que la antena Hyperlink HG4958DP-30D es la mejor opción ya que ha sido específicamente para trabajar en enlaces punto a punto de larga distancia, haciendo a este equipo muy confiable para aplicaciones basadas en redes inalámbricas. Además su diseño mecánico es muy eficiente en condiciones climáticas desfavorables, tomando en cuenta que este proyecto se basa en enlaces rurales expuestos a diferentes cambios atmosféricos. A continuación se presentan algunas de sus características principales.

- Frecuencia de Operación: 4.9-5.9 GHz.
- Plato reflector de aluminio.
- Ganancia: 30 dBi.
- MIMO.
- Impedancia 50 Ω
- Dimensión: 600 mm de diámetro
- Peso: 6.1 Kg. [32]



Figura 58. Antena Hyperlink HG4958DP-30D. [32]

Al hacer cumplimiento de la resolución mencionada por los entes regulatorios es necesario una reducción en la potencia de transmisión. Por lo tanto los parámetros que se utilizaran en el diseño son:

- Ganancia de Antena= 30 dBi
- Potencia de transmisor= 23 dBm

Cabe recalcar que estos equipos son de la marca Hyperlink y Mikrotik y trabajan bajo el estándar 802.11n, de tal modo que se da cumplimiento a la selección del estándar que se desarrolló en el Capítulo 2. Todos los detalles técnicos de estos equipos se presentan en el Anexo A.

4.4.10.2 Equipos de Red.

En cuanto a los equipos de red nos permitimos hacer los requerimientos necesarios con los que deberán cumplir los Routers y Switches.

Tanto los Routers como los Switch deben de soportar manejo de protocolo SNMP para la gestión de la red, esto es para detectar el registro de funcionamiento de los equipos y especialmente para detectar fallas o averías en los equipos y así poder actuar de manera inmediata. Dicho protocolo se puede implementar mediante la utilización de un servidor teniendo así un monitoreo de la red.

Para la configuración y administración remota de los equipos, estos deberán soportar protocolo Telnet y SSH. Telnet es un protocolo que permite la configuración remota de equipos en línea de comandos sin ningún tipo de encriptación motivo por el cual no es seguro, en cambio SSH es un protocolo que usa técnicas de cifrado que hace que la información que viaja por el medio de comunicación vaya de manera no legible, por lo tanto, se recomienda SSH para la configuración remota de dispositivos.

La principal función de los routers es dividir los dominios de broadcast, establecer un esquema de direccionamiento IP y encaminar los paquetes hacia su destino. Hay que tomar en cuenta que se necesitan de dos tipos de Routers los cuales son: los routers de distribución (ubicados en cada Unidad y Puesto de Salud que serán los que se ocupen de dividir los dominios de broadcast de las LAN en cada Unidad de Salud y encaminar los paquetes hacia su destino y un Router de borde) y un Router de gama alta o Router de borde que estará ubicado en el Hospital Cantonal de Arenillas.

Para el primer caso (Routers de distribución) se presentan algunas características necesarias que permitirán un buen desempeño de la red.

Tabla 49 Características del Router de Distribución.

Parámetros	Valor
Protocolo Enrutable	IP
Protocolo de enrutamiento dinámico	OSPF
Tipo de Interfaz	100 BASE-T
Modo de operación de interfaz	10/100 Full Dúplex
Soporte SNMP	Si
Soporte Telnet y SSH	Si

Cabe recalcar que los Routers de distribución están asignados a las tarjetas inalámbricas Mikrotik que se utilizaran en este proyecto, esto ya que la tarjeta inalámbrica R52Hn incorpora un sistema operativo que hace funcionar en modo router a la tarjeta inalámbrica. El sistema Operativo es el RouterOS v4 que provee una interfaz amigable con el usuario permitiendo configurar entre otras cosas parámetros de enrutamiento y de enlace inalámbrico.

El Router de distribución principal o router de borde cumplirá funciones más complejas, específicas y de mayor demanda que los Routers de distribución, por lo tanto, se requiere de un router de gama alta que posea mayor velocidad de procesamiento y que posea interfaces para transportes de datos.

Tabla 50 Características del Router de Distribución principal (Router de borde).

Parámetros	Valor
Protocolo Enrutable	IP
Protocolo de enrutamiento dinámico	OSPF
Tipo de Interfaz	100 BASE-T
Modo de operación de interfaz	10/100 Full Dúplex
Numero de interfaces	2
Encapsulamiento WAN	PPP y Frame Relay
Soporte SNMP	Si
Soporte Telnet y SSH	Si

Tomando en cuenta las características de la tabla anterior se ha determinado que el Router de borde será un Router CISCO 2851, esto ya que este router permite una convergencia total de las telecomunicaciones en IP, con lo que se posibilita una mayor eficiencia, potencia y fiabilidad de las redes, permite una coexistencia plena de redes de voz, datos, video e inalámbricas, además de un costo beneficio muy importante que lo vuelven unas de las mejores opciones en el mercado para las aplicaciones que se necesitan. [33]



Figura 59. Router CISCO 2851. [33]

El Router CISCO 2851 posee las siguientes características.

- Puertos de alta velocidad WAN
- Protocolo de Interconexión de Datos: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet.
- Protocolo de Conmutación: ATM, Frame Relay
- Módulos seriales WAN.
- Gestión Remota SNMP. [33]

Con respecto a las estaciones repetidoras, en donde existen más de 3 enlaces inalámbricos y para las LAN de las Unidades y Puestos de Salud se requiere la existencia de un Switch de red, cuya función es expandir el dominio de broadcast para que múltiples equipos establezcan conexión lógica dentro de una misma red. El Switch que se propone utilizar en las repetidoras es el TP-LINK TL-SG2216. A continuación se presentan algunas de sus características.



Figura 60. Switch TP-LINK TL-SG2216. [34]

- 16 Puertos 10/100/1000Mbps RJ45
- 2 Ranuras SFP 100/1000
- Spanning Tree
- Soporta Telnet, SSH
- Soporta SNMP.
- Soporta hasta 512 VLANs.[34]

4.4.10.3 Equipos para las aplicaciones de Telemedicina.

a.- Equipos de Red VoIP

Para una red de VoIP es necesario la utilización de equipos terminales, servidor, un Gateway de voz para conmutar la red telefónica pública o PSTN y los equipos de

networking para transmitir la voz entre las Unidades de Salud Pública con el Hospital Cantonal de Arenillas.

- **Servidor de VoIP**

La principal función es implementar la señalización de llamadas. En términos generales, lo que se necesita es tener un dispositivo con un buen soporte para el procesamiento de llamadas y poder conectarse a la red de datos.

Para la elección del hardware en donde se va a montar el servidor de VoIP se toman en cuenta las siguientes características como requisitos mínimos.

Tabla 51 Características de Hardware servidor IP.

Componente	Valor	Características
Procesador	1 GHz CPU	Se recomienda para un sistema relativamente pequeño
Memoria RAM	512 MB	El servidor se usa solo para señalización razón por la cual no se requiere de mucho procesamiento.
Disco Duro	50 GB	Para el sistema operativo y software de VoIP
Tarjeta de Interfaz de Red	FastEthernet 10/100	Debido a la cantidad de Usuarios no se requiere de mayor capacidad de la tarjeta
Slots PCI	2 PCI Express	Para poder integrar tarjetas FXO, RXS o T1/E1

Los PCs actuales son bastos para las características mínimas que se requieren, por lo tanto se presenta la siguiente solución.

Pentium 4 DELL OptiPlex GX280-2.8 GHz.

Características.

- Procesador Intel Real de 2.8 GHz
- Memoria RAM 2 GB DDR2
- DISCO DURO 256 GB SATA.

En cuanto al software que se necesita es importante considerar lo siguiente: el sistema operativo bajo el cual trabajar el servidor IP y el software IP/PBX.

El sistema operativo se encargara de levantar interfaces y archivos de sistema necesarios para operar correctamente el software de comunicaciones. Se debe optar por un sistema Operativo Linux dado que es libre y posee menos riesgos de seguridad que Windows.

EL software IP/PBX es el elemento principal del sistema ya que se encarga de realizar la comunicación extremo a extremo y ofrecer todas las funciones que realizaría una centralilla telefónica tradicional. Dentro de los software libres más destacados tenemos al Asterisk, que es una centralilla software (PBX). Dentro del paquete básico de Asterisk se encuentran características como creación de extensiones, envío de mensajes de voz, llamada en espera, menú de voz interactiva y distribución automática de llamadas. Asterisk trabaja bajo el sistema operativo Linux y podrá trabajar bajo cualquiera de sus distribuciones como son: Fedora, Debian, Centos. La opción más recomendable será Debian Linux, ya que presentan las siguientes características.

- Es de fácil instalación.
 - Los paquetes necesarios para un buen funcionamiento de Asterisk son bastante estables por lo que se evitan problemas con el servidor.
 - La instalación para un servidor Asterisk ocupa alrededor de 600 MB en el disco duro.
 - No instala librerías que no se vayan a utilizar.
 - Compatibilidad con tarjetas de telefonía.[35]
-
- **Gateway de voz.**

Es un dispositivo que se encarga de realizar la conmutación hacia la Red telefónica Pública. El Gateway que se debe utilizar debe tener entradas analógicas (tarjeta FXO) que serán utilizadas de salida a las PSTN. Además se debe tomar en cuenta el códec elegido para que se pueda realizar adecuadamente la decodificación de los paquetes de voz y que estos sean convertidos en señales analógicas. Para dotar de VoIP a la red, se ha escogido trabajar con

el CISCO ATA LINKSYS modelo SPA3102. A continuación se presentan las principales características del equipo a utilizarse. [36]

Tabla 52 Características ATA Linksys SPA 3102. [36]

Puertos	Señalización	Códecs	Administración	Servicios
2 100 Base T RJ45, 1 Puerto RJ11 FXS 1 RJ11 FXO	SIP	G.711, G.726 G.729 G.723.1	HTTP TFTP SNMP	Interconecta líneas remotas a través de internet. Puede funcionar como un adaptador telefónico analógico Provee un alto nivel de seguridad basado en encriptación AES para las comunicaciones

- **Teléfono VoIP.**

Para la elección del teléfono VoIP se ha considerado que su uso sea amigable con las personas que lo vallan a utilizar. Es importante que dicho teléfono sea compatible con los equipos que se han de utilizar en la red de VoIP. El equipo que se ha considerado es el CISCO Linksys SPA941. A continuación se presentan las principales características del teléfono a utilizar.

Tabla 53 Características el CISCO Linksys SPA941. [37]

Códecs	Protocolos	Conectividad Ethernet	Funcionalidad
G.711 G.726 G.729 G.723.1	HTTP, ICMP, ARP, DNS, DHCP, TCP, UDP, RTP, RTCP, SNTP	1 Puerto RJ45 10/100 Base TX.	Speakerphone. Call hold. Music and old. Call waiting. Caller ID name and number.

b.- Equipos de Videoconferencia.

La Videoconferencia es muy importante dentro de un sistema de telemedicina, por este motivo es indispensable contar con equipos que ofrezcan una buena calidad de video. Por este motivo se ha escogido trabajar con el equipo POLYCOM VSX 5400, este es un equipo

ideal para espacios de videoconferencias relativamente pequeños, ofrece muy buena calidad de audio y video y puede ser colocado sobre un monitor. Mediante este equipo se pueden agregar fácilmente periféricos (Cámara documental o VCR/DVD) monitores duales o hacer llamadas. Las opciones de conexión incluyen IP, ISDN, SIP y H.323, por lo que se puede utilizar en una gran variedad de ambientes de videoconferencias. [38]

Entre las principales características de este equipo tenemos las siguientes. [38]

- Máxima Velocidad de datos IP hasta 768 Kbps
- Estándares y protocolos de Audio: H.323, SIP, H.320, G.711, G.722, G.723.1
- Estándares y protocolos de video: H.261, H.263, H.264
- Formato de video: NTSC/PAL, XGA, SVGA, VGA
- Campo de visión: 85°.
- Zoom:2X
- Audio digital: Full Dúplex
- Asignación dinámica de ancho de banda

Las interfaces que tienes son las siguientes

- 2 Salidas S video
- 1 Salida de video VGA
- 1 entrada S video
- 1 Puerto Serial RS-232
- 1 Entrada para micrófono
- 2 Entradas de audio (RCA)
- 2 Salidas de Audio RCA
- 1 puerto Ethernet 10 Base-T/100 Base-TX (RJ45). [38]



Figura 61. POLYCOM VXS 5400. [38]

c.- Equipos de trabajo.

Para la digitalización de toda la información médica es necesario que las Unidades de Salud cuenten con una estación de trabajo, nos referimos a las PCs con que ha de contar cada establecimiento. Estas computadoras en realidad no necesitaran de capacidades altas de procesamiento por lo tanto se recomienda una de las siguientes características.

Computador DELL Opti Plex 160

- Procesador Intel Atom 330 Dual Core.
- Sistema Operativo: Windows 8
- Memoria: 4 GB DDR2, 1.8 GHZ.
- Disco Duro: 256 GB.
- Monitor: Monitor Plano DELL E1910 de 19 pulgadas.
- Tarjeta de Video: SIS Mirage 3, video integrado.
- Incluye: Parlante, mouse, teclado.[39]



Figura 62. DELL Opti Plex 160. [39]

Cabe mencionar que mediante la utilización de esta computadora también se puede acceder a los servicios de internet con los que contara las Unidades de Salud.

Terminales Medico-Tecnológicos.

- **Espirómetro.**

El espirómetro es un dispositivo que realiza una interrupción de infrarrojos con el fin de recolectar datos de saturación de oxígeno en sangre periférica y cada uno de estos datos puede ser registrado en una memoria interna que garantizara la confiabilidad de las mediciones para lograr un buen diagnóstico. Este dispositivo servirá para la detección o seguimiento de patologías respiratorias como son las enfermedades obstructivas crónicas, asma, fibrosis pulmonar y otras enfermedades relacionadas a las vías respiratorias [40].

El dispositivo que se ha seleccionado y con el que ha de contar cada unidad de Salud es el siguiente, espirómetro SPIRODOC y estará conectado a la computadora a través de un puerto USB y las características médico-técnicas del mismo se presenta a continuación.

Tabla 54 Características espirómetro SPIRODOC. [41]

Funcionalidad	Conectividad	Pantalla	Alimentación
Espirómetro, pulsímetro, acelerómetro en 3D, cuenta con software especial para poder obtener los informes de los pacientes	USB 2.0, Bluetooth	Táctil retro iluminada 128x64 píxeles	Batería recargable



Figura 63. SPIRODOC. [41]

- **Estetoscopio.**

De manera general un estetoscopio sirve para escuchar los sonidos que se producen dentro del cuerpo, ahora, la utilización de uno en cada unidad de salud es de vital importancia ya que se podrían enviar y recibir señales digitales como por ejemplo: la transmisión de latidos del corazón o de la frecuencia respiratoria de un paciente, esto con la utilización de un estetoscopio digital que permite recoger los datos de un paciente para que posteriormente sean procesados y digitalizados para el envío hasta el Hospital Cantonal y que un médico especialista pueda dar su diagnóstico.

El estetoscopio que se ha de utilizar en cada Unidad de Salud es el que ofrece la empresa Telehealth Technologies con su modelo TR-1/EF Telephonic Stethoscope que y cuenta con las siguientes características.

Tabla 55 Características Estetoscopio TR-1/EF. [42]

Características
<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de sonido alta. • Se conecta a un equipo PCP-1 que sirve para auscultación del pecho, tanto para estetoscopios analógicos y digitales. • Auscultación en anchos de banda de 20 Hz a 1400 Hz con tasa de bits bajas 19.6 Kbps. • El mismo modulo puede ser usado como unidad de transmisión y recepción. • Cuenta con un Bell/diafragma Switch que sirve para mejorar los exámenes de auscultaciones pulmonares y cardiacas. • Se puede conectar a la videoconferencia por un canal de datos (envía anchos de banda de los sonidos de la auscultación mientras se transmite el video). • Usa un puerto serial para conectar a la PC conectada a la red IP

- **Electrocardiógrafo.**

La adquisición de señales biomédicas cardiacas es importante ya que permitiría que desde las Unidades de Salud Rural se envié la actividad cardiaca de un paciente. Para esto se recomienda la utilización de un Electrocardiógrafo digital Dr. ECG modelo RT-100 Plus, este es un dispositivo digital de 12 canales que opera como interface para PC o laptop, para realizar electrocardiogramas y pruebas de esfuerzo.

Tabla 56 Características Electrocardiógrafo Dr. ECG RT-100 Plus. [43]

Características
<ul style="list-style-type: none">• Incluye base de datos de pacientes y software par interpretación e electrocardiogramas Dr. ECG• Contiene 12 derivaciones simultáneas y monitorea las mismas en pantalla con cálculo de frecuencia cardiaca y señalización de electrodos sueltos.• Identificación y medición de las ondas en intervalos del ECG.• Incluye interpretación diagnostica automática sugerida.• Variedad de informes en forma carta para su respectivo envío y recepción mediante correo electrónico.

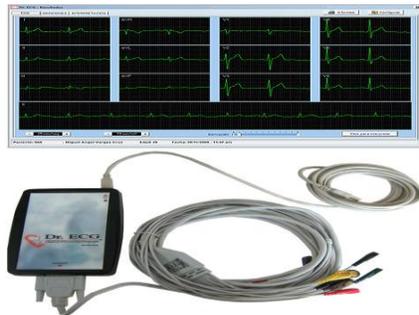


Figura 64. Electrocardiógrafo Dr. ECG RT-100 Plus. [43]

- **Investigación-Equipamiento de Telecirugía.**

Las operaciones médicas a distancia involucran elementos de la robótica y tecnologías de vanguardia en comunicaciones, tales como conexiones de datos de muy alta velocidad. La constante en equipos robóticos de Telecirugía es la existencia de una consola “maestra” desde el centro de referencia donde opera el cirujano y en la unidad de salud básica la existencia de brazos robóticos que llevan a cabo la cirugía en el paciente. En este sentido ya se involucra la telerobótica que si bien es cierto es muy útil para realizar operaciones a distancias de cientos y hasta miles de kilómetros, su utilización es sumamente cara.

Actualmente existe un sistema quirúrgico robótico denominado “Zeus”. Zeus consta de tres brazos robóticos que son controlados por un cirujano. El primero es un endoscopio activado

mediante la voz, permitiendo al cirujano observar dentro del paciente. Los otros dos brazos robóticos copian los movimientos del cirujano para hacer extracciones e incisiones. De la misma manera en las Unidades remotas es necesaria la existencia de asistentes para que intercambien los instrumentos quirúrgicos según sea la necesidad.



Figura 65 Equipo telerobótico Zeus.

Para la utilización de este sistema robótico se hace necesaria la conexión dedicada y con redundancia de un enlace de telecomunicaciones, la fibra óptica con una tasa de bits en el orden de los Gbps es lo más confiable, aunque desplegar este tipo de red en largas distancias es sumamente caro y a eso sumado el equipo telerobótico que por toda la tecnología empleada puede llegar a costar millones de dólares. Por lo anteriormente dicho utilizar este tipo de equipamiento en las Unidades de Salud de la red que se está diseñando no es factible técnica ni económicamente.

4.4.10.4 Equipos de abastecimiento de energía ininterrumpida en las Unidades de Salud.

Cuando se presenten problemas con la energía eléctrica en las Unidades de Salud estas deberán contar con un sistema de energía ininterrumpida que respalde el normal funcionamiento de los equipos que conforman el sistema de telemedicina. Se contempla que los dispositivos funcionen por un periodo de 3 a 5 horas independientes de cualquier fallo en el sistema eléctrico. En las Unidades de Salud se presentan los siguientes consumos de potencia.

Tabla 57 Consumos de potencia de equipos en Unidades de Salud.

Cantidad	Equipos	Potencia (Watts)
1	Equipos de Radio	18
1	Switch	10
1	Computador	150
1	Polycom	80
	Total	258

Para el dimensionamiento del UPS hacemos uso de la ecuación 8.

$$DCamp = \frac{Po}{EFF * DCV} + AL$$

$$DCamp = \frac{258}{0.8 * 109} + AL$$

$$DCamp = 2.9 A$$

De igual forma para determinar la capacidad de la batería se parte del mismo criterio, es decir, de hacer una comparación entre el consumo de potencia o consumo de corriente con el tiempo de descarga de la batería. Para este caso se ha considerado la batería Powerstream BP100-12 cuyas especificaciones se presentan a continuación.

Tabla 58 Características de capacidad con respecto al tiempo de descarga de la batería Powerstream BP100-12. [21]

Final Voltage	Discharge time								
	5Min	10Min	15Min	30Min	1Hr	3Hr	5Hr	10Hr	20Hr
	Battery output power(W)								
10.80V	3615.7	2661.4	2132.9	1268.6	727.86	291.43	201.00	112.29	58.71
10.50V	4184.3	2882.9	2231.4	1317.1	749.57	297.29	204.00	114.00	60.00
10.20V	4445.7	2987.1	2300.0	1347.1	763.14	300.00	205.14	114.57	60.29
9.90V	4645.7	3058.6	2352.9	1365.7	772.29	302.14	205.86	114.86	60.43
9.60V	4800.0	3120.0	2400.0	1380.0	780.00	303.86	206.43	114.86	60.43

Con esta batería se conseguirá autonomía del sistema eléctrico por un tiempo de 3 horas, que es considerado como suficiente para detectar cualquier problema o para cuando se realizan mantenimientos de rutina por la zona de las Unidades de Salud.

4.4.10.5 Equipo de seguridad en las redes LAN de las Unidades de Salud.

Un firewall brindara un mayor grado de seguridad en la red cuanto existan posibles ataques externos provenientes de internet. Con este dispositivo se puede bloquear contenido amenazante para brindar protección estableciendo altas políticas de seguridad.

El equipo que se propone es el D-Link DFL-1660 NetDefend Network Security UTM Firewall, este es un equipo diseñado para establecer soluciones de seguridad a redes medianas. El firewall proporciona enrutamiento integrado basado en políticas NAT (Network Address Translation), VPN (Virtual Private Network), [44]. A continuación se presentan las principales características:

- Interfaces: 6 puertos configurables 10/100/1000, 2 puertos USB, 1 RJ 45.
- SPI (Inspección de paquetes de estado)
- Filtra trafico HTTP; palabras clave, URL.
- Filtros de Script: Scripts Java, scripts VB, Cookies.
- Protección de ataques DoS (Denial of Service) (Ataque de Denegación de Servicios). [44]



Figura 66 Firewall D-Link DFL-1660 NetDefend Network Security UTM. [44]

4.4.11 Diseño Lógico de la Red.

Luego del diseño de los enlaces inalámbricos es necesario que exista la conectividad lógica de la red, esto permite la interconexión de los diferentes equipos y dispositivos que intervienen dentro de la red de Telemedicina causando enrutamiento de paquetes y direccionamiento lógico de equipos.

Para facilitar la gestión y mantenimiento de la Red se debe organizar y subdividir la Red de Telemedicina en segmentos para lo cual se ha considerado una subred independiente para cada Unidad de Salud.

4.4.11.1 Topología de la Red.

La topología de la red es una descripción lógica que involucra a todos los nodos que intervienen dentro de una red. En este diseño intervienen la topología de la Red LAN de cada Unidad de Salud y la topología de la Red Troncal en el que intervienen directamente los enlaces inalámbricos.

En cuanto a la Red LAN de cada Unidad de Salud estará compuesta por computadoras y dispositivos de comunicación para telefonía, videoconferencia, periféricos médicos, etc. Dichos elementos estarán conectados a un Switch para hacer distribución del tráfico localmente y este a su vez al Router para encaminar las intercomunicaciones hacia la red de destino. Dicho Router se encuentra incorporado en los Radio Transmisores que se han elegido para el diseño de la Red. En la siguiente figura se presenta la topología LAN de cada Unidad de Salud.

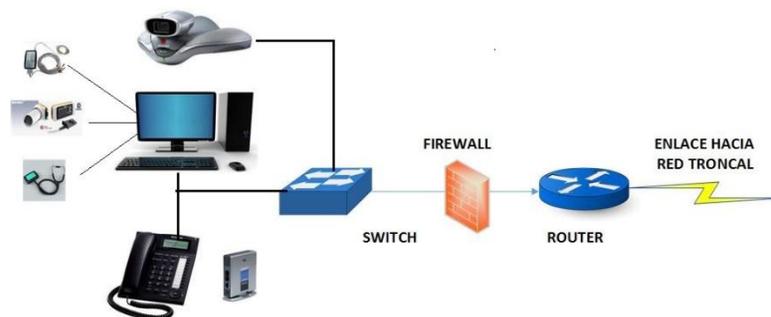


Figura 67. Topología de Red LAN en cada Unidad de Salud.

Para el caso de la Red Troncal, en los nodos repetidores los Radio Transmisores dirigen todo el tráfico generado hacia la red de destino, razón por la cual deberán de cumplir con la función específica de unir LANs múltiples y dirigirlas hacia su destino.

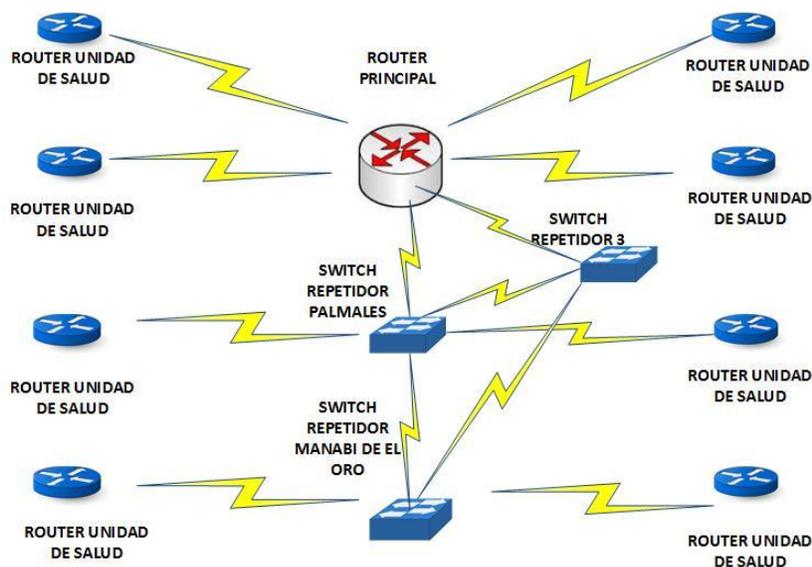


Figura 68. Topología Red Troncal.

Por la Red troncal se transportan todas las comunicaciones que se generen en cada Unidad de Salud hasta llegar al nodo del Hospital Cantonal de Arenillas. En dicho Hospital se instalara el nodo principal de la Red en el cual existirán:

- Computadoras para la digitalización de información, equipos de videoconferencia para que los médicos especialistas puedan interactuar con los pacientes.
- Teléfonos y Modem para la realización de llamadas mediante telefonía IP.
- Servidores propios del Hospital para los registros de historial Clínico.
- Router Principal el cual debe ser de alta capacidad para encaminar todo el tráfico generado en todas las Unidades de Salud.

Al conformar todos los nodos que intervienen dentro del diseño de la Red de Telemedicina se presenta la Topología general de la Red.

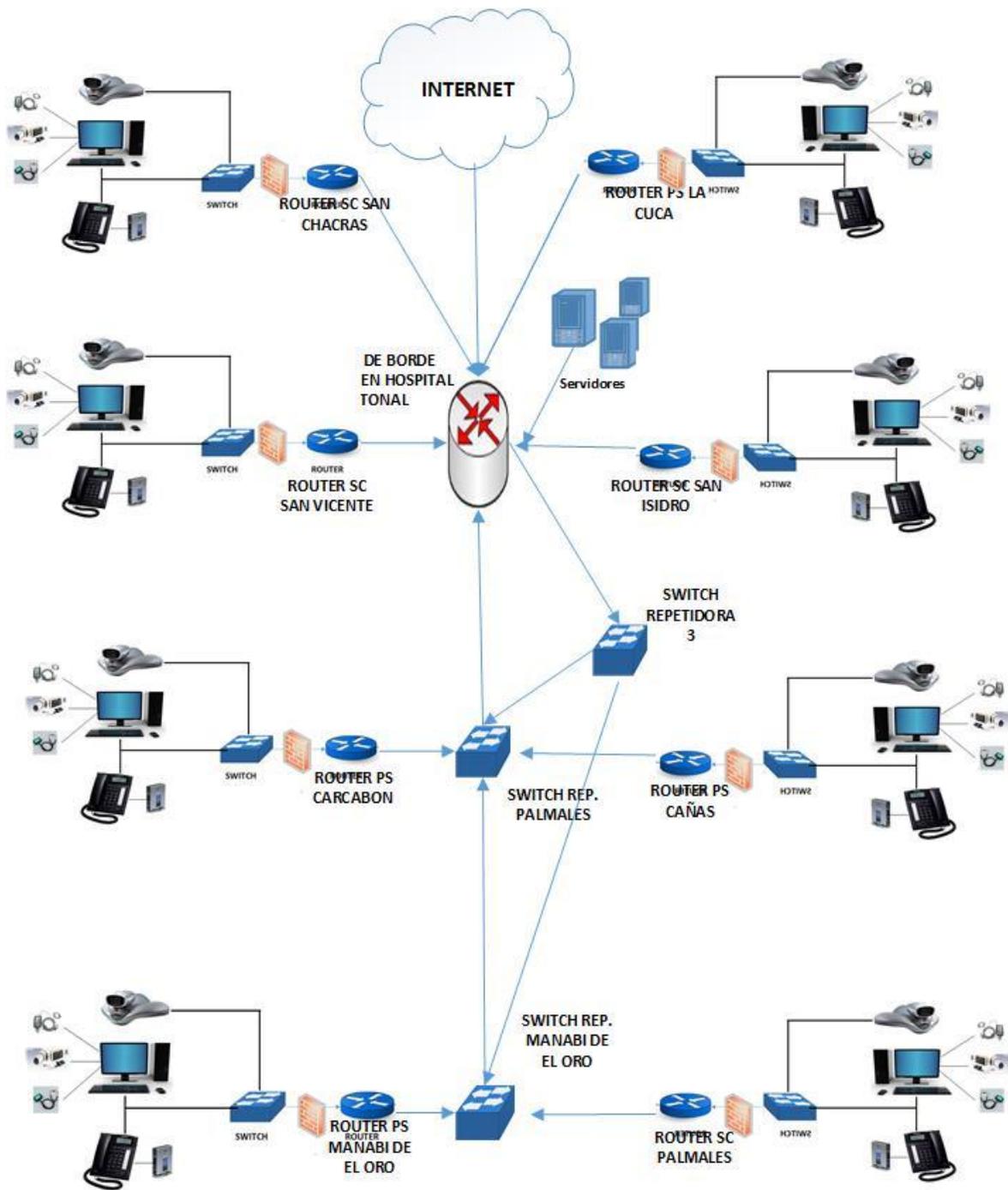


Figura 69. Topología General de la Red de Telemedicina.

4.4.11.2 Asignación de Direcciones IP.

La dirección IP es un identificativo lógico y jerárquico que se le asigna a una interfaz de un elemento de comunicación dentro de una Red que opere bajo el protocolo IP. En ese sentido cada una de las subredes que intervienen dentro de la red de Telemedicina necesita de un rango de direcciones IP para que se pueda establecer conexión entre los equipos ubicados en los nodos y Unidades de Salud.

Para el direccionamiento de la red se ha creído conveniente trabajar con direcciones IPv4 privadas ya que la red de Telemedicina es un sistema de administración propio, las direcciones IPv4 privadas están divididas en clases y son las siguientes.

Tabla 59. Rangos de IPv4 Privadas.

Rangos de IPv4 Privadas	
Clase A	10.0.0.0 a 10.255.255.255
Clase B	172.16.0.0 a 172.31.255.255
Clase C	192.168.0.0 a 192.168.255.255

El subneteo para este diseño se lo ha realizado con las direcciones IP de la clase C. Dicho subneteo ha sido realizado de tal manera que para los enlaces entre estaciones repetidoras, entre estaciones repetidoras-Unidades de Salud y entre Hospital Cantonal-Unidades de Salud sea con la máscara de subred 255.255.255.252(/30) representando 2 direcciones IP útiles asignadas a los equipos que intervienen en los Radio Enlaces. Para las redes LAN de cada Unidad de Salud se ha realizado el subneteo con la máscara 255.255.255.240 (/28) de tal manera que se dejan 14 direcciones IP útiles que son suficientes para cubrir la asignación de direcciones IP a los equipos que estarán en las Unidades de Salud. En la tabla siguiente se detalla el direccionamiento IP para cada subred.

Tabla 60. Direccionamiento IP para las Redes LAN de cada Unidad de Salud.

Unidad de Salud	Subred	Máscara de	Rango de Direcciones IP útiles
-----------------	--------	------------	--------------------------------

			Subred	
Subred 1	H. Cantonal	192.168.1.0	/28	192.168.1.1 a 192.168.1.14
Subred 2	SC San Isidro	192.168.2.0	/28	192.168.2.1 a 192.168.2.14
Subred 3	SC San Vicente	192.168.3.0	/28	192.168.3.1 a 192.168.3.14
Subred 4	PS La Cuca	192.168.4.0	/28	192.168.4.1 a 192.168.4.14
Subred 5	SC Chacras	192.168.5.0	/28	192.168.5.1 a 192.168.5.14
Subred 6	PS Carcabón	192.168.6.0	/28	192.168.6.1 a 192.168.6.14
	PS Cañas	192.168.6.16	/28	192.168.6.17 a 192.168.6.30
	SC Palmales	192.168.6.32	/28	192.168.6.33 a 192.168.6.46
	PS Manabí de El Oro	192.168.6.48	/28	192.168.6.49 a 192.168.6.62

Tabla 61. Direccionamiento IP para los enlaces Inalámbricos.

	Unidad de Salud	Subred	Máscara de Subred	Rango de Direcciones IP útiles
Subred 1	H. Cantonal-SC San Isidro	192.168.2.16	/30	192.168.2.17 a 192.168.1.18
Subred 2	H. Cantonal-SC San Vicente	192.168.3.16	/30	192.168.3.17 a 192.168.2.18
Subred 3	H. Cantonal-PS La Cuca	192.168.4.16	/30	192.168.4.17 a 192.168.3.18
Subred 4	H. Cantonal-SC Chacras	192.168.5.16	/30	192.168.5.17 a 192.168.4.18
Subred 5	H. Cantonal-Repetidor Palmales	192.168.6.64	/30	192.168.6.65 a 192.168.1.66
	R. Palmales- PS Carcabón	192.168.6.68	/30	192.168.6.69 a 192.168.1.70
	R. Palmales- PS Cañas	192.168.6.72	/30	192.168.6.73 a 192.168.1.74
	R. Palmales-R. Manabí de El Oro	192.168.6.76	/30	192.168.6.77 a 192.168.1.78
	R. Manabí de El Oro-SC Palmales	192.168.6.80	/30	192.168.6.81 a 192.168.1.82
	R. Manabí de El Oro-PS Manabí de El Oro	192.168.6.84	/30	192.168.6.85 a 192.168.1.86
	H. Cantonal-Repetidor 3	192.168.6.88	/30	192.168.6.89 a 192.168.1.90
	Repetidora 3- R.	192.168.6.92	/30	192.168.6.93 a 192.168.1.94

Palmales				
Repetidora 3- R. Manabí de El Oro.	192.168.6.96	/30		192.168.6.97 a 192.168.1.98

El subneteo para cada Unidad de Salud que tiene línea de vista con el Hospital Cantonal se muestra en el siguiente diagrama, como ejemplo se muestra la subred entre el Hospital Cantonal y el SC San Isidro, siendo el mismo diagrama para las demás subredes que tienen línea de vista con el Hospital Cantonal obviamente asignando su rango de direcciones IP.

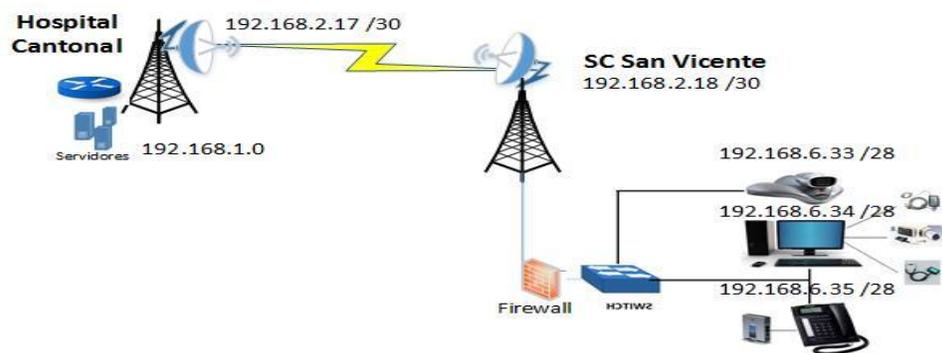


Figura 70. Diagrama de subneteo para Unidades de Salud.

De la misma manera el subneteo para las Unidades de Salud en las que intervienen estaciones repetidoras se muestra en el siguiente diagrama tomando como ejemplo en enlace entre el Hospital Cantonal con el SC Palmales, siendo el mismo diagrama para las demás Unidades de Salud que no tienen línea de vista directa con el Hospital Cantonal pero asignando sus respectivas direcciones IP. Cabe recalcar que aquí también intervienen los enlaces para la redundancia de la red de telemedicina.

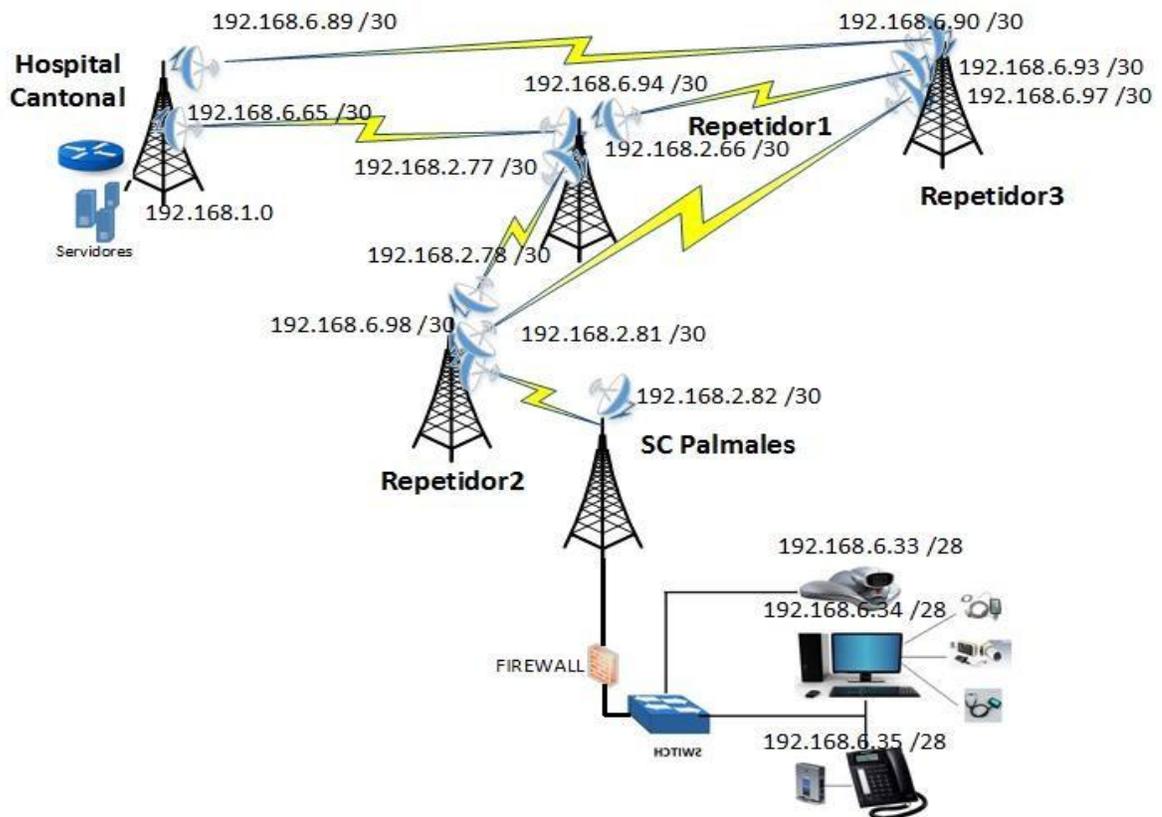


Figura 71. Diagrama de Subneteo para Unidades de Salud en el que intervienen estaciones Repetidoras

4.4.12 Gestión y monitoreo de la Red.

Llevar un control y registro de las conexiones de los componentes de la red es el objetivo principal de gestionar y monitorear una red. Para gestionar una red de manera efectiva es importante implementar un servidor que maneje una comunicación con todos los dispositivos que conforman la red, todo esto mediante el protocolo SNMP.

Un servidor muy utilizado mundialmente para la gestión y monitoreo de redes cableadas e inalámbricas es el Nagios. Nagios es un potente y modular sistema de monitorización de red, basado en fuentes de código abierto. Dicho servidor se encarga de recibir los mensajes, guardarlos y mostrarlos de manera gráfica en una interfaz como la que se muestra a continuación. [45]

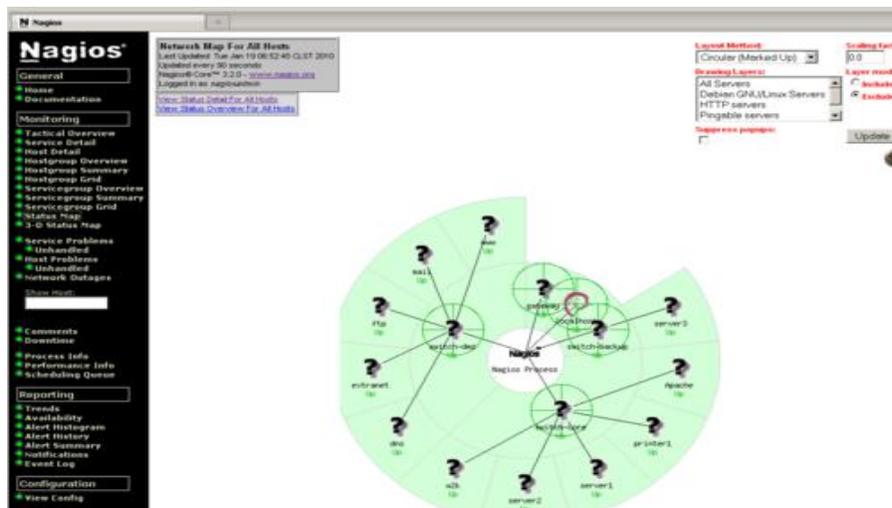


Figura 72 Interfaz gráfica de servidor Nagios. [45]

Los equipos de radio y de red que se emplearon para el diseño de la red de telemedicina soportan el protocolo SNMP, razón por la cual funcionarían correctamente al integrar los nodos para su respectiva gestión. En la interfaz gráfica que nos presenta el servidor Nagios se puede observar funcionamiento y disponibilidad de los enlaces. Así mismo se puede observar la cantidad de tráfico que circula por un enlace, de tal modo que crea un entorno amigable con el usuario encargado de la gestión de la red.

4.5 ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo se detalla la inversión total que se requiere para la implementación de este proyecto. El mismo es con un fin social, motivo por el cual no se espera retribución económica. Por lo tanto no se efectuara un análisis de retorno de la inversión.

A continuación se dará detalle a cada uno de los costos referenciales que van a intervenir dentro del despliegue total de la red tales como: costos de operaciones de sistemas de radiocomunicaciones, costos de infraestructura de telecomunicaciones en estaciones repetidoras, costos de equipamiento en cada Unidad de Salud, costos de la estación de Coordinación ubicada en el hospital Cantonal.

4.5.1 Resumen de Instalación.

En cada Unidad de Salud se hará un espacio para la ubicación de los equipos de Telecomunicaciones que permitirán la interacción entre Unidad de Salud-Hospital Cantonal. En estas Unidades de Salud se instalara todo el equipamiento necesario para establecer las comunicaciones (Computadoras, equipos de video conferencia, scanner, equipo para telefonía, equipos periféricos médicos), estos se conectaran a los Switch ubicados en las Unidades de Salud. En cada Unidad de Salud será necesario la implementación de una infraestructura metálica que permita la instalación de los equipos de telecomunicaciones y así poder establecer los radioenlaces.

Para el caso de las nuevas estaciones repetidoras se comenzara por hacer la adquisición del terreno mediante acuerdo con los propietarios de los mismos. Luego de adquiridos los terrenos para la ubicación de las repetidoras hay que trabajar en la adecuación del mismo para una correcta ubicación (nivelación de Terreno, cerramiento, etc.). Luego de esto es necesario hacer el montaje de la infraestructura metálica para la ubicación de los equipos de radio. En cuanto al suministro de energía eléctrica para el desempeño eficiente de los equipos se ha considerado contar con un sistema de respaldo con un UPS y banco de baterías, esto para enfrentar posibles daños en la acometida eléctrica. Para establecer la conectividad entre los enlaces de radio es necesario un correcto alineamiento de las antenas cuyos parámetros técnicos se los obtiene mediante una brújula y un teodolito.

Posteriormente hay que configurar a los equipos que se ubican en el Hospital Cantonal (Router, servidores) y así mismo los equipos de comunicación dotados en cada Unidad de Salud.

4.5.2 Costos por permiso de Radio Enlace.

Si bien es cierto el diseño de la red ha sido realizado en banda ISM, es decir, banda de libre, su uso igualmente se deben considerar costos de legalización de cada enlace.

A continuación se calculará el costo económico que trae consigo la operación de estos radioenlaces.

Los sistemas detallados funcionan en la frecuencia de 5,8 GHz, correspondientes a Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha con topología punto a punto, por lo que la tarifa a pagar por cada uno de ellos será:

Ecuación 11.

$$TA \text{ (US\$)} = K_a * \alpha_6 * \beta_6 * B * NTE$$

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 MDBA.

β_6 : coeficiente de corrección para los Sistemas MDBA.

B: constante de servicio para los Sistemas MDBA.

NTE: número total de estaciones fijas, de base, móviles y estaciones receptoras de triangulación, de acuerdo al sistema.

- El coeficiente β_n tendrá un valor igual a 1, independientemente de valores fijados por el ARCOTEL en los siguientes casos:

a) Sistemas Privados, exceptuando los sistemas de los servicios Fijo y Móvil en bandas entre 30 y 960 MHz.

b) Autorizaciones de uso temporal de frecuencias

Se establece inicialmente el valor de 1 para la constante Ka y el coeficiente β_n .

- El valor de α_6 se detalla en la siguiente tabla, que viene dado por el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico :

Tabla 62. Valor de α_6 para MDBA. Fuente [El Autor]

VALOR DE α_6	SISTEMA
0.533333	Modulación Digital de Banda Ancha

- El valor de B se detalla en la siguiente tabla, dada por el Reglamento en cuestión:

Tabla 63. Valor de B para Sistemas Punto a Punto.

VALOR DE B	SISTEMA
12	Sistemas punto-punto y punto-multipunto y sistemas móviles.

- Con los datos detallados de cada una de las constantes se puede proceder a calcular la tarifa de un radioenlace:

$$TA \text{ (US\$)} = (1) * (0.533333) * (1) * (12) * (2)$$

$$TA \text{ (US\$)} = 12.79 \text{ dólares}$$

A este valor por radioenlace se le suma el valor que se deber pagar por concepto del otorgamiento del título habilitante para una red privada, este es un costo de 500 dólares americanos, los mismos que deberán ser cancelados en la ARCOTEL.

Como son trece los radioenlaces que se están analizando dentro de este estudio, el total por todo el sistema será:

$$\text{Tarifa total} = 13 * 12.79 \text{ dólares} = 166.27$$

Por lo tanto se tendrá que cancelar anualmente un valor de 127 dólares con 90 centavos por valor de todos los radioenlaces que constituyen el sistema de la red de telemedicina.

A este total se agregan los 500 dólares por motivo del título habilitante, es decir la tarifa total a cancelar por cuestiones de obtención de permisos es de:

$$\text{Tarifa total} = 500 \text{ dólares} + 166.27 \text{ dólares}$$

Tarifa total = 666.27 dólares

Es preciso indicar que este valor de 666.27 dólares será cancelado solo la primera vez, ya que la tarifa del título habilitante solo se cancela una vez; el tiempo durante el cual dure el permiso de funcionamiento de la red se deberá cancelar 166.27 dólares por año.

4.5.3 Presupuesto por Cada Unidad de Salud.

A continuación se presentara un presupuesto detallado de cada elemento que va intervenir en cada Unidad de Salud. Este mismo presupuesto será para cada una de las Unidades de Salud.

Tabla 64. Presupuesto para cada Unidad de salud.

Elemento	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	P. Total
Torre Metálica	Tramo de Torre (3m de longitud, triangulo 35 cm, tubo 1 1/2, varilla 10mm) más accesorios e instalación.	U	6	450,0	2.700,0
Brazo de Soporte de Antenas	Para sujeción de Antenas	U	1	20,0	20,0
Pararrayos	Pararrayos Franklin. Incluye Todos los materiales de Instalación (Accesorios, cable)	U	1	450,0	450,0
Sistema de Puesta a tierra	Incluye Materiales	U	1	200,0	200,0
Cable FTP cat 5e	Para exteriores	m	40	0,65	26
Cable UTP Cat. 5e	Para interiores	m	30	0,45	13,5
Antena	Hyperlink HG4958DP-30D	U	1	250,0	250,0
Router	RB 433 AH	U	1	148,0	148,0

Tarjetas inalámbricas	MiniPCI 52Hn Mikrotik	U	1	80,0	80,0
Computadora	Disco Duro de 500 GB. Incluye tarjetas de audio y video	U	1	650,0	650,0
Conectores	Tipo N	U			
Equipo Video conferencia	Polycom VXS 5400	U	1	4699,0	4699,0
Periféricos Médicos	Espirómetro Spirodoc	U	1	1330,0	1330,0
	Estetoscopio TR-1/EF	U	1	1880,0	1880,0,0
	Electrocardiógrafo Dr. ECG RT-100	U	1	1550,0	1550,0
Switch	Switch TP-LINK TL-SG2216	U	1	259,99	259,99
Firewall	Firewall D-Link DFL-1660 NetDefend Network Security UTM	U	1	500	500
UPS	500 Watts. Incluye Banco de baterías para respaldo por 5 horas	U	1	850,0	850,0
Teléfono Analógico	Teléfono Análogo	U	1	55,0	55,0
ATA LINKSYS	Modelo SPA3102	U	1	120,0	120,0
Conectores RJ45	Conectores	U	8	0,5	4,0
Conectores RJ11	Conectores	U	4	0,40	1,60
Cinta Autofundente	Cinta para conectores	U	1	12	12
Cable Telefónico	Cable telefónico para interior	m	10	0,40	4,0
Canaleta	Canaleta Decorativa 20x12. Incluye Instalación	m	5	4,0	20,0
				Total	15,823.09

4.5.4 Presupuesto de Estaciones Repetidoras.

En el presente proyecto se hizo necesario el diseño de dos nuevas estaciones repetidoras que permitan la inclusión de todas las unidades de salud dentro de la Red de Telemedicina. Por lo tanto el presupuesto será el mismo para ambas estaciones repetidoras.

Tabla 65. Presupuesto de Estaciones Repetidoras.

Elemento	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	P. Total
Torre Metálica	Tramo de Torre (3m de longitud, triangulo 35 cm, tubo 1 1/2, varilla 10mm) más accesorios e instalación.	U	8	450,0	3600,0
Brazo de Soporte de Antenas	Para sujeción de Antenas	U	4	20,0	80,0
Minishelter de comunicaciones	Armario Metálico para protección de Equipos	U	1	3000,0	3000,0
Pararrayos	Pararrayos Franklin. Incluye Todos los materiales de Instalacion (Accesorios, cable)	U	1	450,0	450,0
Sistema de Puesta a tierra	Incluye Materiales	U	1	200,0	200,0
Cable FTP cat 5e	Para exteriores	m	80	0,65	52,0
Antena	Hyperlink HG4958DP-30D	U	6	250,0	1250,0
Router	RB433 AH	U	3	265,0	795,0
Tarjetas inalámbricas	MiniPCI 52Hn Mikrotik	U	6	80,0	480,0
Switch	Switch TP-LINK TL-SG2216	U	1	259,99	259,99
UPS	500 Watts. Incluye Banco de baterías para respaldo por 5 horas	U	1	850,0	850,0
Conectores RJ45	Conectores	U	8	0,5	4,0
Cinta Autofundente	Cinta para conectores	U	1	12	12
				Total	11.032,99

4.5.5 Presupuesto de la Estación en Hospital Cantonal.

A continuación se detalla el presupuesto de la Unidad de Coordinación ubicada en el Hospital Cantonal.

Tabla 66. Presupuesto de la Estación en Hospital.

Elemento	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	P. Total
----------	-------------	--------	----------	--------	----------

				Unitario	
Router	Router CISCO 2851, con módulos seriales y Fast ethernet	U	1	1.500,0	1.500,0
Licencia	Licencia de Software WhatsUpGold para 500 dispositivos	U	1	900,0	900,0
Servidor	Servidor de Sistema de Comunicación de Redes.	U	1	1.200,0	1.200,0
Torre Metálica	Tramo de Torre (3m de longitud, triangulo 35 cm, tubo 1 1/2, varilla 10mm) más accesorios e instalación.	U	8	450,0	3600,0
Brazo de Soporte de Antenas	Para sujeción de Antenas	U	5	20,0	100,0
Pararrayos	Pararrayos Franklin. Incluye Todos los materiales de Instalación (Accesorios, cable)	U	1	450,0	450,0
Sistema de Puesta a tierra	Incluye Materiales	U	1	200,0	200,0
Cable FTP cat 5e	Para exteriores	m	100	0,65	65,0
Cable UTP Cat. 5e	Para interiores	m	800	0,45	36,0
Antena	Hyperlink HG4958DP-30D	U	6	250,0	1250,0
Router	RB433 AH	U	3	265,0	795,0
Tarjetas inalámbricas	MiniPCI 52Hn Mikrotik	U	6	80,0	480,0
Computadora	Disco Duro de 500 GB. Incluye tarjetas de audio y video	U	2	650,0	1300,0
Equipo Video conferencia	Polycom VXS 5400	U	2	4699,0	9398,0
Switch	Switch TP-LINK TL-SG2216	U	1	259,99	259,99
UPS	500 Watts. Incluye Banco de baterías para respaldo por 5 horas	U	1	850,0	850,0
Teléfono	Teléfono Análogo	U	2	55,0	110,0

Analógico					
ATA LINKSYS	Modelo SPA3102	U	2	120,0	240,0
Conectores RJ45	Conectores	U	8	0,5	4,0
Conectores RJ11	Conectores	U	4	0,40	1,60
Cinta Autofundente	Cinta para conectores	U	1	12	12
Cable Telefónico	Cable telefónico para interior	m	10	0,40	4,0
Canaleta	Canaleta Decorativa 20x12. Incluye Instalación	m	20	4,0	80,0
				Total	22.835,59

4.5.6 Presupuesto General.

Luego de analizar de manera individual los presupuestos de las Unidades de Salud, Estaciones Repetidoras, Estación de Control en Hospital Cantonal se realizara un Presupuesto general del despliegue de toda la red. Cabe recalcar que considerara un 15% del subtotal del proyecto destinado a gastos que pudiesen suscitarse.

Tabla 67. Presupuesto General

Presupuesto Individual	Cantidad	Precio Unitario	Total
Presupuesto por Legalización de Enlaces	13	12,79	166,27+500=666,27
Presupuesto por Unidad de Salud	8	15,823.09	126,584.72
Presupuesto por Estación Repetidora	3	11,032.99	33,098.97
Presupuesto Hospital Cantonal	1	22,835.59	22,835.59
Subtotal			183,185.65
Indirectos 15%			27,477.83
Total			210,663.48

5 MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1 Materiales.

Durante el desarrollo del proyecto, se manejaron materiales que permitieron la elaboración del diseño de la red. Al tratarse de un diseño el cual enmarca zonas urbanas y rurales se

requirió de algunos recursos informáticos tales como: Radio Mobile, que es un software de simulación de radioenlaces y de propagación electromagnética. Google Earth, software para obtener información geográfica. Microsoft Excel, software que se requirió para para tabulación de datos y elaborar los perfiles de terreno. Otro tipo de material que se utilizó fueron las cartas topográficas para el análisis de terreno del cantón Arenillas.

- **Radio Mobile.-** La utilización del software de simulación Radio Mobile fue de vital importancia para el desarrollo del proyecto, ya que gracias a él se ha podido obtener a simulación de los radio enlaces, obteniendo los parámetros de cada enlace y estos a su vez han sido corroborados mediante cálculos matemáticos.
- **Google Earth.-** Con la ayuda del software Google Earth se logró recopilar datos correspondientes a alturas de terrenos.
- **Microsoft Excel.-** La utilización de Excel se enfocó en la representación de los datos obtenidos de las mediciones de altura terreno en perfiles de terreno, esto con el objetivo de visualizar las elevaciones que se encuentran alrededor de las Unidades de Salud.

5.2 Métodos.

Se describirán los métodos que se utilizaron en el presente proyecto, con la ayuda de estos se podrá desarrolló el trabajo de una manera más factible, se utilizaron los siguientes métodos:

Con el método analítico se realizó un análisis de los sistema de telemedicina en el Mundo y en especial en nuestro país, basándose en información que se encuentre en páginas oficiales, libros, etc., se obtuvo una perspectiva de cómo se encuentra este sistema.

Con el método sintético, se buscó realizar una síntesis de la estructura del proyecto, haciendo una síntesis de información teórica e información empírica que se obtuvo con las visitas y detalles técnicos.

El método estadístico se lo utilizó como herramienta básica para la representación gráfica de la información en tablas, cuadros, o figuras que sirven para una mejor comprensión de la información.

5.3 Técnicas.

En la elaboración del proyecto fue fundamental utilizar la técnica de simulación, que se la manejo con el objetivo de tener un desempeño eficiente de los radio enlaces.

Con la ayuda de la visita técnica informativa se recopiló información para ver el estado actual de las Unidades de Salud en cuanto a servicios de Telecomunicaciones, esta técnica se la aplico al personal que labora en dichas Unidades de Salud.

6. RESULTADOS.

- **Análisis de Resultados del Estado e Infraestructura Actual de las Unidades de Salud.**

La base principal para el desarrollo de este proyecto fue tratar de resolver una problemática con la que cuentan los habitantes de los sectores rurales y ocasionales en el sector urbano. Al hacer un análisis de las Unidades de Salud en cuanto a infraestructura se corrobora carencia de equipos tecnológicos capaces de suplir las necesidades de los usuarios como del personal médico que labora. Los puntos críticos por concepto propio de telemedicina (diagnostico a largas distancias), son los sectores rurales, específicamente hablamos de las parroquias (Chacras, Palmales y Carcabón) y considerando las distancias entre estos lugares y el cantón se hace necesaria este sistema. En lo que a salud se refiere, todas las parroquias cuentan con infraestructura de salud; pero de muy baja calidad, la parroquia Palmales cuenta con dos elementos de salud: un sub-centro de salud ubicado en la cabecera parroquial y un puesto de salud ubicado en uno de los sitios de dicha parroquia; a tal punto que las personas que viven en los sitios de esta parroquia se les hace muy difícil llegar incluso a la cabecera parroquial y mucho más difícil llegar a la cabecera cantonal. Las parroquias Chacras y Carcabón cuentan con un Subcentro de salud y un Puesto de salud respectivamente, de la misma manera de muy baja calidad y distanciadas del cantón. La situación del hospital cantonal de Arenillas se aleja un poco a la realidad de los centros de salud rurales debido a que este hospital si cuenta con las más básicas prestaciones de servicios en cuanto a salud se refiere. El hospital actualmente presta diferentes servicios médicos en las especialidades de Medicina General, Ginecología, Pediatría, otorrinolaringología, cardiología, etc., donde tienen distribuidos sus especialistas y equipamiento médico para brindar atención. Cabe recalcar que muchos de los servicios que se prestan en el hospital cantonal son elevados en comparación con los servicios brindados en sub-centros rurales, por tal motivo es de vital importancia fortalecer, ampliar y complementar los servicios de salud entre Hospital Cantonal-Subcentro de salud parroquial.

- **Análisis de Resultados de Selección de Tecnología.**

En este aspecto los equipos seleccionados para el sistema han sido bajo el estándar IEEE.802.11n, y como se estudió en capítulos anteriores esto es por el buen desempeño de estos equipos en entornos rurales. Ahora, para elevar la complejidad del desarrollo de este proyecto se planteó que los Subcentros del entorno urbano también se incluyan dentro del despliegue de la red. Los equipos para las comunicaciones inalámbricas en ambos casos, tanto para el entorno urbano como rural han sido los mismos. Quizás hubiese sido conveniente utilizar equipos menos robustos para las comunicaciones urbanas pero para garantizar un mejor desempeño y disponibilidad de la red para los Subcentros de esta zona se ha descartado esta posibilidad. En otras palabras todos los enlaces operaran bajo el mismo estándar y con equipos de la misma marca.

- **Análisis de Resultados del Diseño de la Red.**

Como base fundamental de este aspecto tenemos a los radioenlaces y para ponerlos en marcha es importante el estudio previo del mismo, el cual determinará si es viable o no la realización de este. Durante el desarrollo de este proyecto para poder tener una red integral se ha propuesto la construcción de nuevas estaciones repetidoras (Repetidora Palmares, Repetidora Manabí de El Oro y Repetidora 3) capaces de ser el “puente” de enlace y la redundancia de vías entre los centros de salud de la zona rural con el Hospital Cantonal. En operación entraran 13 radioenlaces, estos son: H. Cantonal-SC San Isidro, H. Cantonal-SC San Vicente, H. Cantonal-PS La Cuca, H. Cantonal-SC Chacras, H. Cantonal-R. Palmares, R. Palmares-PS Cañas, R. Palmares-PS Carcabón, R. Palmares-R. Manabí de El Oro, R. Manabí de El Oro-SC Palmares, R. Manabí de El Oro-PS. Manabí de El Oro, Hospital Cantonal-Repetidora 3, Repetidora 3-R. Palmares, Repetidora 3-R. Manabí de El Oro. En cada Unidades de Salud existirá una infraestructura metálica en la que se puedan instalar los equipos para los radioenlaces.

Algo muy importante que se puso en consideración ha sido que existan enlaces de redundancia, esto debido a que un sistema de telemedicina debe contar con un nivel muy alto de disponibilidad. Por todo lo anteriormente dicho es que se propuso la existencia de

un nuevo emplazamiento capaz de cumplir con “vías alternas” para los enlaces en caso de cualquier eventualidad en los nodos principales.

En cuanto a parámetros técnicos de equipos es necesario tomar en cuenta las disposiciones de los entes reguladores. El sistema de transmisión que manejara el sistema de telemedicina es un sistema de banda ancha; por ello la principal norma a seguir viene dada por la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, que entre otras cosas lo que plantea esta regulación es que: Si se emplea ganancia direccional en la antena mayor a 23 dBi, será requerida una atenuación de 1 dB en la potencia pico del transmisor y en la densidad espectral de potencia pico por cada dB que la ganancia de la antena exceda a los 23 dBi. Esto se trae a fijación ya que si bien es cierto los enlaces trabajaran en banda libre igual existe un marco regulatorio que hay que cumplir, es decir, hay que operar con equipos que trabajen bajo esta normativa, y ese es el caso de los que se han escogido para la realización de los radioenlaces. Los equipos de transmisión utilizados en el diseño de los radio enlaces son de la marca Mikrotik y la antena es la Hyperlink, todas las características técnicas se encuentran en los anexos.

Ya en la simulación de los radioenlaces como tal, se puede determinar la viabilidad del mismo. Es en la simulación donde a partir de todos los datos antes recogidos y calculados (coordenadas geográficas, alturas de las torres donde se van a ubicar los equipos, atenuaciones o pérdidas en el espacio libre, potencias de transmisión, ganancia de la antena, etc.) que se determina si en la práctica el enlace va a poder cumplir con los requerimientos para el cual se lo está diseñando. Y en efecto, los enlaces han sido diseñados para ser capaces de dirigir todo el tráfico generado en las Unidades de Salud hasta el Hospital Cantonal y viceversa. Los umbrales de recepción de las simulaciones están muy por debajo de los que recomienda el fabricante de los equipos generando confiabilidad en los enlaces.

El Hospital Cantonal contará con un enlace dedicado de internet para el sistema de telemedicina y es desde aquí que se proveerá de dicho servicio a los Subcentros y Puestos de Salud. El ancho de banda asignado a cada Unidad de Salud está dado de tal manera que supla las aplicaciones con las que ha de contar la red (Videoconferencia, Telefonía VoIP,

Internet, transferencia de datos). Ahora segmentar los canales de comunicación está en dependencia de los equipos que estarán en la estación de control en el Hospital Cantonal, por aquello se emplean equipos robustos como router de borde, servidores de comunicaciones para telefonía, servidor en el que conste el historial clínico de pacientes, este último ya existe, ahora lo que queda es vincularlo a la red de telemedicina para tener acceso de manera global.

- **Análisis de Resultados de la Propuesta Económica.**

Durante el desarrollo del análisis económico para una posible implementación del sistema siempre se ha manejado el criterio del fin social con el que se ejecuta este proyecto, independientemente de los costos en dólares que este provoque. Se estableció que el costo total del sistema es de 206,063 dólares con 49 centavos, independientemente de este valor la hipótesis que se maneja es el beneficio que tendrán los habitantes de los sectores hasta donde llegara el despliegue de la red. Aun así es necesario detallar la propuesta económica, en ese sentido se puede establecer que la mayor parte de la inversión es para el equipamiento en cada Unidad de Salud, las nuevas estaciones repetidoras (Construcción civil, mecánica, etc.), los equipos de enrutamiento ubicados en la estación central, los sistemas de respaldo de energía, entre otros. Por otro lado están los gastos minoritarios no menos importantes como son: costos por legalización de enlaces, cables, conectores, etc.

7. DISCUSIÓN.

Una vez establecido el análisis de los resultados se procede a la discusión de los mismos, esta discusión se la realizo con relación a: Inspección en zonas, tecnología, diseño y costos.

Al iniciar con este proyecto de investigación era muy importante saber el estado actual de las Unidades de Salud en cuanto a servicios de telecomunicaciones se refiere; hecho esto se establece que estos centros no cuentan con servicios ni aplicaciones tecnológicas. La distancia y dificultad de acceso hasta las zonas remotas establece aún más la necesidad de una solución a esta problemática. Siguiendo esta línea de análisis se establece el diseño de la red con las aplicaciones con las que ha de contar cada Subcentro y Puesto de Salud.

Durante la elaboración de este proyecto se ha tenido la oportunidad de entablar dialogo con los funcionarios del Hospital Cantonal mediante el departamento de tecnología, quienes brindaron información referente a la situación actual de telecomunicaciones del Hospital y de los Subcentros y Puestos de Salud.

En cuanto a parámetros de simulación y cálculos matemáticos de los radioenlaces, estos no son exactamente los mismos, esto debido a que en las simulaciones se trabaja con parámetros técnicos estableciendo el peor de los casos, para que en una futura implementación de la red se pueda tener una red sobredimensionada capaz de no tener problemas de interferencias. El sistema de telemedicina funciona como un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha, por tanto debe cumplir explícitamente todas las regulaciones que se den dentro de esta Norma, además de esto al ser un Sistema privado deberá cumplir con algunas disposiciones adicionales, una de las características de estos sistemas es que funcionan en una banda de frecuencia libre, lo cual lo hace un tanto más fácil el poder poner en marcha los radioenlaces, ya que de esta forma sólo se necesita un permiso anual y de bajo costo para poder utilizar la frecuencia, al contrario de que si estuviera operando dentro de una banda de frecuencia licenciada que necesita una serie de trámites para poder utilizar la frecuencia además de pagos mensuales por el uso de la misma. En lo que respecta a la parte técnica de los radioenlaces, es decir a todos los

equipos que se están utilizando, todos fueron de la marca Mikrotik (Tx-Rx) e Hyperlink (Antena), escogidos específicamente para enlaces punto a punto cumpliendo las normativas vigentes.

Basándonos en los resultados sociales que se obtendrán con la implementación de este proyecto podemos decir que el mismo es factible técnica y económicamente.

8. CONCLUSIONES

Una vez realizado el diseño de la Red y según los resultados que se obtuvieron se tienen las siguientes conclusiones.

- Arenillas cuenta con tres parroquias Rurales (Chacras, Palmales y Carcabón) y es el cantón más grande en cuanto a territorio de la provincia de El Oro, motivo por el cual la población de la zona rural está muy distanciada de la cabecera cantonal lugar donde se encuentra el Hospital de Referencia. De la misma manera en las zonas rurales existen Unidades de Salud prestos a atender a los pobladores, una inspección en dichas Unidades fue fundamental para la determinación de las necesidades y alcances del proyecto, comprobando así la carencia de profesionales de la salud e infraestructura de servicios de telecomunicaciones.
- Con la implementación del sistema de telemedicina se estarían beneficiando aproximadamente 7000 habitantes de las parroquias rurales que corresponden al 27% de la población total del cantón.
- Equipos que operen bajo el estándar IEEE 802.11n es la solución idónea para el establecimiento de los radioenlaces, no solo por su bajo costo, sino por su eficiente funcionamiento al momento de hacer transmisiones multimedia como voz, datos y video a largas distancias, esto gracias a sus características de modulación OFDM-MIMO.
- Luego de seleccionada la tecnología se ha realizado una búsqueda de los equipos que trabajen bajo la plataforma requerida, de manera que se cumpla con las exigencias de la red. Los equipos de radio de Tx y Rx que se han utilizado son de la marca Mikrotik ya que de acuerdo a la comparación realizada entre algunos fabricantes comprobamos que estos equipos cuentan con una mayor potencia de transmisión y operabilidad en la banda ISM.
- De acuerdo a las necesidades que se han podido constatar en las Unidades de Salud de las parroquias rurales se establece que el sistema de telemedicina brindará servicios como la teleconsulta, telemonitorización, telediagnóstico y teleeducación.

- El diseño de los radioenlaces está propuesto de tal forma que se garantice la disponibilidad y eficiencia de la red. La orografía irregular del cantón hace necesaria la implementación de estaciones repetidoras para interconectar todas las Unidades de Salud. Mediante simulaciones se comprobó la conectividad entre los puntos de interés conformando una red integral que enmarque a todas los Subcentros y Puestos de Salud existentes en Arenillas.
- Así mismo fue necesario establecer enlaces de redundancia para tener “vías alternas” en caso de cualquier eventualidad en los nodos principales, en ese sentido fue fundamental integrar al diseño un nuevo emplazamiento que permita la ejecución de estos enlaces.
- Una asignación escalable de direcciones IP permite tener una red expandible para ampliaciones a futuro, sin necesidad de que esto implique volver a configurar los equipos en un nuevo rango de direcciones.
- En el análisis de costos, se estableció que el diseño de la red bordea los 200 mil dólares. Tomando en cuenta que ese costo incluye a 8 Unidades de Salud que estarán vinculadas al Hospital de Referencia se puede decir que es de bajo costo considerando el enfoque social que busca. Este proyecto no busca una retribución económica, todas las bondades se verán reflejadas en los beneficios médicos con que dispondrán los habitantes del cantón Arenillas.
- La telemedicina aporta con un fin social capaz de producir beneficios de sanidad en habitantes de sectores periféricos ya que ayuda a mejorar la calidad de atención de los pacientes que presenten alguna patología, ahorrando el tiempo y dinero que se ocupa hasta el traslado de un Hospital de Referencia. Esto gracias al uso de las Tecnologías de Información y Comunicación que empleadas en Sistemas de Telemedicina son capaces de brindar servicios de calidad.

9. RECOMENDACIONES

Durante la realización del proyecto se han establecido algunas recomendaciones:

- La Red de telemedicina debe de estar enfocada a suplir las necesidades de los habitantes en las zonas de acción más no a esperar un beneficio económico por la implementación del mismo.
- Es importante hacer uso de infraestructura metálica ya existente para las estaciones repetidoras para abaratar costos, lamentablemente este no ha sido el caso ya que no existen emplazamientos que puedan ser utilizados.
- En cuanto a los parámetros técnicos de los equipos, hay que estar seguros de conocer en qué rangos están funcionando, del mismo modo, descargar o consultar todos los datos de los mismos, como velocidades de transmisión, tipos de modulación, patrones de radiación, entre otros, ya que este tipo de datos son de gran importancia.
- Al ocupar equipos IEEE 802.11n es necesario que estos trabajen en la banda de 5.8 GHz ya que esta banda esta menos saturada que la banda de 2.4 GHz y así evitamos posibles interferencias en todas las comunicaciones.
- Para las simulaciones de los enlaces es necesario trabajar con parámetros técnicos en el peor de los casos, de esta manera obtendremos un margen de confiabilidad de la red que puedan suplir cualquier imprevisto que se pudiese presentar en la implementación real.
- A pesar de que el personal que labora en las Unidades de Salud está capacitado para hacer uso de equipos tecnológicos, de todas maneras es muy importante que antes de que entre a ejecución un proyecto de tal envergadura el personal médico sea capacitado mediante talleres técnicos para que los recursos sean aprovechados de la mejor manera.
- Para lo que respecta a seguridad, es recomendable plantear políticas a nivel de servidores y servicios, herramientas de gestión y monitoreo de redes, así como normas de acceso a los elementos de red por personal autorizado.

- El conocer y tener presente toda la normativa existente en nuestro país en el sector de las telecomunicaciones agilizará el diseño y funcionamiento de una red. Además permite tener el conocimiento sobre los requisitos fundamentales que se deben cumplir antes de poner en funcionamiento cualquier tipo de red. En este proyecto los radioenlaces operan en banda ISM (banda libre) pero igual hay que tener en consideración la legalización de los enlaces, independientemente de que estos sean con un propósito social.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ferrer. Olga, TELEMEDICINA. Madrid. 1ra edición, Pág.1-5, 19-22, 34.
- [2] Vélez Jorge Alberto; Panorama y tendencias de la telemática en salud, hablando de telemedicina; 1ra edición; pág. 3.
- [3] Telemedicina en Latinoamérica, [En línea]. Disponible en:
[http://educ2.educ.udec.cl/TelmedObservatorio.nsf/8736b67f1d01138304256d36005dea62/6e631ecf430f57a58425700c006f8d3f/\\$FILE/TELEMEDICINA%20EN%20LATINOAMERICA.doc](http://educ2.educ.udec.cl/TelmedObservatorio.nsf/8736b67f1d01138304256d36005dea62/6e631ecf430f57a58425700c006f8d3f/$FILE/TELEMEDICINA%20EN%20LATINOAMERICA.doc).
- [4] Telemedicina en Chile, [En línea]. Disponible en:
<http://escuela.med.puc.cl/paginas/telemedicina/telemed-paper-esp.html>
- [5] Telemedicina en Colombia. [En línea]. Disponible en:
<http://elmeridianodecordoba.com.co/component/k2/item/48188-telemedicina-en-colombia>.
- [7] Telemedicina en Venezuela. [En línea]. Disponible en:
<http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/DSantaella.htm>
- [8] Telemedicina en el Ecuador: Un mundo de desafíos y oportunidades. [En línea]. Disponible en: http://uniandesinvestigacion.edu.ec/telemedicina/wp-content/uploads/2015/01/Telemedicina_Ecuador.pdf
- [9] Introduction to HL7 standars. [En línea]. Disponible en:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf
- [10] Sibri, Diego. “Estudio Técnico Económico para la implementación de un Sistema de telemedicina para el Hospital HOMERO CASTANIER CRESPO en el cantón Azogues.” Tesis de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca. Ecuador. Marzo, 2011.

- [11] Normas IEEE802.11^a, 802.11 b y 802.11g. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/221/4/Capitulo%203.pdf>
- [12] WiMax. [En Línea] http://www.en.zte.com.cn/endata/magazine/zte technologies/2005year/no5/articles/200506/t20050613_161488.html
- [13] Apolo, Viviana. Vidal, Gabriela. “Diseño de una Red Inalámbrica en la banda ISM para servicios de Telemedicina a la Provincia de Loja.” Tesis de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja. Ecuador. Febrero, 2011.
- [14] J, Naranjo Rojas. Diseño e Implementación de una Radioenlace para la transmisión de datos utilizando Modulación Digital de Banda Ancha con equipos NanoStations. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (2010).
- [15] Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Arenillas. [En línea]. Disponible en: <http://www.imunicipalidadarenillas.gob.ec/informacion%20general.html>
- [16] Radio Mobile, [En línea]. Disponible en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/catedras/mediosdetransmision/files/ManualRadioMobile.pdf>
- [17] CODEC VoIP. [En Línea] Disponible en: <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>
- [18] Calculadora Erlang B. [En Línea] Disponible en: <http://www.erlang.com/calculator/erlb/>
- [19] Beltrán, Manuel Alejandro. “Diseño de un sistema de videoconferencia para aplicaciones de telemedicina en localidades de la provincia de Chimborazo.” Tesis de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador.2012.

- [20] Sistema de Pararrayo Franklin. [En línea]. Disponible en: <http://neptuno-com.com/n/pfrankl.htm>
- [21] Batería Powerstream BP-1712. [En Línea] Disponible en: <http://www.powerstream.com/bb/bp17-12.pdf>
- [22] Resolución 417-15 CONATEL-2005. [En línea]. Disponible en: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/2005_a417_15.pdf
- [23] RocketM5 Datasheet. (2011). [En línea]. Disponible en: <http://www.ubnt.com/download#doc:Rocket:M>
- [24] MiniPCI R5nH. [En Línea] Disponible en: <http://routerboard.com/R5nH>
- [25] MiniPCI R52N. [En Línea] Disponible en: <http://routerboard.com/R52N>
- [26] MiniPCI R52hN. [En Línea] Disponible en: <http://routerboard.com/R52Hn>
- [27] APC Mach5. [En Línea] Disponible en: <https://www.deliberant.com/es/apc-mach-5>
- [28] Cambium Networks PtP 230. [En línea] Disponible en : <http://www.cambiumnetworks.com/products/discontinued/ptp-200/>
- [29] RouterBOARD RB411AH. [En Línea] Disponible en: <http://i.mt.lv/routerboard/files/rb411ahbrochure.pdf>
- [30] RouterBOARD RB433AH. [En Línea] Disponible en: <http://i.mt.lv/routerboard/files/rb433-151007115441.pdf>
- [31] RouterBOARD RB800. [En Línea] Disponible en: <http://i.mt.lv/routerboard/files/rb800.pdf>
- [32] Antena Hyperlink HG4958DP-30D. [En Línea] Disponible en: http://www.l-com.com/multimedia/datasheets/DS_HG4958DP-30D.PDF

- [33] Router CISCO 2851. [En línea] Disponible en: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/2800-series-integrated-services-routers-isr/datasheet-listing.html>
- [34] Switch TL-SG 2216. [En Línea] Disponible en: http://www.tp-link.es/products/details/cat-40_TL-SG2216.html#specifications
- [35] Carrera, Diego Fernando. “Monitoreo del servicio de telefonía IP de la red de telemedicina Tutupaly, fase 1”. Tesis de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja. Ecuador. Febrero, 2012.
- [36] CISCO ATA LINKSYS 3102. [En Línea] Disponible en: http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/voice_ip_comm/csbpvg/ata/administration/guide/ATA_AG_v3_NC-WEB.pdf
- [37] Teléfono IP CISCO LINKSYS SPA941. [En Línea] Disponible en: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/spa941-4-line-ip-phone-1-port-ethernet/data_sheet_c78-533409.html.
- [38] POLYCOM VSX 5400. [En Línea] Disponible en: http://ims.es/pdf/esp/conferencia/polycom/POLYCOM_VSX_5000_ES.pdf
- [39] COMPUTADOR DELL OPTI PLEX 160. [En Línea] Disponible en: <http://www1.la.dell.com/ec/en/corp/Desktops/desktop-optiplex-160/pd.aspx?refid=desktop-optiplex-160&s=corp&cs=eccorp1>
- [40] UTILIZACION DEL ESPIROMETRO. [En Línea] Disponible en: <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/patientinstructions/000043.htm>
- [41] SPIRODOC. [En Línea] Disponible en: <http://enviservices.com.ec/index.php/productos1/item/12-espirometro/34-spirodoc>

- [42] Características Estetoscopio TR-1/EF. [En Línea] Disponible en:
<http://www.afhcan.org/filestore/filelink/doc/TR-1%20EF%20Installation%20and%20Operation%20Manual.pdf>
- [43] ELECTROCARDIOGRAFO DIGITAL DR- ECG-100 PLUS. [En Línea]
Disponible en: <http://www.electrocardiografodigital.com/>
- [44] D-Link DFL-1660 NetDefend Network Security UTM Firewall. [En Línea]
Disponible en: [ftp://files.dlink.com.au/products/DFL-1660/Datasheet/DFL-260E_860E_1660_2560_2560G_Datasheet_05\(WW\).pdf](ftp://files.dlink.com.au/products/DFL-1660/Datasheet/DFL-260E_860E_1660_2560_2560G_Datasheet_05(WW).pdf)
- [45] Servidor Nagios. [En Línea] Disponible en: www.nagios-cl.org

11. ANEXOS.

ANEXO 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS PARA LOS RADIOENLACES.

RouterBOARD 411AH



Using the same superfast CPU as the RB433AH, the RB411AH is now just as fast.

The heart of this device is the new, faster Atheros 7161 CPU which makes this tiny device faster than any CPE in this price range.

RB411 includes RouterOS - the operating system, which will turn this powerful system into a highly sophisticated router/firewall or bandwidth manager.

One small device - with all the power of RouterOS. At a very special price.

CPU	Atheros AR7161 680MHz network processor
Memory	64MB DDR SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Data storage	64MB onboard NAND memory chip
Ethernet	One 10/100 Mbit/s Fast Ethernet port with Auto-MDI/X
miniPCI	One MiniPCI Type IIIA/IIIB slot
Extras	Reset switch, Beeper
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
LEDs	Power, NAND activity, 5 user LEDs
Power options	Power over Ethernet: 10..28V DC (except power over datalines). Power jack: 10..28V DC
Dimensions	10.5 cm x 10.5 cm (4.13 in x 4.13 in) Weight: 82 g (2.9 oz)
Power consumption	~3W without extension cards, maximum - 12 W
Operating System	MikroTik RouterOS v3, Level4 license

routerboard.com



RB433

Perfect for building custom AP devices

The RB433 is a multi port device. Use it in an outdoor case for a sector AP installation, or for a wireless backhaul. Three ports give you plenty of configuration options for many wireless scenarios.

New to the RB433 family is the RB433L series - a light version with only the most essential features and available at a lower cost.

We currently have four different models in the RB433 series.

CPU	Atheros AR7130V AR7161
Memory	DDR SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Data storage	NAND memory chip
Ethernet	Three 10/100 Mbit/s Ethernet ports with Auto-MDIX
miniPCI	Three MiniPCI Type III/AMB slots
Extras	Reset switch, beeper, voltage monitor
LEDs	Power, NAND activity, 5 user LEDs
Power input	PoE in: 8-28V DC on Ether1 (Non 802.3af), Power jack (8-28V DC)
Operating temperature	-40°C .. +70°C tested
Dimensions	105x154mm
Power consumption	2W board only, 14W available to miniPCI cards
Operating System	MikroTik RouterOS

Feature / Model	433UL	433	433AH	433GL
CPU MHz	300Mhz	300Mhz	680Mhz	680Mhz
RAM MB	64MB	64MB	128MB	128MB
Serial port	-	yes	yes	-
USB	yes	-	-	yes
Gigabit LAN	-	-	-	Yes
RouterOS License	Level 4	Level 4	Level 5	Level 5

RouterBOARD 800



The RB800 is an advanced high performance wireless platform. It has four miniPCI slots, three Gigabit ethernet ports, two daughterboard connectors, a miniPCI-e slot and a compact flash slot.

The two daughterboard connectors allow you to expand the number of wired and wireless ports, and the new high power CPU is capable of supporting them all.

This is the new definition of wireless networking power.

Combined with RouterOS - RB800 is the most powerful and sophisticated wireless router, firewall and bandwidth manager. With many expansion options.

CPU	MPC8544 800MHz
Memory	256MB DDR2 SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Data storage	NAND memory chip, CF slot on back
Ethernet	Three 10/100/1000 Mbit/s Ethernet ports with Auto-MDI/X
miniPCI	4 x miniPCI, 1 x miniPCI-e
Expansion	regular PCI daughterboard port, PCI-e daughterboard port
Extras	Reset switch, Beeper, 4x Fan headers (JP1,JP3 = 3.3V, JP2,JP4 = 5.5V)
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port, One serial port header
LEDs	Power, 1x User LED
Power options	Power over Ethernet: 36-56V DC (including power over datalines) Power jack: 10-56V DC
Dimensions	14 cm x 20 cm (5.51 in x 7.87 in), 285 g
Operating System	MikroTik RouterOS v4, Level6 license
Two port throughput	276000pps with small packets, and wire speed throughput on big packets

Tarjeta Inalámbrica MiniPCI R52 HN.

RouterBOARD R52Hn



802.11a/b/g/n dual band miniPCI card

- Dual band IEEE 802.11a/b/g/n standard
- Output Power of up to 25dBm @ a/g/n Band
- Support for up to 2x2 MIMO with spatial multiplexing
- Four times the throughput of 802.11a/g
- Atheros AR9220, chipset
- High Performance (up to 300Mbps physical data rates and 200Mbps of actual user throughput) with Low Power Consumption
- 2 X MMCX Antenna Connector (J4 - Chain 0)
- Modulations:
 - OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM
 - DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK
- Operating temperatures: -50°C to +60°C
- Idle power consumption 0.4W
- Max power consumption 7W
- MiniPCI IIIA+ design (3mm longer than MiniPCI IIIA)
- 1.5mm heatsink, 3mm RF shield thickness
- ±10KV ESD protection on RF parts

RouterBOARD R52Hn miniPCI network adapter provides leading 802.11a/b/g/n performance in both 2GHz and 5GHz bands, supporting up to 300Mbps physical data rates and up to 200Mbps of actual user throughput on both the uplink and downlink. 802.11n in your Wireless device provides higher efficiency for everyday activities such as local network file transfers, Internet browsing, and media streaming. R52Hn has a high power transmitter, bringing you even more range.

802.11b	Rx Sensitivity	Tx Power
1Mbit	-93	24
11Mbit	-93	24
802.11g		
6Mbit	-94	25
54Mbit	-81	22
802.11n 2.4GHz		
MCS0 20MHz	-94	25
MCS0 40MHz	-92	24
MCS7 20MHz	-78	21
MCS7 40MHz	-75	20

802.11a	Rx Sensitivity	Tx Power
6Mbit	-97	25
54Mbit	-80	21
802.11n 5GHz		
MCS0 20MHz	-97	24
MCS0 40MHz	-92	22
MCS7 20MHz	-77	18
MCS7 40MHz	-74	17

Data Rates

802.11b	11Mbps; 5.5Mbps; 2Mbps; 1Mbps
802.11a/g	54Mbps; 48Mbps; 36Mbps; 24Mbps; 18Mbps; 12Mbps; 9Mbps; 6Mbps
802.11n	
20MHz	1Nss: 65Mbps @ 800GI, 72.2Mbps @ 400GI (Max.) 2Nss: 130Mbps @ 800GI, 144.4Mbps @ 400GI (Max.)
40MHz	1Nss: 135Mbps @ 800GI, 150Mbps @ 400GI (Max.) 2Nss: 270Mbps @ 800GI, 300Mbps @ 400GI (Max.)

Antena Hyperlink HG4958DP-30D

4.9 GHz to 5.8 GHz 30 dBi Dual Polarity Dish Antenna Model: HG4958DP-30D

Applications

- 5.1/5.3/5.4/5.8 GHz ISM and UNII Band Applications
- 4.9 GHz Public Safety Band
- MIMO and 802.11 n Applications
- WiMAX Applications
- Long Distance Backhaul and Point to Point Data Links

Features

- Dual Polarity feed system
- Wide Bandwidth
- Aluminum reflector dish
- UV Stable light gray polymer finish
- Includes tilt and swivel mast mount kit



Description

The HyperGain model HG4958DP-30D is a high performance broadband dual polarized solid dish antenna. Because of its' superb electrical performance and mechanical stability, the parabolic dish antenna can be used in a wide variety of high performance 4.9GHz and 5GHz range (5.1/5.3/5.4/5.8GHz) wireless applications. The wide band design of this antenna eliminates the need to purchase different antennas for each frequency. This simplifies installations since the same antenna can be used for a wide array of wireless applications. This antenna features 28 - 30 dBi of gain with a 4.8° horizontal beam-width and 4.9° vertical beam-width.

Dual Polarization

The HG4958DP-30D features a dual polarity feed system. It is fed via two N-Female ports, one for vertically polarized and one for horizontally polarized signals. This feature makes it ideal for MIMO/802.11n and polarization diversity systems.

Rugged and Weatherproof

The reflector dish of the HG4958DP-30D is constructed from high quality aluminum which gives it superior strength. The dish is coated in a light gray UV-inhibited polymer for durability and aesthetics. The small diameter of the dish helps minimize wind loading.

The HG4958DP-30D is supplied with a tilt and swivel mast mount kit. This allows installation at various degrees of incline for easy alignment. It can be adjusted up or down from 0° to 30°.

Specifications

Mechanical Specifications

Connector Interface	N Female
Diameter	23.6 in (600mm)
Weight	13.45 lbs (6.1kg)
Mounting Mast Size	1.6 - 3 in (40-75mm)

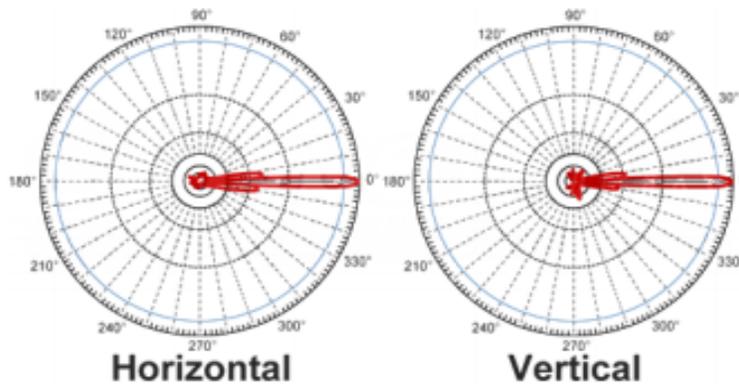
Electrical Specifications

Frequency	4750 - 5850MHz
Gain	28(4.9-5.3GHz) - 30dBi (5.4 - 5.8GHz)
Polarization	Vertical and Horizontal
Horizontal /Vertical Beam-width	4.8°/ 4.9°
F/B ratio	>35dB
Cross-pol Isolation	>30dB
Max Input Power	100 watts
Impedance	50 Ohm

Wind Loading Data

Wind Speed (MPH)	Loading
100	113 lbs
125	177 lbs

RF Antenna Patterns



ANEXO 2 Datasheet Router CISCO 2851.

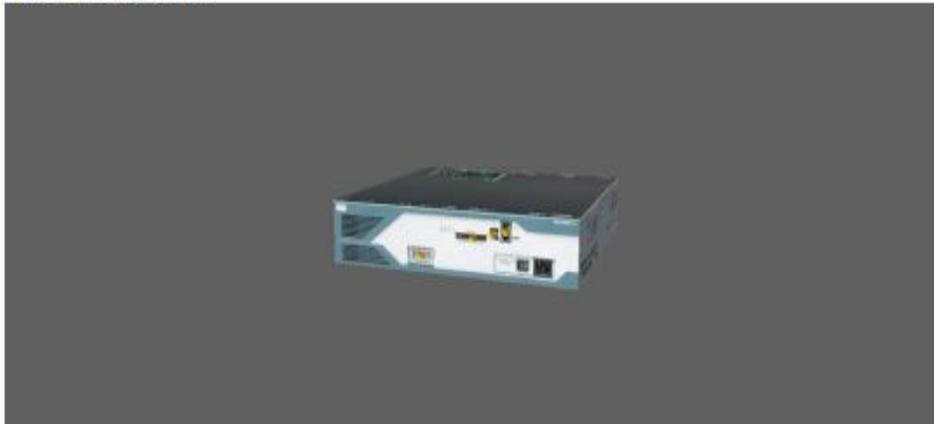


Data Sheet

Cisco 2800 Series Integrated Services Routers

Cisco Systems®, Inc. is redefining best-in-class enterprise and small- to- midsize business routing with a new line of integrated services routers that are optimized for the secure, wire-speed delivery of concurrent data, voice, video, and wireless services. Founded on 20 years of leadership and innovation, the Cisco® 2800 Series of integrated services routers (refer to Figure 1) intelligently embed data, security, voice, and wireless services into a single, resilient system for fast, scalable delivery of mission-critical business applications. The unique integrated systems architecture of the Cisco 2800 Series delivers maximum business agility and investment protection.

Figure 1. Cisco 2800 Series



PRODUCT OVERVIEW

The Cisco 2800 Series comprises four platforms (refer to Figure 1): the Cisco 2801, the Cisco 2811, the Cisco 2821, and the Cisco 2851. The Cisco 2800 Series provides significant additional value compared to prior generations of Cisco routers at similar price points by offering up to a fivefold performance improvement, up to a tenfold increase in security and voice performance, embedded service options, and dramatically increased slot performance and density while maintaining support for most of the more than 90 existing modules that are available today for the Cisco 1700, Cisco 2600, and Cisco 3700 Series.

The Cisco 2800 Series features the ability to deliver multiple high-quality simultaneous services at wire speed up to multiple T1/E1/xDSL connections. The routers offer embedded encryption acceleration and on the motherboard voice digital-signal-processor (DSP) slots; intrusion prevention system (IPS) and firewall functions; optional integrated call processing and voice mail support; high-density interfaces for a wide range of wired and wireless connectivity requirements; and sufficient performance and slot density for future network expansion requirements and advanced applications.

SECURE NETWORK CONNECTIVITY FOR DATA, VOICE, AND VIDEO

Security has become a fundamental building block of any network. Routers play an important role in any network defense strategy because security needs to be embedded throughout the network. The Cisco 2800 Series features advanced, integrated, end-to-end security for the delivery of converged services and applications. With the Cisco IOS® Software Advanced Security feature set, the Cisco 2800 provides a robust array of common security features such as a Cisco IOS Software Firewall, intrusion prevention, IPsec VPN, advanced application inspection and control, Secure Shell (SSH) Protocol Version 2.0, and Simple Network Management Protocol (SNMPv3) in one secure solution set. Additionally, by integrating security functions directly into the router itself, Cisco can provide unique intelligent security solutions other security devices cannot, such as network admissions control (NAC) for antivirus defense; Voice and Video Enabled VPN (V3PN) for quality-of-service (QoS) enforcement when combining voice, video, and VPN; and Dynamic Multipoint VPN (DMVPN) and Easy VPN for enabling more scalable and manageable VPN networks. In addition, Cisco offers a range of security acceleration hardware such as the intrusion-prevention network modules and advanced integration modules (AIM) for encryption, making the Cisco 2800 Series the industry's most robust and adaptable security solution available for branch offices. As Figure 2 demonstrates, using a Cisco 2800 Series uniquely enables customers to deliver concurrent, mission-critical data, voice, and video applications with integrated, end-to-end security at wire-speed performance.

CONVERGED IP COMMUNICATIONS

As shown in Figure 2, the Cisco 2800 Series can meet the IP Communications needs of small-to-medium sized business and enterprise branch offices while concurrently delivering an industry-leading level of security within a single routing platform. Cisco CallManager Express (CME) is an optional solution embedded in Cisco IOS Software that provides call processing for Cisco IP phones, including wired and cordless WLAN phones. This solution is for customers with data-connectivity requirements interested in deploying a converged IP telephony solution for up to 72 IP phones and-as of Cisco IOS 12.3(11)T release-for up to 96 IP phones. With the Cisco 2800 Series, customers can securely deploy data, voice, and IP telephony on a single platform for their small-to-medium sized branch offices, helping them to streamline their operations and lower their network costs. The Cisco 2800 Series with optional Cisco CME support offers a core set of phone features that customers require for their everyday business needs and takes advantage of the wide array of voice capabilities that are embedded in the Cisco 2800 Series (as shown in Table 1) together with optional features available in Cisco IOS Software to provide a robust IP telephony offering for the small to medium-sized branch-office environment.

WIRELESS SERVICES

The Cisco 2800 Series can provide a complete wireless solution for branch offices, small/medium sized businesses, and Wi-Fi hotspots. Wireless services enable greater mobility for employees, partners, and customers, resulting in increased productivity. The Cisco 2800 Series supports an integrated access point for wireless LAN connectivity, Wi-Fi Hotspot services for public access, wireless infrastructure services for cordless WLAN telephony and for larger sites, and land mobile radio over IP for radio users.

INTEGRATED SERVICES

Figure 2 also highlights the fact that with the unique integrated services architecture of the Cisco 2800 Series, customers can now securely deploy IP Communications with traditional IP routing while leaving interface and module slots available for additional advanced services. With the optional integration of a wide array of services modules, the Cisco 2800 Series offers the ability to easily integrate the functions of standalone network appliances and components into the Cisco 2800 Series chassis itself. Many of these modules, such as the Cisco Network Analysis Module, Cisco Voice Mail Module, Cisco Intrusion Detection Module, and Cisco Content Engine Module, have embedded processors and hard drives that allow them to run largely independently of the router while allowing management from a single management interface. This flexibility greatly expands the potential applications of the Cisco 2800 Series beyond traditional routing while still maintaining the benefits of integration. These benefits include ease of management, lower solution costs (CAPEX and OPEX), and increased speed of deployment.

APPLICATIONS

Secure Network Connectivity with Converged IP Communications

Figure 2. Secure Network Connectivity with Converged IP Communications



PRODUCT SPECIFICATIONS

Table 7. Chassis Specifications

Cisco 2800 Series	Cisco 2801	Cisco 2811	Cisco 2821	Cisco 2851
Product Architecture				
DRAM	<ul style="list-style-type: none"> • Default: 128 MB • Maximum: 384 MB 	<ul style="list-style-type: none"> • Default: 256 MB • Maximum: 768 MB 	<ul style="list-style-type: none"> • Default: 256 MB • Maximum: 1 GB 	
Compact Flash	<ul style="list-style-type: none"> • Default: 64 MB • Maximum: 128MB 	<ul style="list-style-type: none"> • Default: 64 MB • Maximum: 256 MB 		
Fixed USB 1.1 Ports	1	2		
Onboard LAN Ports	2-10/100		2-10/100/1000	
Onboard AIM (Internal) Slot	2			
Interface Card Slots	<ul style="list-style-type: none"> • 4 slots; 2 slots support HWIC, WIC, VIC, or VWIC type modules • 1 slot supports WIC, VIC, or VWIC type modules • 1 slot supports VIC or VWIC type modules 	4 slots, each slot can support HWIC, WIC, VIC, or VWIC type modules		
Network-Module Slot	No	1 slot, supports NM and NME type modules	1 slot, supports NM, NME and NME-X type modules	1 slot, supports NM, NME, NME-X, NMD and NME-XD type modules
Extension Voice Module Slot	0		1	
PVDM (DSP) Slots on Motherboard	2		3	
Integrated Hardware-Based Encryption	Yes			
VPN Hardware Acceleration (on Motherboard)	DES, 3DES, AES 128, AES 192, and AES 256			
Optional Integrated In-Line Power (PoE)	Yes, requires AC-IP power supply			
Console Port (up to 115.2 kbps)	1			
Auxiliary Port (up to 115.2 kbps)	1			
Minimum Cisco IOS Software Release	12.3(8)T			
Rack Mounting	Yes, 19-inch	Yes, 19- and 23-in. options		
Wall Mounting	No	Yes	No	No

Cisco 2800 Series	Cisco 2801	Cisco 2811	Cisco 2821	Cisco 2851
Power Requirements				
AC Input Voltage	100 to 240 VAC, autoranging			
AC Input Frequency	47-63 Hz			
AC Input Current	2A (110V) 1A (230V)		3A (110V) 2A (230V)	
AC Input Surge Current	50A maximum, one cycle (-48V power included)			
AC-IP Maximum In-Line Power Distribution	120W	160W	240W	360W
AC-IP Input Current	4A (110V) 2A (230V)		8A (110V) 4A (230V)	
AC-IP Input Surge Current	50A maximum, one cycle (-48V power included)			
DC Input Voltage	No DC Power Option available	24 to 60 VDC, autoranging positive or negative		
DC Input Current	No DC Power Option available	<ul style="list-style-type: none"> • 8A (24V) • 3A (60V) • Startup current 50A<10 ms 	<ul style="list-style-type: none"> • 12A (24V) • 5A (60V) • Startup current 50A<10 ms 	
Power Dissipation-AC without IP Phone Support	150W (511 BTU/hr)	170W (580 BTU/hr)	280W (955 BTU/hr)	280W (955 BTU/hr)
Power Dissipation-AC with IP Phone Support-System Only	150W (511 BTU/hr)	210W (717 BTU/hr)	310W (1058 BTU/hr)	370W (1262 BTU/hr)
Power Dissipation-AC with IP Phone Support-IP Phones	180W (612 BTU/hr)	160W (546 BTU/hr)	240W (819 BTU/hr)	360W (1128 BTU/hr)
Power Dissipation-DC	Not applicable	180W (614 BTU/hr)	300W (1024 BTU/hr)	300W (1024 BTU/hr)
RPS	No	External only, connector for RPS provided by default		
Recommended RPS Unit	No RPS option	Cisco RPS-675 Redundant Power System		
Environmental Specifications				
Operating Temperature	32 to 104°F (0 to 40°C)			
Operating Humidity	10 to 85% non-condensing	5 to 95%, non-condensing		
Non-Operating Temperature	-	-40° to 158°F (-40° to 70°C)		
Operation Altitude	<ul style="list-style-type: none"> • 25°C @ 3 km/10 kft • 40°C @ sea level 	<ul style="list-style-type: none"> • 27.5°C @ 15 kft • 35°C @ 3km/10 kft • 40°C @ sea level 		
Dimensions (H x W x D)	<ul style="list-style-type: none"> • 1.72 x 17.5 x 16.5 in. • (43.7 x 445 x 419 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1.75 x 17.25 x 16.4 in. • (44.5 x 438.2 x 416.6 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> • 3.5 x 17.25 x 16.4 in. • (88.9 x 438.2 x 416.6 mm) 	
Rack Height	1 rack unit (1RU)		2RU	
Weight (Fully Configured)	13.7 lb (6.2 kg)	14 lb (6.4 kg)	25 lb (11.4 kg)	

Cisco 2800 Series	Cisco 2801	Cisco 2811	Cisco 2821	Cisco 2851
Noise Level (Min/Max)	<ul style="list-style-type: none"> • 39 dBA for normal operating temperature (<90°F/32.2°C) • 53.5 dBA (@ maximum fan speed) 	<ul style="list-style-type: none"> • 47 dBA for normal operating temperature (<90°F/32.2°C) • 57 dBA (@ maximum fan speed) 	<ul style="list-style-type: none"> • 44 dBA for normal operating temperature (<90°F/32.2°C) • 53 dBA (@ maximum fan speed) 	
Regulatory Compliance				
NEBS—Level 3	No	Yes	Yes	
Safety	<ul style="list-style-type: none"> • UL 60950 • CAN/CSA C22.2 No. 60950 • IEC 60950 • EN 60950-1 • AS/NZS 60950 			
Immunity	<ul style="list-style-type: none"> • EN300386 • EN55024/CISPR24 • EN50082-1 • EN61000-6-2 			
EMC	<ul style="list-style-type: none"> • FCC Part 15 • ICES-003 Class A • EN55022 Class A • CISPR22 Class A • AS/NZS 3548 Class A • VCCI Class A • EN 300386 • EN61000-3-3 • EN61000-3-2 			
FIPS-2	FIPS 140-2 Certification for 2801, 2811, 2821, 2851			
TELCOM**	<p>For all four platforms, Telecom compliance standards depend upon country and interface type. Interfaces comply with FCC Part 68, CS-03, JATE Technical Conditions, European Directive 99/5/EC and relevant TBR's. For specific information see the datasheet for the specific interface card.</p> <p>Homologation requirements vary by country and interface type. For specific country information, see the on-line approvals data base:</p> <p>http://tools.cisco.com/ctse/brdapp/jsp/externalsearch.do?action=externalsearch&page=EXTERNAL_SEARCH&module=EXTERNAL_SEARCH</p>			

ANEXO 3 Datasheet Equipo de Videoconferencia Polycom VSX 5400.



VSX™ 5000 de Polycom*

Sistema de video conferencia que ofrece un excelente desempeño y flexibilidad por su precio



Beneficios

Sonido natural, superior - StereoSurround™ de Polycom, genera una claridad de voz cristalina y natural, aún cuando varias personas hablen simultáneamente, usando la tecnología Siren™ 14 de doble canal

Video extraordinario – Video de calidad premium en cualquier ancho de banda con movimiento suave y natural e imágenes precisas y claras. Emplea la compresión H.264 normalizada y Pro-Motion™ para un óptimo desempeño de video

Multimedia simplificado – Muestra imágenes de alta resolución, películas y presentaciones en sus juntas estando en una video llamada. Y puede compartir el contenido de su PC sin necesidad de cables, usando la tecnología IP exclusiva de Polycom, People+Content™ IP

Confiablez – Cámara con Pan-Tilt-Zoom (PTZ) electrónico integrado, con menos partes móviles y por lo tanto más confiable, pero con funcionalidad similar a las cámaras de PTZ mecánico

Conferencia segura – Garantiza que sus video conferencias sean seguras y privadas mediante la encriptación anidada vía tráfico seguro de video, audio y datos; administración web segura, protección contra accesos no autorizados (web, telnet, FTP)

Paquetes de solución completa – Combine el VSX 5000 con cualquiera de las atractivas opciones de muebles de display Polycom para crear una solución total en su sala de juntas

La solución Polycom – Todo lo que necesita para instalar y manejar una red de video conferencia completa con Polycom ReadyManager SE 200, Polycom Global Management System™, Polycom PathNavigator™, Polycom Conference Suite™, y Polycom MGC™

Una solución compacta y económica para salas de conferencia pequeñas a medianas.

Ideal para espacios de conferencia pequeños, el nuevo sistema económico de Polycom, VSX 5000 tipo set-top, le ofrece la calidad de video y audio, líder en el mercado, a un precio económico. Un verdadero ahorrador de espacio, se coloca convenientemente sobre su TV, pantalla de plasma de alta resolución o display LCD. Usted puede agregar fácilmente un periférico (cámara de documentos o VCR/DVD), monitores duales y dispositivos de solo audio, a través de ISDN o el SoundStation VTX 1000™. De hecho, el VSX 5000 le ofrece múltiples formas de marcar a los asistentes a una junta, y emplear varios tipos de contenido (por ejemplo, imágenes, presentaciones, películas, archivos de audio). Las opciones de conexión incluyen marcar en IP (H.323 y SIP) e ISDN, por lo que puede utilizar el VSX 5000 en una variedad de ambientes de conferencia.

El VSX 5000 también está bien equipado para salas de recursos educativos en donde se reúnen grupos más pequeños de estudiantes con especialistas educacionales remotos, y clínicas médicas remotas que ofrecen atención de especialistas a pacientes a cientos de kilómetros de casa.

El VSX 5000 incluye características y beneficios tales como una interfase de usuario en 15 idiomas, varios modos de agregar contenido y emulación de monitor dual para soluciones con un solo display. Elija ya sea un display VGA o una TV como su display principal, lo que mejor convenga a su ambiente de conferencia. La opción ISDN le permite agregar también la capacidad de conferencia ISDN, y la opción de monitor dual le permite mostrar gente en un monitor y el contenido compartido en otro.

Agregue sencillez y reduzca las cosas sobre la mesa aprovechando la integración del Polycom SoundStation VTX 1000 con el VSX 5000. Esta integración da a los usuarios la capacidad de marcar, colgar y silenciar una video conferencia desde el mismo teléfono de conferencia. Como el SoundStation VTX 1000 actúa como micrófono estéreo y también como teléfono de conferencia standalone, no hay necesidad de poner otro micrófono en la mesa. Además, la salida dedicada de audio permite implementar fácilmente la tecnología Polycom StereoSurround™, que separa varias voces son estéreo conversacional.

En el mundo actual impulsado por internet, la capacidad de conducir comunicaciones y colaboración en tiempo real se ha convertido en crítico para la supervivencia de una organización. Como líder en el mercado de soluciones de voz, video, datos y web, nuestra premiada tecnología de conferencias facilita que la gente interactúe y maximice productividad, sobre cualquier red, en numerosos ambientes, en cualquier parte del planeta. Por eso más organizaciones en todo el mundo prefieren usar las soluciones de conferencia de Polycom. Porque cuando la gente trabaja junta, suceden grandes cosas. Para saber más, por favor visite el Polycom Experience Center en www.polycom.com/experience



Especificaciones

Cumple con H.323, SIP y H.320

Soluciones en paquete VSX 5000

- VSX 5000 VTX: Sistema VSX 5000s con SoundStation VTX 1000 en vez de arreglo de micrófono
- VSX 5400 Presenter: Sistema VSX 5000, Visual Concert™ VSX, People+Content IP
- VSX 5400 Presenter VTX: Sistema VSX 5000, Visual Concert VSX, People+Content IP, SoundStation VTX 1000 en vez de arreglo de micrófono

Ancho de banda

- Máxima velocidad de datos IP: 768 Kbps
- Máxima velocidad de datos ISDN: 512 Kbps

Estándares y protocolos de video

- H.261
- H.263+ anexos: F, I, J, L, N, T
- H.263++ anexos: W (sólo recepción)
- H.264

Velocidad de cuadros (punto a punto)

- Selecciona inteligentemente la velocidad de datos para óptimo desempeño de video
- 30 fps de 56 kbps hasta 768 Kbps

Entradas de video

- Cámara principal + 1

Conectores

- Cámara principal integrada
- 1 x S-video; cámara documental mini DIN 4-pines, VCR/DVD o segunda cámara
- Puerto de datos RS-232: 1 x mini DIN 8-pines
 - Puerto de control para integración de cliente con dispositivos remotos como los sistemas de control Creston® y AMX®
 - Conectividad con dispositivo de teletipo para subtítulos

- Cancelación de eco de adaptación instantánea
- Control automático de ganancia (AGC) – activado con voz
- Supresión automática de ruido (ANS)
- Mezcladora de audio (Mic, VCR, line-in)
- Medidor de nivel de audio a tiempo real para micrófonos locales y remotos
- Mezcla de audio de entrada de micrófono y VCR
- Capacidad de hablar sobre el audio del VCR

Entradas de audio: 2 conectores

- 1 x Link de conferencia
 - Soporta 1 micrófono
 - Soporta teléfono de conferencia SoundStation VTX 100
- 1 x entrada RCA para entrada estéreo o mono de mezcladora externa

Salidas de audio: 2 conectores

- Salida de Audio principal (RCA Stereo)

Arreglo de micrófono digital de mesa Polycom

- Captación de voz a 360°
- Tres elementos cardioides por micrófono
- Patas flotantes reducen transmisión de ruidos sobre la mesa
- Botón mute integrado
- Arreglo de Micrófonos para techo, opcional, disponible

Otros estándares ITU soportados

- H.221 Comunicaciones
- H.224/H.281 Control de cámara remota (fccc)
- Estándar Anexo Q para FECC en llamadas H.323
- H.225, H.245, H.241, H.331
- H.239 People+Content™
- H.231 en llamadas multipunto
- H.243 contraseña MCU
- H.233, H.234, H.235V3 estándares de encriptación
- H.460 NAT/firewall traversal
- Bonding, Modo 1

- Selecciona automáticamente el multipunto interno o externo
- Llama a todos los participantes simultáneamente

Seguridad

- Captura de número de validación de cuenta
- Notificación de trampa SNMP de todos los intentos fallidos de login de HTTP, FTP o Telnet
- FIPS 140-2 (Lista de pre-validación)
 - Web segura (HTTPS)
 - Telnet, FTP seguros
 - Modo de seguridad
- Autenticación de contraseña de seguridad
- Contraseña para el administrador – en la sala y acceso remoto
- Contraseña para juntas a las que se marca para entrar
- Contraseña encriptada para acceso web VSX
- Capacidad para deshabilitar interfaces remotas (FTP, Telnet, HTTP, SNMP)
- Capacidad de deshabilitar llamadas multipunto de protocolos mezclados
- Auto respuesta (On/Off)
- Permitir el acceso a la configuración de usuarios (On/Off)

Encriptación anidada

- Encriptación estándar avanzada (AES)
- FIPS 197 validados por una agencia certificada por el NIST Nacional Institute of Standards & Technology
- Longitud de llave 128-bits
- Encriptación de software AES en ISDN e IP
- H.235V3 (IP) normalizado
- H.233/H.234 (ISDN/Serial) normalizado
- Generación e intercambio automático de llaves
- Soportado en People+Content

Interfase de usuario

- Interfase gráfica amigable
- Pantalla principal y colores temáticos personalizables
- Modo de kiosco con marquesina de scroll
- Iconos de cámara y tonos a elección del usuario
- Lista de marcado rápido en la pantalla principal
- Persistent Preview (PIP remoto) en todas las pantallas

- Precedencia IP (ToS)
 - Valor de servicio configurable video/audio/FECC
- DiffServ (DSCP/COS)
- RSVP
- Asignación dinámica de ancho de banda
- Monitoreo proactivo de la red
- Tamaño de paquetes ajustable
- NAT/firewall traversal (H.460)
- Control de paquetes y jitter
- Soporte a traducción de direcciones de red (NAT)
- Descubrimiento automático de NAT
- Control de velocidad asimétrico
- Soporte de gatekeeper alterno
- Soporte firewall TCP/UDP puerto fijo
- Sincronización de labios
- Cancelación de eco
- Supresión de eco
- Descubrimiento automático de gatekeeper
- Perfiles de marcado de gateway automático
- Especificación de ruteo de llamadas de salida para gateway / ISDN

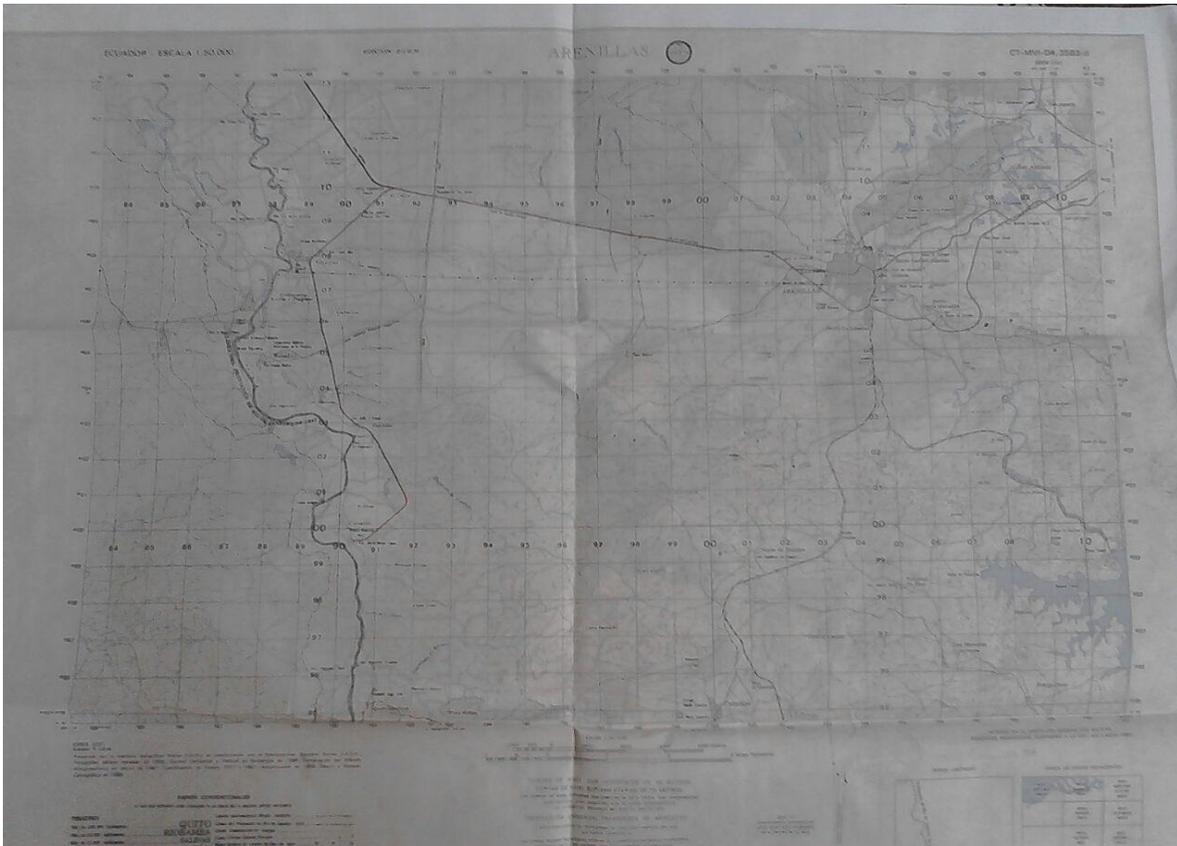
Soluciones de colaboración

- Visual Concert™ VSX (entrada de audio y video de PC o Macintosh®) (Opcional)
 - 1 x entrada de audio de laptop
 - 1 x salida de VGA para proyector
 - 3 x 10/100 hub ethernet
 - Entrada de contenido: 1280 x 1024, 60Hz
 - Salida de contenido: hasta 1024 x 768
- People+Content IP (Opcional)
 - Muestra contenido de laptop/PC sobre conexión de red IP
 - El contenido se muestra en la resolución nativa
 - Soporta Windows® 2000 y Windows XP
- CSX (Opcional)
 - Se conecta con Visual Concert para mostrar contenido de laptop/PC
 - El contenido se muestra en resolución nativa
 - Hasta 10 participantes de voz pueden ver el contenido que se está compartiendo
- Ancho de banda ajustable para contenido

ANEXO 4

CARTAS TOPOGRAFICAS.

Habíamos puesto en mención que para corroborar el perfil topográfico que nos brinda el software se ha hecho uso de cartas topográficas otorgadas por el Instituto Geográfico Militar.



ANEXO 5

FOTOGRAFIAS DE LAS UNIDADES DE SALUD.

HOSPITAL CANTONAL





SUBCENTRO DE SALUD SAN ISIDRO



SUBCENTRO DE SALUD SAN VICENTE



SUBCENTRO DE SALUD CHACRAS



SUBCENTRO DE SALUD PALMALES



PUESTO DE SALUD LA CUCA



PUESTO DE SALUD CARCABON



PUESTO DE SALUD CAÑAS



PUESTO DE SALUD MANABÍ DE EL ORO



CERTIFICACIÓN

CERTIFICA.

YO, **CHRISTIAN ALONZO REYES CASTILLO**, Licenciado de Idiomas, portador de la cedula de ciudadanía N° **1104909120**, certifico haber realizado la traducción del resumen del trabajo con el tema “DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA DE TELECOMUNICACIONES PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEMEDICIA EN LAS UNIDADES DE SALUD PÚBLICA DEL CANTÓN ARENILLAS”

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, y faculto al interesado hacer del presente el uso legal correspondiente.

Lo certifico:



Lcdo. Christian A. Reyes C.

1104909120