



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS



TÍTULO DE LA TESIS

**Diseño de una red de telemedicina para monitoreo de pacientes en
el centro poblado de Huayrul del distrito de Incahuasi, provincia de
Ferreñafe, región Lambayeque.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

PRESENTADO POR

Bravo Vera William Iván

Lucero Manayay Roosevelt Rubén

LAMBAYEQUE – PERÚ

2017

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



Diseño de una red de telemedicina para monitoreo de pacientes en
el centro poblado de Huayrul del distrito de Incahuasi, provincia de
Ferreñafe, región Lambayeque.

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

Bravo Vera William Iván

Lucero Manayay Roosevelt Rubén

Asesor:

Ing. Nombera Lossio Martín Augusto

**LAMBAYEQUE, PERÚ
2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

TÍTULO DE LA TESIS

Diseño de una red de telemedicina para monitoreo de pacientes en el centro poblado de Huayrul del distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque.

Como requisito para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico.

Aceptada por la escuela profesional de Ingeniería Electrónica.



Ing. Chiclayo Padilla Hugo Javier
PRESIDENTE



Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo
SECRETARIO



Ing. Romero Cortez Oscar Uchelly
VOCAL

LAMBAYEQUE, PERÚ
2017

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

TÍTULO DE LA TESIS

Diseño de una red de telemedicina para monitoreo de pacientes en el centro poblado de Huayrul del distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque.

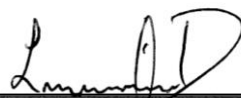
Como requisito para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico.

Sustentada por:



Bach. Bravo Vera William Iván

Tesista



Bach. Lucero Manayay Roosevelt Rubén

Tesista

Asesorado por:



Ing. Nombera Lossio Martín Augusto

Asesor

LAMBAYEQUE, PERÚ
2017

DEDICATORIA

A dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Bravo Vera William Iván
Bachiller en Ingeniería Electrónica

Lambayeque 2017

DEDICATORIA

A Dios:

Por brindarme fortaleza para continuar cuando estado a punto de desvanecer, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y sobre todo por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre:

Por guiarme e iluminarme desde el cielo para ser un buen profesional, además por su protección divina que me permite alcanzar todas mis metas trazadas.

A mi padre:

Por su apoyo, consejos, por trasmitirme las buenas virtudes para ser una persona de bien. Por ser el pilar más importante en mi vida, además en todo momento estuvo a mi lado cuanto más lo necesitaba.

Lucero Manayay Roosevelt Rubén
Bachiller en Ingeniería Electrónica

Lambayeque 2017

AGRADECIMIENTO

A dios, por haberme dado fuerzas y valor para culminar esta etapa de mi vida. También agradezco a mis padres ya que gracias a ellos pude culminar con éxito este proyecto. Agradezco también la confianza y apoyo brindado por parte de mis hermanos, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, además de corregirme en mis faltas y celebrar todos mis logros.

Bravo Vera William Iván
Bachiller en Ingeniería Electrónica

Lambayeque 2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fuerza, valor, por protegerme y permitir superar los obstáculos y las diferentes dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre que me ilumina cada día, en todos los pasos que doy y siempre permite que me vaya bien a pesar de las dificultades.

A mi padre por su apoyo incondicional, por brindarme la confianza en todo momento. También por todo su aliento incondicional que me brindan día a día.

Lucero Manayay Roosevelt Rubén
Bachiller en Ingeniería Electrónica

Lambayeque 2017

Resumen

El presente proyecto de tesis consiste en el diseño de una red de telemedicina en el Centro Poblado de Huayrul del distrito de Incahuasi, perteneciente a la provincia de Ferreñafe, región Lambayeque. La red básicamente consistirá en unir remotamente el centro de salud de Huayrul con el Hospital Regional de Lambayeque para que los pobladores de Huayrul reciban una mejor atención médica.

El primer capítulo está centrado analizar los problemas que se han encontrado en el Centro Poblado de Huayrul tanto desde el punto de vista tecnológico como del punto de vista social; también se evaluarán los problemas para proponer los objetivos que debe cumplir la red de telemedicina y finalmente se define la información a transmitir.

El segundo capítulo busca presentar las diferentes tecnologías de redes usadas para telemedicina y elegir uno de ellos así como los diversos dispositivos de telemedicina que se utilizan en nuestro país.

El tercer capítulo presenta el análisis de ancho de banda para la red de telemedicina, es decir, se definen los datos y equipos que transmitirán información entre un nodo y otro y se define la capacidad de ancho de banda que deberá soportar la red.

El cuarto capítulo se describe el diseño de la red de telemedicina, tanto el enlace IP que se realizará así como los diseños y equipos de la red VoIP, videoconferencia IP, dispositivos de telemedicina, acceso a internet y la red LAN local del centro de salud de Huayrul.

El quinto capítulo está enfocado en los costos de instalación de la red de telemedicina así como la operación y mantenimiento de dicha red.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, además de proponer algunos trabajos futuros que permitan implementar el diseño realizado tanto en Huayrul así como en otros centros poblados.

ABSTRACT

The present thesis project consists of the design of a telemedicine network in the Huayrul populated Center in the district of Incahuasi, belonging to the province of Ferreñafe, Lambayeque region. The network will basically consist of remotely linking the health center of Huayrul with the Regional Hospital of Lambayeque so that the inhabitants of Huayrul receive better medical care.

The first chapter focuses on analyzing the problems that have been found in the Huayrul Village Center from both a technological and a social point of view; The problems will also be evaluated to propose the objectives that the telemedicine network must fulfill and finally the information to be transmitted is defined.

The second chapter seeks to present the different network technologies used for telemedicine and to choose one of them as well as the various telemedicine devices that are used in our country.

The third chapter presents the analysis of bandwidth for the network of telemedicine, that is to say, the data and equipment that will transmit information between a node and another one is defined and the capacity of bandwidth that must support the network is defined.

The fourth chapter describes the design of the telemedicine network, both the IP link that will be made as well as the designs and equipment of the VoIP network, IP videoconferencing, telemedicine devices, Internet access and the local LAN of the health center Of Huayrul.

The fifth chapter focuses on the costs of installing the telemedicine network as well as the operation and maintenance of the network.

Finally, the conclusions and recommendations of the present paper are presented, besides proposing some future works that allow implementing the design realized in Huayrul as well as in other populated centers.

-Translation by google-

ÍNDICE

Dedicatoria	V
Dedicatoria	VII
Agradecimiento	IX
Agradecimiento	XI
Resumen	XIII
Abstract	XV
Introducción	1
Capítulo 1 Problemática de atención sanitaria en el Centro Poblado Huayrul	2
1.1 Marco del proyecto	2
1.2 Necesidad de telemedicina en el Centro Poblado Huayrul	3
1.2.1 Necesidades sociales	4
1.2.2 Necesidades tecnológicas	5
1.2.3 Necesidades económicas	6
1.3 Definición de problema y sus causas	7
1.4 Objetivos del proyecto	7
1.5 Información a transmitir	8
Capítulo 2 Marco teórico del proyecto	12
2.1 Redes de comunicación usadas en telemedicina	12
2.1.1 Elementos de redes de telecomunicación	12
2.1.2 Velocidad de transmisión de las redes	13
2.1.3 Clasificación según arquitectura y transporte de información	13
2.1.4 Clasificación según medio de transmisión	14
2.1.5 Redes de comunicación usados en telemedicina	16
2.1.5.1 Red mediante líneas eléctricas	16
2.1.5.2 Red mediante fibra óptica	17
2.1.5.3 Red mediante radio enlaces IP	19
2.1.5.4 Red basada en tecnología HF y VH F	20
2.1.6 Red de comunicación elegida para la red de telemedicina	22
2.2 Terminales de acceso al usuario	23
2.2.1 Electrocardiógrafo portátil	24
2.2.2 Espirómetro	24
2.2.3 MAPA (Presión arterial de 24 horas)	25
2.2.4 Holter de ritmo	26
Capítulo 3 Determinación de necesidades del centro de salud desde el punto de vista de las telecomunicaciones	27
3.1 Principales actividades médicas	27
3.2 Población beneficiada con la posta médica de Huayrul	28
3.3 Determinación de necesidades desde el punto de vista de telecomunicaciones y cómputo	31
3.4 Determinación del ancho de banda	32
3.4.1 Ancho de banda para teléfonos VoIP	33
3.4.2 Ancho de banda para sistema de video conferencia IP	35
3.4.3 Ancho de banda para equipos de telemedicina	37
3.4.4 Ancho de banda para acceso a Internet	37
Capítulo 4 Ingeniería del proyecto	40
4.1 Diseño del radio enlace IP	40
4.1.1 Puntos de referencia	40
4.1.2 Estructura general del proyecto	41
4.1.3 Alternativas para implementar Red IP	41
4.1.4 Equipamiento elegido para Red IP	45
4.1.5 Especificaciones técnicas para Red IP	48
4.1.6 Evaluación de radio enlace	49

4.1.7	Instalación de Red IP	52
4.1.8	Configuración de cada sitio del radio enlace IP	59
4.2	Diseño de la red VoIP	61
4.2.1	Equipos de Red VoIP	61
4.2.2	Diagrama de la red VoIP	63
4.3	Diseño de la red de Videoconferencia IP	63
4.4	Red para dispositivos de telemedicina	65
4.5	Red LAN dentro del centro de salud de Huayrul	66
4.6	Equipamiento	68
4.6.1	Diseño del radio enlace IP	68
4.6.2	Diseño de la red VoIP	70
4.6.3	Diseño de videoconferencia IP	74
4.6.4	Equipos de telemedicina	75
4.6.5	Equipos de LAN del centro de salud	77
4.7	Interconexión con redes externas	78
Capítulo 5 Análisis de Costos		81
5.1	Costos de inversión de la red de telemedicina	81
5.2	Costos de operación y mantenimiento de la red de telemedicina	85
Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros		88
	Conclusiones	88
	Recomendaciones	89
	Trabajos Futuros	90
	Bibliografía	91
	Bibliografía	92
	Bibliografía	93
	Bibliografía	94
	Bibliografía	95

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-1: MAPA DE LA PROVINCIA DE FERREÑAFE	3
FIGURA 1-2: MAPA DE LEJANÍA ENTRE HUAYRUL Y HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE	4
FIGURA 1-3: ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS	7
FIGURA 1-4: ÁRBOL DE OBJETIVOS	8
FIGURA 2-1: ELECTROCARDIOGRAFO PORTÁTIL	24
FIGURA 2-2: ESPIRÓMETRO	25
FIGURA 2-3: DISPOSITIVO DE PRESIÓN ARTERIAL	26
FIGURA 2-4: HOLTER DE RITMO	26
FIGURA 3-1: CASOS DE INFECCIONES DE VÍAS RESPIRATORIAS AGUDAS PARA NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE	27
FIGURA 3-2: CÁLCULO DE LAS LÍNEAS NECESARIAS A PARTIR DE LOS ERLANG	33
FIGURA 3-3: GRÁFICA DE CABECERAS Y VOZ PARA EL CÓDEC G.726	35
FIGURA 4-1: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA	40
FIGURA 4-2: ESQUEMA GENERAL DE RED DE TELEMEDICINA	41
FIGURA 4-3: EQUIPOS DE SISTEMA ALBENTIA	42
FIGURA 4-4: EQUIPOS DE SISTEMA PTP 100 SERIES MOTOROLA	43
FIGURA 4-5: EQUIPOS DE SISTEMA WINLINK 1000	44
FIGURA 4-5: ARQUITECTURA DE SISTEMA WINLINK 1000	45
FIGURA 4-6: EQUIPO IDU-C	46
FIGURA 4-7: EQUIPO POE	46
FIGURA 4-8: ANTENAS EXTERNAS DE SISTEMA WINLINK 1000	47
FIGURA 4-9: UBICACIÓN DE LOS NODOS DEL RADIO ENLACE IP EN EL MAPA DEL RADIO MOBILE	51
FIGURA 4-10: SIMULACIÓN DE RADIO ENLACE IP EN EL SOFTWARE RADIO MOBILE	51
FIGURA 4-11: INSTALACIÓN TÍPICA DE UN NODO DEL SISTEMA WINLINK 1000	52
FIGURA 4-12: ALINEACIÓN DE ANTENAS APRECIADO EN WINKINK 1000 MANAGEMENT	54
FIGURA 4-13: INTERFAZ DE INSTALACIÓN DE WINKINK 1000 MANAGEMENT	55
FIGURA 4-14: INTERFAZ DE SELECCIÓN DE CANALES DE WINKINK 1000 MANAGEMENT	56
FIGURA 4-15: INTERFAZ DE SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE SERVICIOS DEL WINKINK 1000 MANAGEMENT	58
FIGURA 4-16: INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN DE NODO DEL SISTEMA WINKINK 1000	59
FIGURA 4-17: INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN DE DIRECCIONES DE CADA NODO DEL SISTEMA WINKINK 1000	60
FIGURA 4-18: DIAGRAMA DE RED VOIP	63
FIGURA 4-19: DIAGRAMA DE RED VIDEOCONFERENCIA IP	65
FIGURA 4-20: DIAGRAMA DE RED DE DISPOSITIVOS DE TELEMEDICINA	66
FIGURA 4-21: DIAGRAMA DE RED LAN DENTRO DEL CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL	67
FIGURA 4-21: DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN DE RED DE TELEMEDICINA CON RED ADSL (INTERNET)	79
FIGURA 4-22: DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN DE RED DE TELEMEDICINA CON RED PÚBLICA TELEFÓNICA	80

LISTA DE TABLAS

TABLA 1-1: TABLA DE PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD-CONSULTA EXTERNA EN FERREÑAFE	5
TABLA 1-2: PERSONAL DEL CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL	5
TABLA 1-3: TABLA DE TECNOLOGÍA CON LA QUE CUENTA EL CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL	6
TABLA 1-4: INDICADORES DE POBREZA DEL DISTRITO DE HUAYRUL	6
TABLA 3-1: ENFERMEDADES CON MAYOR ATENCIÓN EN HUAYRUL	27
TABLA 3-2: POBLACIÓN DE HUAYRUL	28
TABLA 3-3: PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE HUAYRUL	29
TABLA 3-4: ATENDIDOS Y ATENCIONES EN EL CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL	29
TABLA 3-5: TABLA DE ATENDIDOS Y ATENCIONES EN GENERAL Y CASOS IRA	30
TABLA 3-6: RELACIÓN DE CÓDEC DE VOZ ELEGIBLES PARA TELEFONÍA VOIP	34
TABLA 3-7: RELACIÓN DE CALIDAD DE IMAGEN CON ANCHO DE BANDA PARA EL OJO HUMANO	35
TABLA 3-8: RESUMEN DE ANCHO DE BANDA PARA ACCESO A INTERNET	38
TABLA 3-9: RESUMEN DE ANCHO DE BANDA DE LA RED DE TELEMEDICINA	39
TABLA 4-1: PUNTOS DE REFERENCIA CON SUS LATITUDES Y LONGITUDES	40
TABLA 4-2: ALTERNATIVAS DE SERIES ODU	46
TABLA 4-3: TASA DE TRANSMISIÓN SEGÚN ANCHO DE BANDA DE CANAL	59
TABLA 4-4: PLAN DE DIRECCIONAMIENTO IP PARA CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL	68
TABLA 4-5: CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE SERVIDOR VOIP	71
TABLA 4-6: COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GATEWAY DE VOZ	72
TABLA 4-7: COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TELÉFONOS VOIP	73
TABLA 4-8: COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE VIDEOCONFERENCIA IP	74
TABLA 4-9: COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE ESPIRÓMETROS	75
TABLA 5-1: EVALUACIÓN COSTOS DE RADIO ENLACE IP	82
TABLA 5-2: EVALUACIÓN COSTOS DE RED VOIP	82
TABLA 5-3: EVALUACIÓN COSTOS DE VIDEOCONFERENCIA IP	82
TABLA 5-4: EVALUACIÓN COSTOS DE EQUIPOS DE TELEMEDICINA	83
TABLA 5-5: EVALUACIÓN COSTOS DE RED LAN EN CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL	83
TABLA 5-6: EVALUACIÓN COSTOS DE EQUIPOS DE ÁREA ADMINISTRATIVA	84
TABLA 5-7: EVALUACIÓN COSTOS DE INSTALACIÓN DE INTERNET Y TELEFONÍA FIJA	84
TABLA 5-8: EVALUACIÓN COSTOS DE SISTEMA DE PROTECCIÓN	84
TABLA 5-9: EVALUACIÓN COSTOS INSTALACIÓN RED DE TELEMEDICINA	85
TABLA 5-10: COSTOS TOTALES INICIALES DE RED DE TELEMEDICINA	85
TABLA 5-11: COSTOS DE SERVICIOS DE TELEFONÍA E INTERNET MENSUALES	86
TABLA 5-12: COSTOS DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA RED DE TELEMEDICINA	86
TABLA 5-13: COSTOS TOTALES MENSUALES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA RED DE TELEMEDICINA	87

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el desarrollo de las telecomunicaciones se ha incrementado a grandes pasos durante los últimos años. Lamentablemente este desarrollo se ha concentrado en Lima y en las provincias con mejor desarrollo económico y sobre todo en las zonas urbanas de dichas provincias. Actualmente en algunas zonas urbanas de nuestro país se tiene una buena infraestructura de telecomunicaciones; sin embargo, en centros poblados como Huayrul no se tiene una gran infraestructura y por experiencia propia se pudo apreciar la falta de desarrollo en tecnologías relacionadas con las telecomunicaciones y también el déficit que se tiene en dicho centro de salud por falta de doctores y sobre todo por la falta de especialistas en enfermedades de infecciones a las vías respiratorias que es lo que más afecta a los pobladores de Huayrul.

La telemedicina es el vínculo entre las telecomunicaciones y la medicina y puede proveer a centros de salud de una mejor atención sanitaria a través de un monitoreo y tratamiento eficiente por parte de doctores especialistas que se encuentran en un lugar remoto y que gracias a las telecomunicaciones pueden brindar a los pacientes un adecuado monitoreo y tratamiento de enfermedades.

Capítulo 1

Problemática de atención sanitaria en el Centro Poblado de Huayrul

1.1 Marco del proyecto

El siguiente proyecto consiste en diseñar una red de telemedicina que conecte el centro de salud ubicado en Huayrul con el Hospital Regional de Lambayeque.

Mediante la red de telemedicina, el doctor especialista podrá acceder a la información de un paciente mediante algún dispositivo terminal, como una computadora, que tendrá acceso a la red que se diseñara. Tanto en el dispositivo terminal del centro de salud de Huayrul como en el terminal del Hospital Regional de Lambayeque se guardará la información del paciente en una base de datos para hacer más fácil la tarea del doctor al momento de dar un diagnóstico al paciente además de evaluar periódicamente su progreso.

Los servicios que brindará la red de telemedicina se concentrarán en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades que afectan a la mayor parte de la población del Centro Poblado de Huayrul. De esta manera, el médico especialista podrá dar un diagnóstico adecuado y un tratamiento eficiente.

Este proyecto a su vez quedará como un antecedente para futuros proyectos de telemedicina en otros centros poblados de Ferreñafe que tienen un índice de pobreza alto y que no están cerca de los centros urbanos donde están los especialistas de las diferentes ramas de la medicina.

A continuación, se presenta el mapa político de la provincia de Ferreñafe.



FIGURA 1-1: MAPA DE LA PROVINCIA DE FERREÑAFE

Fuente: "Mapa de la provincia de Ferreñafe" [INE2007]

1.2 Necesidad de telemedicina en el Centro Poblado Huayrul

Es conocido que la medicina es parte esencial de nuestra sociedad ya que mediante ella se puede consultar por algún problema de salud que padezcamos y así poder recibir el tratamiento indicado para aliviar los malestares. La medicina se ha ido desarrollando extraordinariamente durante los últimos años al igual que las telecomunicaciones. Como una unión de estas dos ramas surgió lo que se conoce actualmente como telemedicina. A continuación, se brindan dos conceptos que tiene telemedicina: según la OMS, es el suministro de servicios de atención sanitaria en los que la distancia constituye un factor crítico; para INSALUD es la utilización de la tecnología de la información y de las comunicaciones de proveer servicios médicos independientemente de la localización de los que ofrecen el servicio y de los que lo reciben, y la información necesaria para la actividad asistencial [BOB2008]. La telemedicina se encarga de proveer servicios de atención sanitaria a distancia y esto es un problema muy común en nuestro país sobre todo en las zonas en las cuales hay localidades muy distantes de otras y no todas cuentan con servicios de salud adecuados.

A continuación, se presentará un mapa donde se pone en claro la lejanía entre el Centro Poblado de Huayrul y el Hospital Regional de Lambayeque tomando como referencia la distancia medida desde la provincia de Ferreñafe. Se logra

apreciar que no hay mucha cercanía entre los dos establecimientos de salud. Además, según datos del INEI, más del 40% de la población de Ferreñafe no pertenece a la población económicamente activa dentro de la edad de personas que si pueden trabajar [INEI].

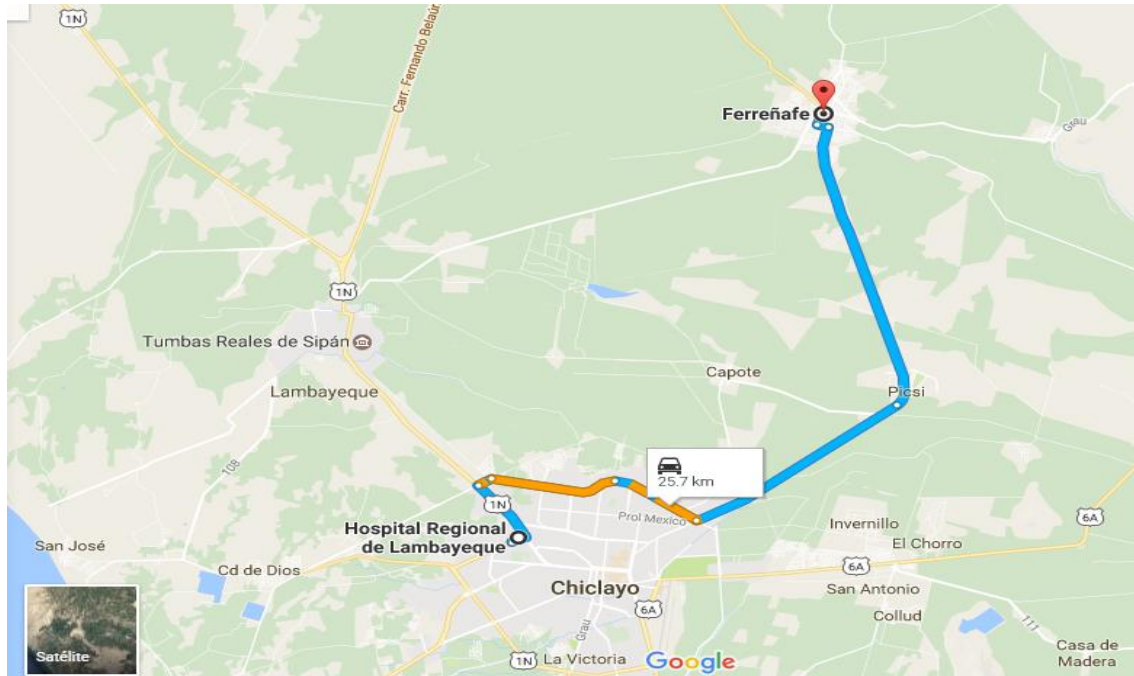


FIGURA 1-2: MAPA DE LEJANÍA ENTRE HUAYRUL Y HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE

Fuente: "Google maps"

1.2.1 Necesidades sociales

La población de Huayrul es afectada por diversas enfermedades entre las que destacan infecciones a las vías respiratorias. Los males de este tipo son comunes en zonas que están a gran altitud como es este caso. La mayor parte del año se producen lluvias y granizadas acompañadas de un clima muy frío que afecta a las personas del lugar y les termina produciendo afecciones a las vías respiratorias provocando diversas enfermedades que muchas veces no son tratadas adecuadamente debido a la carencia económica que sufre la mayoría de la población en este centro poblado. Además, el centro de salud no cuenta con las instalaciones adecuadas para el tratamiento de enfermedades de esta índole. A continuación, se presentará una tabla mostrando las enfermedades que afectan a la población de Huayrul y que enfermedades provocan mayor número de consultas externas [MIN2016].

TABLA 1-1: TABLA DE PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD

CATEGORIAS	0 A 11 AÑOS	12 A 17 AÑOS	18 A 29 AÑOS	30 A 59 AÑOS	60 AÑOS A MAS	TOTAL
INFECCIONES DE LAS VIAS RESPIRATORIAS	180	68	77	113	24	462
HELMINTIASIS	4	29	20	68	19	140
DESNUTRICION	67	1	2	5	9	84
OBESIDAD	0	3	33	61	0	97
INFECCIONES INTESTINALES	21	2	3	12	6	44
LESIONES DE LA PIEL	32	4	1	2	0	39
MICOSIS	1	4	2	12	8	27
ANEMIAS NUTRICIONALES	32	2	2	2	0	38

En muchas ocasiones, las infecciones de las vías respiratorias que no reciben un tratamiento adecuado pueden ocasionar la muerte de las personas como sucede en Huayrul.

Actualmente, el personal del centro de salud está conformado de la siguiente manera:

TABLA 1-2: PERSONAL DEL CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL

MEDICOS	OBSTETRAS	ENFERMERAS	TECNICOS EN EFERMERIA	TECNICOS EN INFORMACION	ODONTOLOGO	PSICOLOGO
1	3	4	6	1	1	1

1.2.2 Necesidades tecnológicas

Actualmente, el centro de salud de Huayrul cuenta con las siguientes tecnologías relacionadas a telecomunicaciones.

TABLA 1-3: TABLA DE TECNOLOGÍA DEL CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL

TELEFONOS	COMPUTADORAS	INTERNET	COMPUTADORAS CON INTERNET
2	6 en mal estado	Si, de baja velocidad	3

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la situación es realmente precaria debido a la poca tecnología con la que se cuenta. Las computadoras con internet son usadas para consulta de enfermeros ante emergencias y para programas de planeamiento familiar. El uso que le dan a esta tecnología no es la mejor, además los trabajadores del centro de salud no cuentan con una adecuada capacitación para el uso de la tecnología. La velocidad de internet con la que cuentan es demasiado baja y resulta siendo en el mayor de los casos muy ineficiente.

1.2.3 Necesidades económicas

Las necesidades económicas de la población de Incahuasi, incluyendo al Centro Poblado de Huayrul, son muy graves ya que es un poblado que es dependiente de la agricultura y ante una mala temporada debido al clima u otros factores las familias pierden buena parte de sus ingresos. A continuación, se mostrará una tabla tomada del INEI con datos recolectados en el censo del 2007 y en el que se reflejará los problemas económicos con los que cuenta la población de este centro poblado [CEN2007].

TABLA 1-4: INDICADORES DE POBREZA DE HUAYRUL

VARIABLE / INDICADOR	Provincia FERREÑAFE		Distrito INCAHUASI	
	Número	%	Número	%
POBLACION				
Población Censada	466346		7532	
Población en viviendas particulares con ocupantes presentes	461978		7425	
POBREZA MONETARIA				
Incidencia de pobreza total	166259	37,6	4123	57,7
Incidencia de pobreza extrema	38463	8,0	1284	16,5

En la tabla anterior notamos la gran cantidad de gente del distrito de Incahuasi que vive tanto en pobreza total como en pobreza extrema y si comparamos con los porcentajes gente en la misma situación en la provincia de Ferreñafe donde se aprecia que la incidencia de pobreza no es tan alta con respecto a Incahuasi. Este factor económico es importante ya que muchas veces esta falta de dinero provoca que la gente no pueda trasladarse con facilidad desde dicho poblado hacia la

ciudad dado el poco ingreso que tienen y muchas veces el único centro de salud al que pueden acceder es el del propio centro poblado que no cuenta con los recursos de personal e implementos sanitarios necesarios.

1.3 Definición de problema y sus causas

El problema principal en este caso es el poco acceso a la atención sanitaria por parte de pobladores de zonas rurales o alejados del centro urbano de la ciudad. La causa principal del problema es la lejanía y pobreza que sufre la mayoría de la población de Huayrul ya que al no contar con los medios necesarios, no les es factible transportarse frecuentemente a las zonas urbanas de Chiclayo, Lambayeque o Ferreñafe. Otra causa sería el hecho de la poca preocupación que da el gobierno regional y nacional a estos poblados alejados ya que no brinda adecuados sistemas de salud con medicinas en buen estado y que sean efectivas.

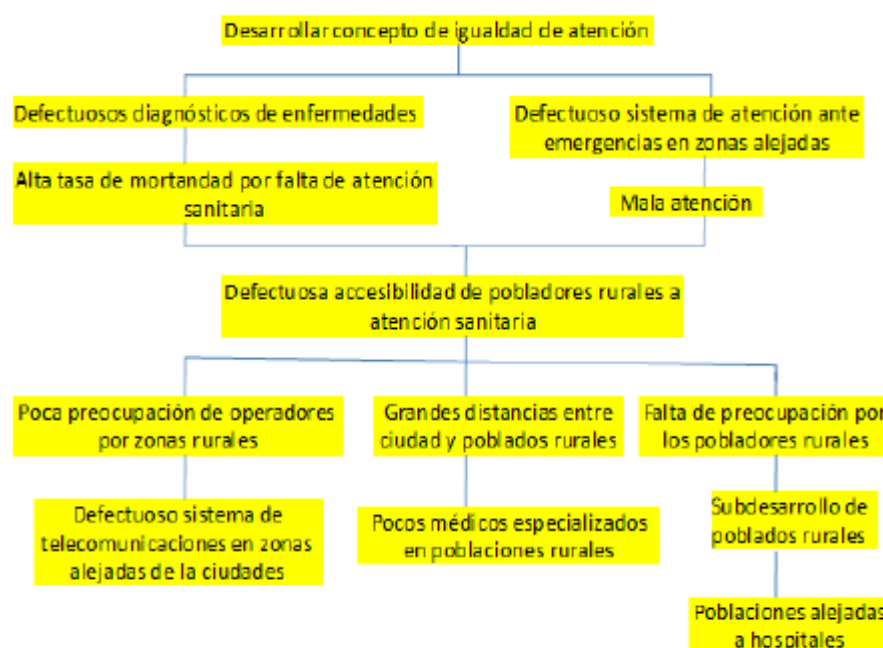


FIGURA 1-3: ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS

Fuente: “Elaboración propia”

1.4 Objetivos del proyecto

Los objetivos del proyecto se resumirán en los siguientes puntos:

1. Mejorar el sistema de atención en el centro poblado de Huayrul:

Se tratará de aumentar la capacidad de atención en el centro de salud de Huayrul gracias a la red de telemedicina debido a que se brindará un mejor tratamiento a los

pacientes.

2. Mejorar el diagnóstico de enfermedades:

El diagnóstico de enfermedades se mejorará ya que habrá especialistas que darán un adecuado diagnóstico a las enfermedades que sufran los pobladores del centro poblado de Huayrul y se podrá dar un tratamiento más efectivo.

3. Disminución de la tasa de mortandad por falta de atención especializada:

El proyecto, en un mediano plazo, tiene como meta disminuir el porcentaje de pobladores que mueren anualmente en el centro poblado de Huayrul debido a enfermedades mal diagnosticadas y tratamientos inadecuados.

4. Sentar el proyecto como precedente a ser aplicado en otras zonas alejadas de los centros urbanos:

A continuación, se mostrará un árbol de objetivos donde se hará un resumen de los problemas a resolverse y los medios que se usarán para lograrlo.



FIGURA 1-4: ÁRBOL DE OBJETIVOS

Fuente: “Elaboración propia”

1.5 Información a transmitir

La información a transmitir se analizará de acuerdo a las enfermedades que se tratan a través de la red de telemedicina. En este caso, se tratarán en su mayoría las enfermedades relacionadas a infecciones de las vías respiratorias ya que este tipo de enfermedades es la que afecta en mayor cantidad a la población de Huayrul.

En general, en proyectos de telemedicina, el rendimiento de los pulmones de los pacientes se lleva a cabo mediante el espirómetro, en esta prueba se ven los volúmenes de funcionamiento pulmonar y de acuerdo a los valores obtenidos se determinan las posibles patologías. Si es posible se debería hacer pruebas de valoración de sonidos respiratorios (mediante un estetoscopio) y evaluación de composición de gases (mediante oximetría). Todas estos exámenes deben realizarse en un consultorio real que estará ubicado en el centro de salud de Huayrul y de alguna manera todos estos datos tendrán que ser trasladados hacia el Hospital Regional de Lambayeque donde se encuentran los médicos especialistas en patologías relacionadas a problemas que afectan sobre todo a los pulmones y que son los más peligrosos en cuanto a infecciones en las vías respiratorias [ROJ2001].

Para el diseño del proyecto, se utilizará un estetoscopio electrónico diseñado especialmente para aplicaciones de telemedicina, el cual permite adquisición, despliegue y reproducción tanto a nivel local como a nivel remoto; además. Debido al alto costo de sistemas de espirómetros profesionales, se propondrá un sistema de espirómetros de bajo costo. Otra buena alternativa sería uso de sonidos respiratorios a nivel de tráquea usando frecuencia pico y la integral del espectro de frecuencia para hacer una adecuada clasificación de las personas con enfermedades relacionadas a problemas pulmonares. Asimismo, se hará un examen de oximetría para calcular la composición de gases que tiene el paciente [ROJ2001].

También se deberá capacitar a los médicos tanto en el centro de salud así como en el Hospital Regional de Lambayeque para que hagan un uso adecuado de los terminales que se usarán para la red de telemedicina; asimismo, se deberán realizar pruebas de comunicación para poder observar que los datos a transmitir lleguen de forma correcta al Hospital Regional de Lambayeque; estas pruebas deberán hacerse considerando el tipo de clima que se posee en Huayrul ya que suelen haber lluvias torrenciales, granizadas y tormentas eléctricas y deberán asegurarse que el sistema funcione correctamente y tener medidas de seguridad ante probables fallas de los equipos por efectos atmosféricos.

Mediante la instalación de estos equipos terminales y de los datos que se transmitirán a través de la red de telemedicina se tienen los siguientes objetivos [ROJ2001]:

- Implementar y evaluar la aplicación de telemedicina para problemas de vías respiratorias. Se está planteando la implementación de un sistema para el tratamiento y diagnóstico de enfermedades pulmonares a distancia. Se debe trabajar en un ambiente de comunicaciones con ancha banda reducida dado el bajo presupuesto para el proyecto.
- Probar diferentes alternativas de diseño con diversos tipos de Test Pulmonar. Esto se deberá realizarse debido a que los dispositivos usados normalmente en telemedicina que son los espirómetros son de un costo muy alto y no sería conveniente en el proyecto, por eso se trata de buscar alternativas de test pulmonar así como el uso de pruebas equivalentes que permitan clasificar a los pacientes de acuerdo al tipo de trastorno pulmonar que posean. En caso no se cuente un test pulmonar que no tenga la calidad suficiente se tendrá que colocar un espirómetro que cumpla con la calidad requerida y que no sea de un costo demasiado alto.
- Evaluar posibilidades de trabajar en tiempo real o en tiempo diferido (usando internet). Debido a que el ancho de banda es limitado, se usarán herramientas que no usen demasiado ancho de banda como correo electrónico y otro medio de envío de archivo de datos para no congestionar el tráfico de la red de telemedicina y estos datos serán recolectados por el médico especialista para que este pueda evaluar al paciente ya sea en tiempo real o diferido y así hacerle un mejor seguimiento y brindar un tratamiento más efectivo.
- Desarrollar un proceso de formación de personal para la telemedicina para problemas relacionados a las vías respiratorias sobre todo pulmones. Esta iniciativa se anda desarrollando en otros países en cursos especiales así como cursos de postgrado relacionados a medicina e ingeniería.

Los resultados esperados a partir de transmitir la información de estos datos

desde el centro de salud de Huayrul hacia el Hospital Regional de Lambayeque serán los siguientes [ROJ2001]:

- Tener un personal especializado para telemedicina en el caso de problemas relacionados a vías respiratorias y recabar la información recibida del centro de salud para poder analizarla y dar un diagnóstico con su respectivo tratamiento.
- Los componentes que elegidos para los equipos terminales en el centro de salud de Huayrul serán de bajo costo y alta calidad para que la factibilidad del proyecto sea adecuada y este mismo proyecto pueda aplicarse a centros poblados.
- Las inter-consultas entre personal médico serán posibles y de esta manera se podrán realizar discusiones, foros para discutir sobre determinada patología ya sea en tiempo real o diferido con un grupo interdisciplinario de especialistas para que de esta manera se pueda obtener un diagnóstico preciso y poder dar el tratamiento más adecuado al paciente, esto se realizará cuando la enfermedad lo amerite.
- Se ayudará a descongestionar el Hospital Regional de Lambayeque debido a que las enfermedades relacionadas a afecciones pulmonares son en mayoría los casos por la cual los pacientes llegan al hospital y dado que podrán recibir un tratamiento adecuado desde el centro de salud de su distrito, no será necesario que vayan al hospital y darán lugar a que las personas que vayan al hospital por casos más graves puedan ser atendidas rápidamente. Además, el hospital reducirá costos de servicios de hospitalización, gastos de materiales e insumos de materiales usados para fines de diagnóstico y tratamiento de enfermedades relacionada a afecciones de vías respiratorias.

Capítulo 2

Marco teórico del proyecto

En este capítulo se hará un estudio sobre las tecnologías que vienen siendo usadas para redes de telemedicina en diferentes lugares; asimismo, se analizan los terminales que se vienen usando en telemedicina para las diversas patologías existentes y sobre todo se analizará la viabilidad de las tecnologías y de los terminales para el uso que el sistema requiere.

2.1 Redes de comunicación usadas en telemedicina

La sociedad de la información ha traído nuevas modalidades de comunicación y transporte de la misma, como resultado de esta tendencia de uso en diferentes sectores se empezó a usar la tecnología de la información para la atención sanitaria y fue denominado como telemedicina. En los últimos años, la telemedicina ha ido progresando enormemente en muchos países sobre todo en Europa y USA donde se aplican eficientemente ayudados también de su desarrollo tecnológico tanto en el área de telecomunicaciones como en el sector de médico.

2.1.1 Elementos de redes de telecomunicación

A continuación se presentan los componentes de las redes de telecomunicación que sirven para el transporte de información relacionada a los síntomas y estado de los pacientes [MAR2009].

- Terminal: Se denomina así al equipo o conjunto de equipos usados para comunicarse (teléfonos, computadoras, equipos médicos de medida, etc.).
- Interfaz: Puntos de conexión que hay para el o los terminales de la red.
- Medios de transmisión: Se denomina así el medio en el cual se transporta la información, también llamados “canales de información” donde se entiende a canal como el medio físico por donde viaja la información de un punto a otro.
- Nodos: Están encargados de transportar y gestionar la información de un terminal a otro a través del medio de transmisión.

2.1.2 Velocidad de transmisión de las redes

La velocidad con la que se transporta la información en el medio físico estará expresado en bits por segundo (bps), kilobits por segundo (Kbps), megabits por segundo (Mbps), gigabits por segundo (Gbps). Un bit es la unidad de información que está dada por un dígito binario ya sea este 1 ó 0. Un byte estará compuesto de ocho bits o un octeto de bits. La velocidad puede ir variando dependiendo del ancho de banda del canal, el cual se define como el rango de frecuencias en el cual puede transmitirse esta información de forma efectiva a través del canal y se expresa en Hertzios (Hz), kilohertzios (KHz), megahertzios (MHz) y gigahertzios (GHz). Un hertzio se podría definir como el número de repeticiones por segundo de una onda electromagnética completa. La relación será directa entre ancho de banda y velocidad de transmisión, es decir, a mayor ancho de banda se podrá tener mayor velocidad de transmisión. Dependiendo de la capacidad de las bandas se puede clasificarlas en banda estrecha y banda ancha [MAR2009].

2.1.3 Clasificación según arquitectura y transporte de información

Según la arquitectura y manera en que se transporta la información, las redes de telecomunicaciones se dividen en redes conmutadas y redes de difusión [MAR2009].

- **Redes conmutadas:** Consiste en una red alternada de nodos y canales de comunicación, es decir a la información se transmite a un nodo a través de un canal. Este a su vez gestionará hacia donde se va la información. Las redes conmutadas se dividen en dos:
 - *En conmutación de paquetes*, el mensaje a transmitir se divide en pequeños paquetes que serán enviados por partes de nodo en nodo siguiendo diversas rutas. En el receptor final, el mensaje será juntado nuevamente y se le entrega al receptor.
 - *En conmutación de circuitos*, se busca y reserva una determinada ruta entre usuarios. Una vez que la comunicación está establecida, esta trayectoria se mantiene durante todo el tiempo que se transmite la información. Con esta técnica se requiere de una señal que reserve diferentes segmentos de red

entre ambos usuarios.

- **Redes de difusión:** Se trata de una red a la cual todos los usuarios están conectados a cierto canal, todos los usuarios podrían recibir el mensaje pero solo lo recibirán aquellos que tengan su dirección como destinatario. Para este tipo de redes, es típico que se use canales de radio aunque también puede realizarse la difusión por medio de canales metálicos. En este tipo de redes se tiene un solo nodo en el cual se pone la información a un canal al cual están conectados todos los usuarios.

2.1.4 Clasificación según medio de transmisión

Los medios de transmisión son los canales de transmisión de la información. Las redes también pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de medio de transmisión que utilicen. A continuación, se presentará la clasificación [MAR2009]:

- **Red alámbrica:** En esta clasificación se incluye medios físicos como cables par trenzado de cobre, cable coaxial y fibra óptica.
 - *Cable de par trenzado de cobre:* Se trata de un par de hilos de cobre aislados trenzados entre sí y cubiertos por una malla protectora. Es usado tanto en transmisión analógica como digital. Es el más económico y tiende a usarse en cable de telefonía fija. Su ancho de banda depende de la sección de cobre que use así como la distancia que tenga que recorrer. Su velocidad dependerá del tipo de cable usado para transmitir.
 - *Cable coaxial:* Consiste en un núcleo de cobre envuelto por una capa aislante; a su vez están cubiertos por una malla metálica para proteger de interferencias; este conjunto de cables está recubierto por una capa protectora. Es usado para transmisión de señales de televisión y de datos a alta velocidad para varios kilómetros. Es importante tener en cuenta que para mayor velocidad de transmisión se podrá cubrir menor distancia.
 - *Cable de fibra óptica:* Usan pulsos de luz a través de fibras

de cristal para transmitir la información. Está compuesto de una fibra de cristal cilíndrico recubierto por una capa concéntrica de revestimiento, esto protege ante interferencias eléctricas haciendo más rápido la transmisión de datos que en el caso de los cables de cobre ya que la señal no se atenúa ni pierde energía muy rápidamente. Si bien el despliegue de cable de fibra óptica es más caro que los anteriormente mencionados, proporciona una mejor calidad de transmisión.

- **Red Inalámbrica:** En este tipo de redes se usan microondas, luz infrarroja, señales de radio y satélites.
 - *Microondas:* Ondas de radio de alta frecuencia. Viajan en línea directa, es decir, para transmitir entre transmisor y receptor debe haber línea de vista. Las curvaturas e inflexiones del muchas veces impiden esta línea de vista; por lo tanto, se tendrán que usar antenas más altas y también se hace uso de repetidores si persiste el problema.
 - *Luz infrarroja:* Consiste en la emisión y recepción de haces de luces, el emisor y receptor deben tener vista directa dado que la luz viaja en línea recta y ante una pequeña curvatura se distorsionaría la señal.
 - *Señales de radio:* Consiste en la emisión y recepción de señales de radio; por lo tanto, el emisor y receptor deben estar sintonizados a la misma frecuencia. No es necesario visión directa para la transmisión de datos.
 - *Satélites:* Consiste en el uso de satélites para transportar la información entre emisor y receptor. Su desventaja es que el costo de utilización del satélite es alto mientras que su velocidad no es tan alta pero su ventaja consiste en que no es necesario tener una red instalada para poder hacer uso de este tipo de red.

2.1.5 Redes de comunicación usados en telemedicina

2.1.5.1 Red mediante líneas eléctricas

Es un sistema de telecomunicaciones que se basa en el uso de las líneas de distribución eléctrica para la transmisión de información. El sistema PLC (Power Line Communication) ofrece conectividad de banda ancha de alta velocidad para envío de datos, señales de control e información usando las redes eléctricas [MAR2009].

Antes de empezar sobre PLC, se deben dar a conocer los diferentes tipos de redes eléctricas que existen actualmente. En primer lugar, se tienen las redes de alta tensión que se encargan de transportar la energía desde el primer transformador-amplificador a la primera subestación de transporte. Los valores de tensión eléctrica que transportan se encuentran en el orden de 220 y 400 Kv. En segundo lugar, se tiene a las redes de media tensión, su función es convertir energía eléctrica en valores de tensión inferiores con valores que se encuentren entre 15 y 20 Kv. Finalmente, se tiene las redes de baja tensión que se encarga de una última reducción de tensión para poder suministrar electricidad a los domicilios y la reducción de voltaje se dará hasta 220 voltios y 120 voltios. La energía eléctrica se distribuirá hacia cada abonado como corriente alterna de baja frecuencia (50 o 60 Hz) [MAR2009].

El sistema PLC centra su atención en el tramo de Baja Tensión de la red eléctrica pero en alta frecuencia. El sistema PLC comparte la línea eléctrica con el envío de diferentes rangos de frecuencia. Los rangos de frecuencia se encontrarán entre 1.6 y

30 MHz, es decir, en la banda de alta frecuencia [MAR2009].

Entre las principales características de sistemas PLC se encuentran [MAR2009]:

- No es necesario obra civil ya que las redes eléctricas son usadas para transmisión de voz y datos. Es más accesible llegar a cualquier punto geográfico.
- Posibilidad de lograr conexión desde cualquier punto del hogar con el uso de uno o hasta dos módems.
- Conexión permanente las 24 horas del día.

- La instalación es rápida y simple.
- El ancho de banda para transmisión de datos, voz y video se realizan a una velocidad bastante aceptable.
- Se usan microfiltros para evitar interferencia con los electrodomésticos del hogar.

Para el uso de esta tecnología se debe contar con los siguientes dispositivos [MAR2009]:

- Módem PLC: Instalado en el hogar del cliente y permitirá la transmisión de datos así como el servicio telefónico por voz.
- Repetidor: Dispositivos que se conectará con el modem del usuario. Su función es regenerar señales PLC y permitir la conexión de hasta 256 módems.
- Dispositivo Head End: Dispositivo ubicado en las compañías eléctricas. Son equipos preparados para conectarse con redes IP.

El envío de información usando PLC es muy atractivo dado que a través de las redes eléctricas se puede suministrar señales de telecomunicaciones, es decir, las redes de baja y media atención se convierten en acceso a banda ancha a través de los enchufes tradicionales permitiendo diversos servicios como conectividad de alta velocidad, telefonía IP, aplicaciones multimedia, servicios de domótica; asimismo, se hará medición y control de diferentes variables de forma remota para gestión de seguridad de la red permitiendo la aplicación de códigos de seguridad y la encriptación de la información; además, se puede proporcionar diversas aplicaciones para el área de telemedicina [MAR2009].

2.1.5.2 Red mediante fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión de información que utiliza ondas de luz como portadora de información. La fibra óptica es una de las tecnologías más usadas en el siglo XXI y permite integrar en el mismo canal varios servicios de telecomunicaciones [MAR2009].

La trayectoria que sigue el haz de luz a través de la fibra óptica se determina modos de propagación. Según el modo de propagación, la fibra se divide en dos [MAR2009]: Fibra multimodo: Consiste en que se pueden guiar muchos

modos a través de la fibra óptica donde cada uno de estos modos seguirá un camino diferente. Esta característica ocasiona que su ancho de banda sea inferior que al de las fibras monomodo. Es usado de preferencia para comunicación en distancias pequeñas, hasta 10 km.

Fibra monomodo: Su principal característica es que el diámetro de su núcleo es tan pequeño que solo permite la propagación de un único modo que es propagado directamente y sin reflexión. Esta característica causa que su ancho de banda sea muy elevada. Es usado de preferencia para comunicación a grandes distancias, de preferencias superior a los 10 km.

En sistemas de comunicaciones basados en fibra óptica existe un emisor que se encarga de emitir haz de luz para transmisión de datos. Los emisores pueden ser de dos tipos: LED (Diodo emisor de luz) y LASER. En el otro extremo se tiene un detector óptico o receptor que sirve para transformar la señal de la luz que llega de la fibra en señales eléctricas. En los últimos años, los sistemas de fibra óptica se han convertido en una de las tecnologías más avanzadas usada para la transmisión de información. Logra el transporte de información a mayor velocidad y disminuir en gran medida los ruidos e interferencias. Se ha planteado varias aplicaciones para fibra óptica además de telefonía como son: computación, sistema de televisión por cable, transmisión de información de imágenes de alta resolución, etc. [MAR2009].

Las características de la fibra óptica respecto a otros medios físicos son las siguientes [MAR2009]:

- Ancho de banda: Las fibras ópticas podrían llegar hasta alrededor de 1THz aunque este rango no es usado en nuestros días. Su ancho de banda excede ampliamente al de los cables de cobre.
- Bajas pérdidas: Las pérdidas para el caso de fibra óptica no se verá afectado con la frecuencia como sucede en el caso de los cables de cobre. La baja atenuación ocasiona una mayor distancia entre repetidores (más de 100 Km.).
- Inmunidad electromagnética: La fibra no irradia y no es sensible a las radiaciones electromagnéticas.
- Confidencialidad: Es muy complicado intervenir una fibra. Es muy

seguro como medio de transmisión ya que no puede captarse lo que se transmite mediante antenas al no irradiarse energía electromagnética.

- Seguridad: Es apta para ser utilizada en ambientes peligrosos. Dado que no es conductor no presenta peligro de descargas eléctricas.
- Bajo Peso: Pesa considerablemente menos que los cables de cobre.

Algunas desventajas de usar fibra óptica serían [MAR2009]:

- Sólo se podrá instalar en zonas donde ya está provista la red de fibra óptica.
- El costo de la conexión de fibra óptica es elevada ya que no se cobra por utilización sino por transmisión de información al ordenador que se mide en MB.
- El costo de instalación de fibra óptica es elevado.
- La fibra óptica es muy frágil.
- Los conectores que se usan son de disponibilidad limitada.
- Los cables de fibra roto son difíciles de ser reparados.

2.1.5.3 Red mediante radio enlaces IP

Con el desarrollo de las tecnologías de comunicaciones inalámbricas que se han ido desarrollando durante los últimos años y dado el uso de bandas libres tanto en banda de 2.4 GHz y de 5.8 GHz se permite ofrecer fáciles soluciones basados en radio enlaces IP punto a punto. Los radio enlaces IP punto a punto sirven para cubrir distancias grandes para operación de determinados codificadores de audio y video en función de las necesidades de transporte de señal que el cliente necesite [ICC2011]. Opcionalmente para hacer un buen uso del rendimiento de radiofrecuencia y para el ahorro de energía eléctrico se puede utilizar alimentación a través de un PoE, es decir, alimentación a través de la línea Ethernet [ICC2011].

Este tipo de radio enlaces suele usarse para enviarse voz, datos e internet desde un centro emisor hacia un centro remoto el cual recibirá las señales con la información requerida. Dado que por una sola unidad de

Radiofrecuencia se puede enviar varias señales a la vez; entonces, será un producto muy útil para ser aplicado por muchos proveedores de servicios de internet así como por proveedores de líneas telefónicas [ICC2011].

Entre las principales ventajas de los radios enlaces IP se puede mencionar los siguientes [ICC2011]:

- Transmisión 100% Digital
- Multicanal y multidispositivo, un mismo enlace se puede utilizar para transportar múltiples canales de audio y voz independientemente.
- Facilidad de instalación y ajuste.
- Buena directividad de antenas para evitar interferencias con otros servicios.
- Cubre distancias mayores de 25 Km.
- Tiene un bajo costo de instalación y mantenimiento.
- Trabaja en bandas libres.
- Optimiza la utilización del espectro radioeléctrico.
- No requiere de mucho consumo eléctrico.

2.1.5.4 Red basada en tecnología HF y VHF

La tecnología HF y VHF es ampliamente usada en comunicaciones de voz semi - dúplex pero también puede ser usada para comunicaciones de datos. Esta tecnología ha sido usada por EHAS para las algunas redes de telemedicina que se hicieron para comunidades rurales dado su velocidad, calidad, robustez y sobre todo por el bajo costo del equipamiento. Otra de las ventajas es que esta tecnología no necesita línea de vista entre equipos terminales y es factible las comunicaciones sin importar demasiado lejanía y condiciones topográficas. Los servicios que se pueden brindar con tecnología VHF y HF serán explicados a continuación [EHA2011].

Servicios de voz

Las bandas en las que se trabajan son 30 – 3000 MHz. Usar esta tecnología resulta fiable para comunicación de zonas de cobertura de corta y media distancia que no tienen visibilidad directa. En la banda VHF es posible conectar estaciones con una buena calidad de voz en un radio aproximado

de 50 km. (esto depende de la zona). Esta banda presenta una gran estabilidad debido a que no es dependiente de las condiciones ambientales o del instante del día. En la banda HF (3 – 30 MHz) permite comunicaciones de larga y muy larga distancia gracias al fenómeno denominado propagación ionosférica. Dicha propagación consiste en reflexión de señales de radiofrecuencia en las capas altas de la atmósfera (situada a unos 250 km. de altitud). El principal defecto de HF es la baja calidad de transmisión ya que dichas señales están expuestas a diversos efectos de distorsión como absorción atmosférica, elevado ruido, multicamino, etc. Además, las transmisiones son muy dependientes del momento del día, estación del año, actividad de manchas solares, tormentas ionosféricas, entre otros factores medio ambientales que podrán hacer que la señal no se transmita con atenuaciones e interferencias en esta banda [EHA2011].

Servicios de datos

La transmisión de datos será un complemento valioso a la comunicación de voz ya que se aprovechan los mismos equipos usados para voz. Las estaciones clientes están equipadas por una PC de usuario, un router radio independiente, conectado por red Ethernet, encargado del interfaz entre PC y radio transceptor. Las velocidades que se pueden transmitir a través de un canal de radio son relativamente bajas (9.6 Kbps para VHF y 2.5 Kbps para HF) pero esta velocidad será suficiente para transmitir correo electrónico, acceder a páginas web e incluso mensajería instantánea. Tanto en VHF como en HF, la topología más habitual de las redes EHAS es la centralizada en la que varios clientes se conectan a un solo servidor que tiene salida a Internet.

Pasarela a la Red Telefónica Conmutada (RTC)

La solución tradicional usada para acceso a la línea telefónica desde estaciones de radio es el uso de un dispositivo hardware llamado phonepatch. Mediante este dispositivo, un usuario de la radio puede a través de micrófonos con teclado DTMF realizar y recibir llamadas dentro de la red telefónica. Sin embargo, también se podría usar telefonía por internet (VoIP: Voz sobre IP) cuyo uso está en expansión. Para trabajar con Asterisk (centralita telefónica software más popular actualmente) en el proyecto

EHAS se desarrolló un phonepatch software. Este phonepatch para Asterisk es totalmente configurable y compatible con transceptores que trabajan tanto en HF como VHF. El esquema de red será parecido al de transmisión de datos con un servidor en un punto central conectado a Internet (VoIP) o RTC, y este es usado como estación de enlace para comunicación con otros clientes. De esta manera, se puede realizar y recibir llamadas a través de la red EHAS con teléfonos IP (sin costo) y a través de la red análoga (llamadas salientes, usando tarjetas prepago para no complicar el sistema de tarificación usado) [EHA2011].

Limitaciones

- La comunicación de datos resulta siendo demasiado lenta limitando en muchos casos los servicios a los que se puedan acceder ya que por ejemplo no puede producirse comunicación de voz y datos a la misma vez.
- Los equipos para transmisión consumen mucha energía eléctrica, lo cual aumenta costos de instalación y reduce el tiempo que está disponible el enlace durante el día.
- La voz semi - dúplex será difícil de ser adaptada a la red telefónica y se necesitará operar en frecuencias licenciadas lo cual implica mayores costos y todo un trámite adicional algo engorroso.

2.1.6 Red de comunicación elegida para la red de telemedicina

Para el proyecto de red de telemedicina, se analizaron cuatro diferentes casos. En primer lugar, se descartó el uso de PLC dado que los equipos que trabajan en la central eléctrica son demasiados caros; además, se estaría dependiendo del sistema de red eléctrica que usualmente falla ante grandes tormentas y descargas eléctricas lo que es usual en el clima donde se desarrolla el proyecto. En segundo lugar, se descarta el uso de fibra óptica dado que su implementación y tendido implica un costo demasiado caro pese a que es la mejor opción en cuanto a velocidad y manejo de pérdidas, etc. resulta siendo demasiado cara para el proyecto a implementar que busca ahorro de costos. En tercer lugar, entre las redes de VHF y los radio

enlaces IP, se escoge la segunda alternativa básicamente por el hecho de que en los radio enlaces IP se pueden transportar tanto voz como datos además que pueden cursar un gran tráfico y esta es una característica muy importante y diferenciadora ya que en radio enlaces VHF solo se puede transportar o bien voz o datos; además, los radio enlaces IP son muy fáciles de implementar y no demandan un gran costo en cuanto equipos y despliegue de los mismos; por lo tanto, se usará un radio enlace IP para comunicar el centro de salud de Huayrul que será el centro emisor hacia el “Hospital Regional de Lambayeque” que será el centro remoto a donde se enviarán los datos para que los médicos especialistas atiendan las diversas enfermedades sobre todo en problemas de infecciones de vías respiratorias.

2.2 Terminales de acceso al usuario:

2.2.1 Electrocardiógrafo portátil

Mediante la electrocardiografía se evalúa la actividad eléctrica del corazón y la vez grabar y realizar trazados de ECG de alta calidad y fiabilidad que pueden ser transmitidos a través de cualquier vía telefónica desde cualquier lugar con acceso a línea telefónica [ITM2011].

El funcionamiento de este electrocardiógrafo será simple ya que el doctor tratante obtiene el resultado del ECG siguiendo ciertos protocolos para luego hacer un diagnóstico apropiado de la patología o hacer el seguimiento de la patología que tiene el paciente; luego, el electrocardiógrafo en el centro de salud donde se encuentra el paciente realiza la toma del ECG y se realiza el trazado que será transmitido por el mismo dispositivo poniendo los datos básicos del paciente. Todo este proceso se realizará a través de la línea telefónica convencional y todo el resultado obtenido del paciente será procesada y generará un informe electrocardiógrafo elaborado por el especialista. A través de esta red de telefonía donde funciona este dispositivo, también se podría realizar una interconsulta entre el paciente y el especialista para que el especialista pueda tener datos adicionales que requiera del paciente y así determinar adecuadamente la enfermedad del paciente o hacer un monitoreo más adecuado del progreso del paciente [ITM2011].



FIGURA 2-1: ELECTROCARDÍOGRAFO PORTÁTIL

Fuente: "Electrocardiógrafo" [ITM2011]

2.2.2 Espirómetro

Este dispositivo es un equipo tipo turbina que realiza interrupción de infrarrojos con posibilidad de recolectar datos de saturación de oxígeno en sangre periférica (SpO₂) y cada uno de estos datos puede ser registrado en una memoria interna que garantizará las confiabilidad de las mediciones para lograr un buen diagnóstico. El espirómetro servirá para la detección o el seguimiento de patologías respiratorias como son EPOC (enfermedad obstructiva crónica), asma, fibrosis pulmonar y otras enfermedades relacionadas a vías respiratorias [ITM2011].

El funcionamiento del dispositivo es muy simple ya que cuando el médico tratante desea tener un diagnóstico sobre una patología bronco-pulmonar, solicita dicho estudio y el paciente a través del espirómetro realizará una maniobra denominada "expiración forzada" con el cual se realizarán una serie de cálculos que dependerán de ciertos datos del paciente como son edad, peso, talla, sexo. Posteriormente, estos datos son transmitidos a través de las líneas telefónicas hacia el centro de salud donde se encuentra el médico especialista sobre enfermedades de vías respiratorias (neumólogo) y a través de un análisis de variables y percentiles llega a una conclusión sobre el estado respiratorio de la persona y determinará el tratamiento más adecuado dependiendo de la dolencia y gravedad que tenga la enfermedad de dicha persona [ITM2011].



FIGURA 2-2: ESPIRÓMETRO

Fuente: "Espirómetro" [ITM2011]

2.2.3 MAPA (Presión arterial de 24 horas)

Registra la presión arterial sistólica y diastólica del paciente durante el día mientras este realiza sus actividades rutinarias. El examen se realizará para confirmar o diagnosticar si la persona sufre de hipertensión arterial; asimismo, se usará para dar un monitoreo a los pacientes ya diagnosticados y poder darles el tratamiento adecuado para la hipertensión. Este método es más fiable dado que el paciente al no encontrarse con el doctor al lado no siente ningún tipo de presión extra y se podrá determinar adecuadamente si el paciente sufre de hipertensión si este presenta los síntomas mientras realiza sus actividades cotidianas [ITM2011]. El examen se realizará mediante un tensiómetro digital portátil que el paciente estará portando durante todo el día. El dispositivo irá realizando tomas de la presión arterial de forma sistemática mediante un manguito conectado a él y esta información la almacenará en memoria. Al finalizar, la información almacenada será descargada hacia una PC a través de un software que requerirá como entrada datos de paciente como antecedentes, medicación, síntomas y algún otro dato relevante para que posteriormente toda esta información sea transmitida hacia el médico especialista a través de internet. Una vez que el médico especialista reciba la información, procederá a analizarla y diagnosticar el estado en el que se encuentra el paciente ya sea para diagnosticar o darle el tratamiento adecuado [ITM2011].



FIGURA 2-3: HOLTER - PRESIÓN

Fuente: "Holter - presión" [ITM2011]

2.2.4 Holter de ritmo

Es un sistema capaz de registrar el electrocardiograma (ECG) del individuo para que posterior el especialista pueda evaluar y analizar. Para este sistema se dispondrá de un sistema de electrodos, una grabadora y un electro analizador. Se analizará la actividad cardíaca permanentemente durante todo el día y lleva un registro de las actividades diarias de un individuo. Este registro será entregado al médico especialista para que haga el seguimiento del paciente y darle un tratamiento adecuado [ITM2011].



FIGURA 2-4: HOLTER DE RITMO

Fuente: "Holter de ritmo" [ITM2011]

Capítulo 3

Determinación de necesidades del centro de salud desde el punto de vista de las telecomunicaciones

3.1 Principales actividades médicas

En el centro de salud de Huayrul se diagnostican y tratan diversas enfermedades entre las que se encuentran:

TABLA 3-1: ENFERMEDADES CON MAYOR ATENCIÓN

ORDEN	ENFERMEDADES ATENDIDAS
1	Infecciones respiratorias agudas (IRAs)
2	Enfermedad diarreica aguda (EDA) / Anemias
3	Traumatismos

Así mismo estas enfermedades se dan durante todo el año; sin embargo, como es fácil de pensar, las enfermedades de vías respiratorias que se atenderán en la red de telemedicina ocurren sólo en cierto período del año, es decir, en la llamada temporada de friaje que se da entre los meses de mayo y septiembre, en los que los incrementos de casos de enfermedades de este tipo llegan a niveles alarmantes sobre todo en niños menores de 5 años y personas mayores de 60 años.

En el siguiente gráfico se muestra los incrementos de casos de infecciones agudas respiratorias para niños menores de 5 años en Incahuasi:

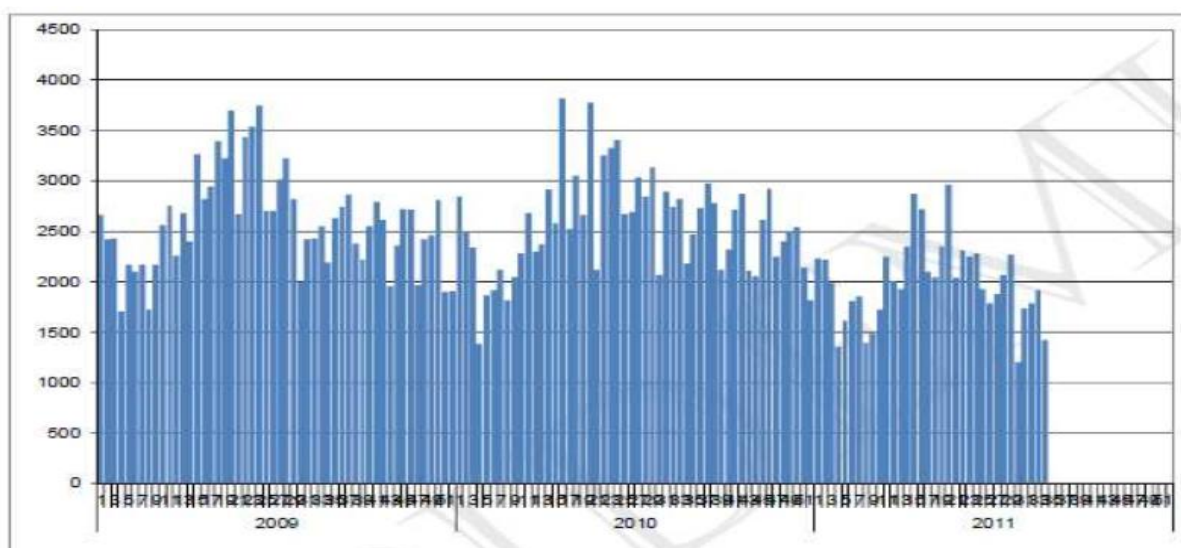


FIGURA 3-1: CASOS DE INFECCIONES DE VÍAS RESPIRATORIAS AGUDAS PARA NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS EN INCAHUASI

Fuente: “Distribución de casos de IRAs por años” [BOL2011]

Si bien este gráfico es solo para niños menores de 5 años, en realidad,

ellos constituyen la mayoría de personas que sufren de enfermedades respiratorias agudas y acá se aprecia claramente que entre los meses mencionados del año ocurren en mayor proporción este tipo de enfermedades.

3.2 Población beneficiada con la posta médica de Huayrul

Según datos del INEI, el centro poblado Huayrul cuenta actualmente con 739 personas cuyas edades están distribuidas como se aprecia más adelante [INEI2011].

TABLA 3-2: POBLACIÓN DE HUAYRUL EN LOS AÑOS 2012, 2013, 2014 Y 2015

AÑOS	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015
DISTRITO	HUAYRUL	HUAYRUL	HUAYRUL	HUAYRUL
TOTAL	7523	7724	7784	7936
- 1 año	149	174	173	199
1 año	149	170	172	190
2 años	150	173	171	184
3-4 años	299	346	346	361
5-9 años	782	866	859	943
10-19 años	1601	1740	1736	1824
20-24 años	719	696	709	600
25-29 años	627	588	594	525
30-34 años	533	540	542	493
35-39 años	480	493	500	469
40-44 años	439	420	427	405
45-49 años	372	358	364	354
50-54 años	313	301	307	313
55-59 años	247	246	256	293
60-64 años	197	193	198	205
65-69 años	157	151	155	183
70-74 años	121	119	121	167
75-79 años	89	84	85	116
80 y + años	99	66	69	112

A partir de esta tabla y considerando la población total de Huayrul, se calcula cual será la tasa de crecimiento poblacional para hacer una proyección. A partir de esta tabla se verán los crecimientos entre año y año para ver el crecimiento poblacional:

- Entre 2012 y 2013: Tasa de crecimiento = $(700-682)/682 = 2.67\%$
- Entre 2013 y 2014: Tasa de crecimiento = $(722-716)/716 = 0.78\%$
- Entre 2015 y 2016: Tasa de crecimiento = $(739-724)/724 = 1.95\%$

Para facilitar cálculos y que no hayan complicaciones de crecimiento poblacional para este distrito y dado que del último censo no contamos con una tasa de

crecimiento poblacional del INEI, se obtiene un promedio aritmético simple de los últimos 3 crecimientos poblacionales y se asume que esa tasa de crecimiento poblacional para hacer la proyección de población de este distrito en los siguientes años: Tasa de crecimiento poblacional a usar = $(2.67\% + 0.78\% + 1.95\%) / 3 = 1.8\%$. Debe considerarse que este valor es relativo, solo es una aproximación al verdadero crecimiento poblacional que se puede aplicar, a continuación se muestra un cuadro con la proyección de población de Huayrul hasta el año 2026 tomando como año base o año cero al 2011.

TABLA 3-3: PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE HUAYRUL HASTA EL AÑO 2026

AÑOS	Población Huayrul
2011	7936
2012	8079
2013	8225
2014	8374
2015	8525
2016	8679
2017	8836
2018	8996
2019	9158
2020	9323
2021	9491
2022	9662
2023	9836
2024	10014
2025	10195
2026	10379

Antes de realizar la tabla de cuanta población se puede atender con la red de telemedicina, se debe mencionar cuantas personas son atendidas en el Centro Poblado de Huayrul según el MINSA. Los datos están actualizados solo hasta el año 2015. Por lo tanto, se hará una pequeña proyección hasta el año 2017 [ATE2011].

TABLA 3-4: ATENDIDOS Y ATENCIONES EN EL DISTRITO DE HUAYRUL ENTRE EL AÑO 2009 Y 2011

Año	Atendidos	Atenciones
2015	2654	12939
2016	2675	13040
2017	2728	13295

Para el sistema de telemedicina se trabajará con equipos que hagan una equivalencia de cinco doctores de cabecera y aproximadamente dos doctores avocados a los casos de IRA dado los equipos espirómetros con los que se contará. Estos cinco médicos atenderán aproximadamente 4000 pobladores según datos proporcionados de OMS para relación entre cantidad de médicos por cantidad de pobladores con los cuales se evaluará si la atención es suficiente, adicionalmente se evaluará bajo el mismo criterio de pobladores por cantidad de médicos para el caso de las enfermedades IRAs, en este caso será una atención a 1600 pobladores que sufran enfermedades IRAs ya que se realizará la equivalencia de dos doctores especializados en IRAs en el centro de salud de Huayrul.

Una vez realizadas las proyecciones en el año 2017 y la cantidad de pobladores a los cuales se puede atender con el sistema de telemedicina, se hace una tabla con población atendida de Huayrul así como atenciones realizadas y el porcentaje de atenciones de enfermedades IRAs que son aproximadamente el 33% de atención de la provincia de Ferreñafe según datos de la Dirección Regional de Salud de Lambayeque. Adicionalmente, se puede apreciar la capacidad ofrecida de atenciones que soportará la red gracias a al número de dispositivos con el que contará el sistema de telemedicina.

TABLA 3-5: TABLA DE ATENDIDOS Y ATENCIONES EN GENERAL Y CASOS IRA (DESDE 2011 – PROYECCION AL 2026)

Año	Atendidos	Atenciones	Atenciones IRAs (33%)	Atendidos IRAs	Capacidad atendidos total	Capacidad atendidos IRAs
2011	2728	13295	4388	901	4000	1600
2012	2778	13535	4467	917	4000	1600
2013	2829	13779	4548	934	4000	1600
2014	2880	14028	4630	951	4000	1600
2015	2932	14281	4713	968	4000	1600
2016	2985	14539	4798	986	4000	1600
2017	3039	14801	4885	1004	4000	1600
2018	3094	15068	4973	1022	4000	1600
2019	3150	15340	5063	1040	4000	1600
2020	3207	15617	5154	1059	4000	1600
2021	3265	15899	5247	1078	4000	1600
2022	3324	16186	5342	1098	4000	1600
2023	3384	16478	5438	1117	4000	1600
2024	3445	16775	5536	1137	4000	1600
2025	3508	17077	5636	1158	4000	1600
2026	3572	17385	5738	1179	4000	1600

De acuerdo con las proyecciones realizadas, se puede apreciar que bastará con tener una equivalencia de cinco doctores de medicina general y dos doctores especializados en enfermedades IRAs para poder atender las necesidades de la población de Huayrul.

3.3 Determinación de necesidades desde el punto de vista de telecomunicaciones y cómputo

De acuerdo a las visitas realizadas y las proyecciones hechas para la zona, se ha podido determinar sus necesidades de equipamiento que son las siguientes:

- Telefonía VoIP
 - Dos líneas VoIP para atención médica que sirvan como soporte a las diversas consultas que puedan hacer los médicos a especialistas que se encuentren en el Hospital Regional de Lambayeque.
 - Cuatro líneas VoIP para comunicación del área administrativa del centro de salud con personal administrativo del “Hospital Regional de Lambayeque”. para que se puedan comunicar con otros establecimientos de salud y otras personas para el intercambio de información adecuado y para que la atención se realice de manera más eficiente.
- Sistemas de Video Conferencia
 - Se contará con dos sistemas de video conferencia IP para poder comunicarnos directamente con el doctor especialista como si se encontrará presente en la misma sala. Además, a través de este sistema de video conferencia no solo se transmite voz e imagen, ya que adicionalmente se pueden transmitir datos en formatos de presentaciones Power Point, estadísticas, etc.
- Equipos especializados en enfermedades IRA
 - Para el caso de enfermedades IRA, se contará con dos equipos espirómetros que son los elementos más utilizados actualmente en telemedicina para atender problemas de infecciones respiratorias agudas. Estos equipos evalúan el rendimiento de los pulmones así como otros elementos pertenecientes a las vías respiratorias y este equipo te dará un resultado acertado sobre los defectos que se tiene en las vías respiratorias y dichos resultados podrán ser enviados a través de la red de telemedicina.
- Equipos básicos de auscultación
 - Se usarán dos estetoscopios electrónicos que básicamente sirven

para poder escuchar los sonidos tanto del corazón como del pecho para evaluar que tan bien vienen trabajando los pulmones y evaluarlos. Estos equipos también estará conectado a la red a través de una computadora y se transmitirá los sonidos a través de dicha red y se escuchará al otro lado tal cual podría escucharlo si lo estuviera auscultando directamente.

- Equipos de cómputo
 - Se usarán dos equipos de cómputo para la atención médica a las cuales se conectarán 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 para que el doctor especialista pueda evaluar de manera eficiente al paciente atendido en el centro de salud de Huayrul. Por otro lado, dado que los equipos de cómputo estarán conectados a internet, las personas encargadas en el centro de salud también podrán consultar sobre diversos temas a través de estos equipos de cómputo.
 - Se usarán seis computadoras con acceso a internet para el área administrativa del centro de salud de Huayrul para una buena comunicación y permanente con el Hospital Regional de Lambayeque ya que estarán comunicados directamente a través del radio enlace y así poder intercambiar información sobre medicinas y diversos elementos médicos que tal vez puedan estar faltando en el centro de salud. A la vez al contar estos equipos con internet también se puede realizar consultas con otros centros de salud para también poder intercambiar información importante.

3.4 Determinación del ancho de banda

En esta sección, se estudian las diferentes tecnologías con las que se cuenta en el centro de salud desde el punto de vista de telecomunicaciones así como del equipo de telemedicina que se usará. Con los datos anteriores, se puede hacer un apropiado cálculo de la cantidad de información que se va a transmitir y de esta manera poder calcular el ancho de banda que se utiliza para transmitir entre el centro de salud de Huayrul y el Hospital Regional de Lambayeque.

3.4.1 Ancho de banda para teléfonos VoIP

En total se tiene 6 abonados para los teléfonos VoIP, dos serán de la parte de telemedicina y cuatro serán asignados para la parte administrativa, se hará un aproximado de minutos por mes para poder hacer el cálculo apropiado de Erlangs. Se asume que se comunicarán para la red de telemedicina alrededor de 1800 minutos durante el mes alrededor de 90 minutos diarios. Por otro lado, se asume que la parte administrativa se comunicará alrededor de 800 minutos durante el mes y alrededor de 40 minutos diarios [FER2008].

- Parte de telemedicina = $1800 \times 2 = 3600$ minutos / mes
- Parte administrativa = $800 \times 4 = 3200$ minutos / mes
- Total de minutos x mes = 6800 minutos / mes
- Minutos por día = $6800 / 20 = 340$
- Minutos por día (8 horas de día laborable) = $340 + 10\% = 374$

A continuación, se asume que durante la hora más cargada se usa alrededor del 30% del sistema, es decir, el factor de hora cargada. A continuación se procede a hallar los Erlangs.

Erlangs = (Minutos por día) x (Factor de hora ocupada) / 60 = 1.87 Erlangs

Ahora usando la calculadora de Erlangs B, y asumiendo que por defecto salvo que se indique lo contrario se asume que la probabilidad de pérdida de llamada es de 1%, se halla cuántas líneas serán necesarias [FER2008].

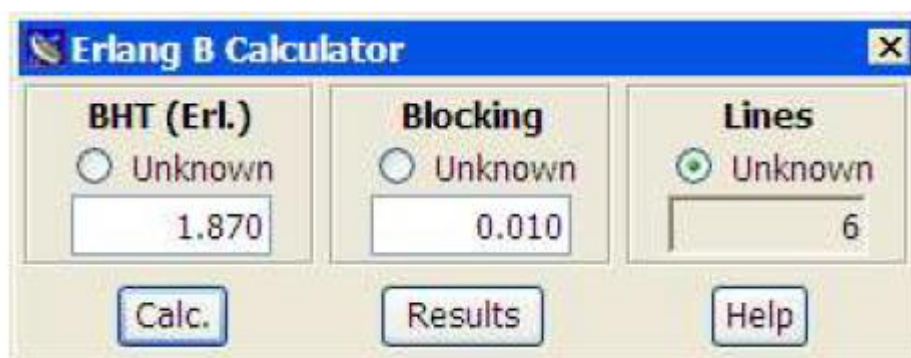


FIGURA 3-2: CÁLCULADORA DE LAS LÍNEAS NECESARIAS A PARTIR DE LOS ERLANG

Fuente: "Erlang B Calculator"

Para realizar este cálculo se debe elegir el códec de voz adecuado que sirven para muestrear la voz analógica y comprimirlo en paquetes de datos que serán enviados por la red de datos [FER2008].

Se procede a analizar diferentes tipos de códec de voz y compararlos entre ellos para de esta manera poder elegir la mejor opción. En el siguiente cuadro se muestra diversas características de los códec de voz G.711, G.723.1, G.726 y G.729 [CHR2004].

TABLA 3-6: RELACIÓN DE CÓDEC DE VOZ ELEGIBLES PARA TELEFONÍA VOIP

CODEC	ALGORITMO	FRECUENCIA DE MUESTREO KHz	RETARDO	TASA DE BITS POR SEGUNDO Kbps	TASA DE BITS POR SEGUNDO PARA IP Kbps	FACTOR DE COMPRESION
G.711	PCM (Pulse-code modulation), ley-A, ley- μ	8	1	64	87,2	2
G.723.1	ACELP (Algebraic code-excited linear prediction)	8	1	5,3	21,9	24,15
				6,4	20,8	20
G.726	ADPCM (Adaptative differential pulse-code modulation)	8	0,125	32	55,2	3,2
G.729	CS-ACELP (Conjugate-structure ACELP)	8	15	8	31,2	16

El códec G.711 es descartado dado su gran alta tasa de bits para el caso de IP y se necesitaría un mayor ancho de banda para una comunicación adecuada. Por otro lado, el códec G.729 es descartado dado su alto retardo comparado con los demás códec. Por último, entre los códec G.723.1 y G.726 se escogerá el códec G.726 dado su bajo retardo que posee además de que cuenta con un factor de compresión mucho más bajo en relación con el códec G.723.1.

A partir de esto, se halla el ancho de banda real que se usará dado el códec de voz

G.726. Se tendrá que analizar que ancho de banda será el que se envía hacia la red de datos. El contenido de la trama Ethernet se compone de una cabecera MAC (18 bytes) y luego los bytes a transmitir. En la parte de datos, se encapsulan las cabeceras de las capas superiores del modelo OSI: cabecera de protocolo IP

en la capa de red (capa 3), cabecera de protocolo UDP en la capa de transporte (capa 4) y al final la cabecera del protocolo RTP en la capa de aplicación (capa 7). A continuación se mostrará la trama Ethernet compuesta de cabeceras de protocolos utilizados en las diferentes capas OSI y su parte de datos que en este caso será voz [FER2008].



FIGURA 3-3: GRÁFICA DE CABECERAS Y VOZ PARA EL CÓDEC G.726

Fuente: "Trama Ethernet" [FER2008]

Cabeceras

- MAC: 18 bytes
- IP: 20 bytes
- UDP: 8 bytes
- RTP: 12 bytes
- Total cabeceras: 58 bytes
- Voz [G.726 (32K)]: 80 bytes

Tamaño de trama = Cabeceras + Voz = 138 bytes

Rate = Códec Neto/Códec Payload = 32000 bits/ (80*8 bits) = 50 pps

Ancho de banda = Tamaño de trama * Rate = 138 * 8 * 50 = 55.2 Kbps

Ancho de banda total usado para VoIP = 55.2 x 6 líneas = 331.2 Kbps

3.4.2 Ancho de banda para sistema de video conferencia IP

En primer lugar, se mostrará el ancho de banda mínimo para tener buena calidad de imagen ante el ojo humano [GRU2011].

TABLA 3-7: RELACIÓN DE CALIDAD DE IMAGEN CON ANCHO DE BANDA PARA EL OJO HUMANO

CALIDAD (Cps)	ANCHO DE BANDA MINIMO	CONSUMO REAL DE ANCHO DE BANDA
15 cuadros por segundo	128Kbps	128 Kbps + 25%
30 cuadros por segundo	192Kbps	192 Kbps + 25%

Las videoconferencias se clasifican de acuerdo al ancho de banda que utilicen y a la aplicación a la que vayan a implementarse [GRU2011]:

Videoconferencia personal de baja calidad: Sirve para conversaciones entre dos personas. Se transmite en un rango de 28.8 y 64 Kbps sobre líneas telefónicas.

Videoconferencia de escritorio: Usado para un pequeño grupo de individuos, por lo general, hasta cuatro personas. Opera entre el rango de 64 y 128 Kbps.

Videoconferencia de calidad intermedia: Es ideal para que sea apreciado de buena forma por un grupo de hasta quince personas. Se transmite entre los rangos de velocidades de 128 y 384 Kbps.

Videoconferencia de alta calidad: Es necesaria para grandes reuniones y donde se requiere una buena calidad de imagen. Opera entre los rangos de 384 Kbps y 2 Mbps. El estándar H.323, determinado por la ITU-T es el sistema usado para comunicaciones multimedia utilizando el protocolo de internet (IP) el cual define dos puntos de la red entre los cuales intercambiarán tanto como voz, audio y datos [JOS2009].

Los códec de audio que usa este estándar son [JOS2009]:

- G.711 (64 kbps)
- G.722 (48, 56 y 64 kbps)
- G.728 (16 kbps)
- G.723.1 (Dual Rate Speed 6.4 y 5.3 kbps)
- G.729 (8 kbps)

En el caso de video se usan los siguientes códec [JOS2009]:

- H.261 (n x 64 kbps)
- H.263 (< 64 kbps)

En el caso de interfaz de datos se usa la recomendación T.120 que provee un estándar para el intercambio de datos entre terminales H.323 y otros terminales (H.324, H.320 y H.310) [JOS2009].

La velocidad estándar definida para videoconferencia es de 384 kbps pero dado que se requiere alta calidad de imagen; entonces, se trabajará con una velocidad de 512 kbps para brindar una calidad de imagen superior a la estándar de videoconferencia [ACU2010].

3.4.3 Ancho de banda para equipos de telemedicina

Los equipos espirómetros por lo general dejan un reporte sobre el performance de las vías respiratorias y del pulmón. Este reporte por lo general es transmitido en formato PDF.

El formato PDF será almacenado en la computadora que se encuentra conectada al dispositivo espirómetro a través de su puerto USB. El formato PDF pesa alrededor de 80 Kb y es transmitido a una velocidad de alrededor los 64 Kbps, este es un estándar de ancho de banda recomendado para ser usado en telemedicina [ARC2010].

Los estetoscopios electrónicos se pueden conectar a las computadoras del centro de salud a través del puerto serial desde donde se podrán transmitir hacia el Hospital Regional de Lambayeque. Esta unidad de auscultación usa un ancho de banda no muy grande de 19.6 Kbps. Este estetoscopio electrónico al estar conectado a la computadora también podrá transmitir sus sonidos al sitio remoto a través de videoconferencia para obtener un mejor rendimiento [ARC2010].

3.4.4 Ancho de banda para acceso a Internet

En el caso de acceso a internet, se tomará en cuenta los estándares del plan de banda ancha que se está dando en nuestro país con el cual se proveen velocidades permanentes de datos de 256 Kbps o mayores. Dado que este proyecto está a aplicarse en todas las ciudades del Perú; entonces, se tomará una velocidad mínima de 256 Kbps como estándar para el acceso a Internet [COM2010]. A continuación, se especifican las aplicaciones y se realizan cálculos para poder especificar el ancho de banda que se tomará para el acceso a Internet [ARC2010].

Imágenes

El peso aproximado de una imagen es de 2048*1536 pixeles, un zoom de 3x es de 1.5

Megabytes. Se estima que se requiere un envío de 4 imágenes por usuario en 15 minutos, en la siguiente ecuación se hallará la velocidad necesaria para esta aplicación.

$$V = \frac{2 \text{ Megabytes}}{1 \text{ envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{4 \text{ envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario}$$

$$V = 71.1 \text{ Kbps}$$

Textos y datos

Involucra archivos de tipo WORD y PDF, las cuales en promedio tienen un peso de 1

Megabytes. Para cada estudio se debe realizar el envío de 6 a 10 archivos en 15 minutos.

$$V = \frac{1 \text{ Megabytes}}{1 \text{ envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{10 \text{ envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario}$$

$$V = 88.9 \text{ Kbps}$$

Correo electrónico

El uso normal de correo electrónico involucra enviar y descargar archivos de 1.5

Megabytes. Para cada estudio se enviará o recibirá 8 archivos durante 15 minutos.

$$V = \frac{1.5 \text{ Megabytes}}{1 \text{ envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{8 \text{ envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario}$$

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

Navegación en Internet

El peso promedio de una página web es de 60 a 75 KB y se estima que un usuario puede abrir o cargar unas 100 páginas web en 15 minutos.

$$V = \frac{75 \text{ Kilobytes}}{1 \text{ envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{100 \text{ envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario}$$

$$V = 66.7 \text{ Kbps}$$

A continuación, se resume el ancho de banda necesario para un buen acceso a Internet de acuerdo a las aplicaciones especificadas [ARC2010]:

TABLA 3-8: RESUMEN DE ANCHO DE BANDA PARA ACCESO A INTERNET

APLICACIONES	ANCHO DE BANDA Kbps/unidad
IMAGENES	71,1
TEXTO Y DATOS	88,9
CORREO ELECTRONICO	106,7
INTERNET	66,7
TOTAL	333,4

A continuación, se procede a realizar un cuadro resumiendo los anchos de banda analizados anteriormente y obteniendo un resultado total de cuanto ancho de banda debería soportar el radio enlace IP.

TABLA 3-9: RESUMEN DE ANCHO DE BANDA DE LA RED DE TELEMEDICINA

	Ancho de banda (kbps) / unidad	Unidades en centro de salud	Ancho de banda total (Kbps)
Teléfonos VoIP	55,2	6	331,2
Video conferencia VoIP	512	2	1024
Dos equipos espirómetros	64	2	128
Estetoscopios electrónicos	19,6	2	39,2
Acceso a Internet	333,4	8	2667,2
Total Ancho de banda			4189,6

Capítulo 4

Ingeniería del proyecto

4.1 Diseño del radio enlace IP

4.1.1 Puntos de referencia

En este proyecto, se debe llegar a poder comunicar el centro de salud de Huayrul con el Hospital Regional de Lambayeque, para tal fin se realizará un radio enlace sobre IP ya que es una tecnología óptima para este uso ya que puede viajar en bandas libres y es una tecnología que permitirá una futura expansión para transmisión de datos. En primer lugar, se ubica los dos puntos donde se realizará el radio enlace que serán el centro de salud de Huayrul y el Hospital Regional de Lambayeque, para este fin se usará la herramienta Google Earth para ubicar exactamente la localización de ambos lugares.

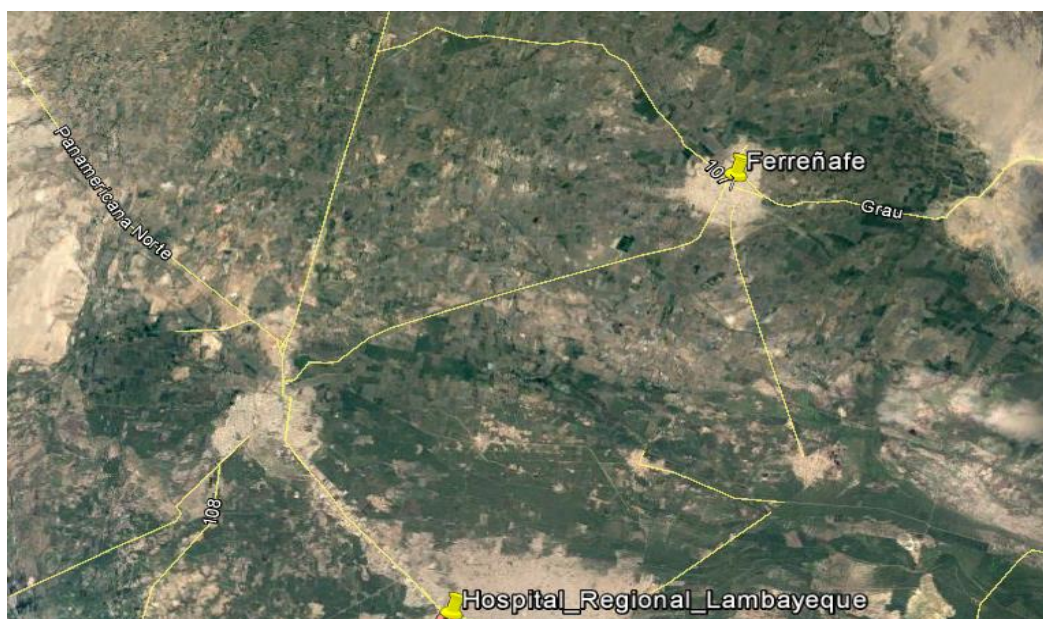


FIGURA 4-1: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA

Fuente: "Google Earth"

A partir de la ubicación de estos dos lugares se puede hacer una tabla donde se especifique la latitud y longitud de estos lugares.

TABLA 4-1: PUNTOS DE REFERENCIA CON SUS LATITUDES Y LONGITUDES

LUGAR	DESCRIPCION	LATITUD	LONGITUD
Incahuasi	Centro de salud Huayrul	12° 1'1.81"S	75°16'53.74"O
Lambayeque	Hospital Regional - Lambayeque	12° 4'22.48"S	75°13'16.67"O

4.1.2 Estructura general del proyecto

Con estos datos se puede hacer un pequeño diseño del sistema a implementar para que a partir de ahí se trabaje de una manera óptima, como está mencionado anteriormente se trabaja con un radio enlace sobre IP que se apreciará de la siguiente manera.

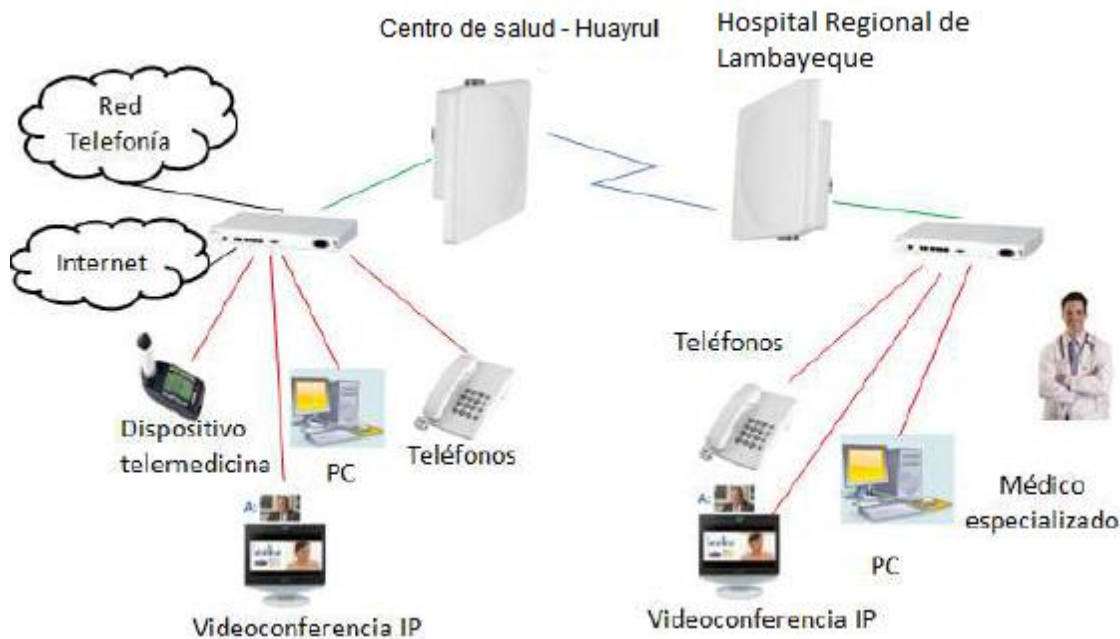


FIGURA 4-2: ESQUEMA GENERAL DE RED DE TELEMEDICINA

Fuente: "Elaboración propia"

Como se puede apreciar en el gráfico anterior lo que se intenta es implementar no sólo la información del dispositivo de telemedicina sino también se busca brindar internet para las computadoras, así como telefonía para que se pueda dar una mejor comunicación entre partes y dado que la red se comunicará con este hospital que cuenta con mejor tecnología gracias a que se encuentra en un centro urbano se puede aprovechar mejor la calidad de servicio de telecomunicaciones que se tiene y tratar de trasladarla al Centro Poblado de Huayrul.

4.1.3 Alternativas para implementar Red IP:

Sistema Albentia ALB-250-5 GHz band: Carrier class 802.16 broadband wireless solution:

Es un sistema para radio enlaces punto a punto en el cual se tienen dos unidades ALB-250, uno que servirá como maestro y otro que

servirá como esclavo. Cada estación estará provista de unidades outdoor a prueba de agua con antenas direccionales de 23 dBi, y una unidad indoor que sirve como interfaz con el sistema, las unidades indoor y outdoor se conectan a través de un cable Ethernet de estándar cat5. El sistema de integración y servicio es soportado por un poderoso sistema de administración basado en SNMP, web, interfaz de línea de comando y un sistema de configuración remoto basado en XML-RPC.

El sistema posee mecanismos de seguridad y comunicación confiable como autenticación, ARQ (Solicitud de repite automático), encriptación 3DES, modulación adaptativa y mecanismos de corrección de errores [ALB2008]. El sistema ALB-250 de Albentia está compuesto de los siguientes equipos:



FIGURA 4-3: EQUIPOS DE SISTEMA ALBENTIA

Fuente: "ALB-250 Series – 5GHz band" [ALB2008]

Características principales del producto [ALB2008]:

- Trabaja bajo el estándar IEEE 802.16-2004 (WiMAX)
- Modulación adaptativa OFDM
- Aplicaciones punto a punto
- Trabaja en bandas no licenciada de 5725- 5875 MHz
- Velocidad de transmisión de hasta 34.4 Mbps
- Control automático de potencia
- Anchos de banda de canal que soporta: 1.75, 3.5, 7 y 10 MHz
- Método de duplexaje: TDD (Duplexaje por división de tiempo)
- Selección dinámica de frecuencia
- Máxima potencia output 24 dBm

- Antena integrada con ganancia de 23 dBi
- Peso de la unidad outdoor: 3.2 Kg.
- Medidas de la unidad outdoor: 395x265x95 mm

PTP 100 Series de Motorola

Este sistema provee radio enlaces punto a punto de bajo costo para implementación, extensión y expansión de redes de comunicaciones de banda ancha. Este sistema es confiable y provee de alta velocidad. Estos radio enlaces soportan comunicaciones de datos, voz y video y de esta manera proporciona una serie de aplicaciones móviles para sistemas privados y públicos. Así también se tiene un software innovador que permite al cliente diseñar, implementar y administrar sus propias redes maximizando tiempo y confiabilidad y al mismo tiempo bajando los costos de instalación [MOT2010]. Los equipos que se utiliza este sistema son los siguientes:



FIGURA 4-4: EQUIPOS DE SISTEMA PTP 100 SERIES MOTOROLA

Fuente: "PTP 100 Series" [MOT2010]

Características principales del producto [MOT2010]:

- Trabaja bajo los estándares EC (5.4 GHz y 5.7 GHz), identificación FCC (2.3 GHz, 5.2 GHz, 5.4 GHz y 5.7 GHz) e Industry Canadá IC (2.3 GHz, 5.2 GHz, 5.4 GHz y 5.7 GHz)
- Modulación FSK optimizado para rechazo de interferencia
- Aplicaciones punto a punto
- Trabaja en banda no licenciada de 2400 - 2483 MHz y 5725 – 5850 MHz
- Velocidad de transmisión de hasta 14 Mbps
- Anchos de banda de canal de 20 MHz y espacio de canal de cada

5 Hz.

WinLink 1000 Point-to-Point Wireless TDM/IP Revision 7.0

Este sistema provee radio enlaces punto a punto con gran capacidad para transmisiones inalámbricas de banda ancha. WinLink 1000 combina servicios TDM y Ethernet sobre bandas licenciadas con alta velocidad para distancias de hasta 80 Km. con ayuda de una antena externa.

El sistema soporta una variedad de espectros de banda y que pueden ser configurados para operar en cualquier canal de la banda con una resolución de portadora de 5 MHz. Este sistema cuenta con un simple procedimiento de instalación y configuración. Opera sobre condiciones climáticas adversas como niebla o lluvia intensa [RAD2011]. El sistema está compuesto por los siguientes elementos:



FIGURA 4-5: EQUIPOS DE SISTEMA WINLINK 1000

Fuente: "WinLink 1000" [RAD2011]

Características principales del producto [RAD2011]:

- Trabaja bajo los estándares FCC y ETSI
- Modulación OFDM – BPSK, QPSK, 16 QAM y 64 QAM
- Aplicaciones punto a punto
- Trabaja en bandas no licenciada de 2400-2483 MHz y 5725- 5850 MHz
- Velocidad de transmisión de hasta 48 Mbps
- No posee control automático de potencia
- Anchos de banda de canal que soporta: 5, 10 y 20 MHz
- Método de duplexaje: TDD (Duplexaje por división de tiempo)
- Selección dinámica de frecuencia
- Máxima potencia transmisión 23 dBm
- Antena integrada con ganancia de 28 dBi
- Peso de la unidad ODU con antena integrada 3.3 Kg., IDU-E de 0.58 Kg. e IDU-C de 1.58 Kg.
- Medidas de la unidad outdoor: 245x135x40 mm

4.1.4 Equipamiento elegido para Red IP

El sistema que se ha elegido para realizar el radio enlace IP será el proporcionado por WinLink 1000 dado que trabaja en banda no licenciada de 5800 MHz, tiene una buena velocidad de transmisión y posee antenas integradas con una buena ganancia necesaria para proveer de un buen radio enlace punto a punto y más en el tipo de clima y ambiente en donde se dará el radio enlace IP.

El equipamiento para el enlace se da de la siguiente manera para ambos lados, una unidad indoor (IDU), una unidad outdoor (ODU) y una antena. El enlace se configurará a través de una aplicación denominada WinLink 1000 Management [WIN2007]. Un ejemplo simple de la arquitectura que se usará se presentará en el siguiente gráfico.

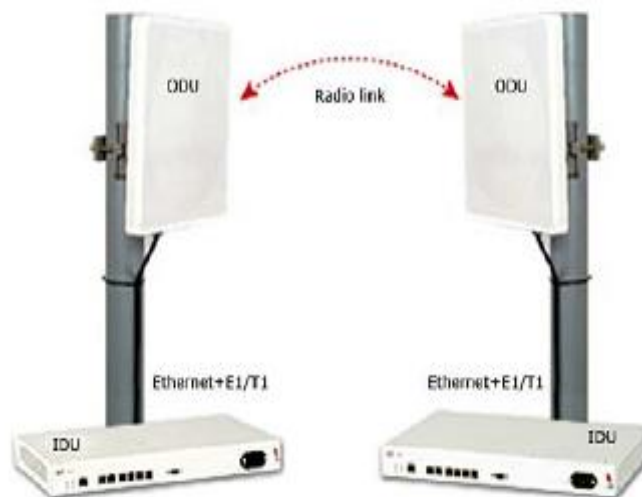


FIGURA 4-5: ARQUITECTURA DE SISTEMA WINLINK 1000

Fuente: "Example of Link Architecture" [WIN2007]

A continuación, se describirán los elementos del sistema WinLink [WIN2007]:

La IDU (Unidad Indoor) provee de puertos Ethernet así como E1/T1 para conectar al enlace. Además se encarga de proveer de energía a la unidad ODU. La IDU de WinLink 1000 tiene cuatro diferentes configuraciones, pero para el radio enlace se usará la siguiente configuración:

IDU-C es una unidad de metal que provee dos puertos Ethernet e interfaces de

4xE1/T1 y alarma de contacto de conector seco.



FIGURA 4-6: EQUIPO IDU-C

Fuente: "IDU-C Front Panel" [WIN2007]

Adicionalmente, se usará un PoE (Power Over Ethernet) para poder proveer de energía para servicios de Ethernet , exactamente se usará la unidad O-PoE que es similar al PoE pero con una carcasa a prueba a la intemperie y sellado de conectores que permite una más fácil conectividad al aire libre.



FIGURA 4-7: EQUIPO PoE

Fuente: "O-PoE Unit" [WIN2007]

La ODU (unidad outdoor) es el radio transceptor del sistema WinLink y es el principal componente del sistema. La ODU se conecta con la antena que permite la radiocomunicación y que puede ser montada en un pequeño poste. Se conecta con la unidad IDU a través de un cable Cat5e. La unidad ODU viene en dos diferentes formas dependiendo del tipo de antena.

Las 3 series que son usadas para ODU serán resumidas en la siguiente tabla [WIN2007]:

TABLA 4-2: ALTERNATIVAS DE SERIES ODU

	WinLink™ 1000 Access	WinLink™ 1000	WinLink™ 1000 High End
Max Ethernet Throughput	2Mbps	18Mbps	18Mbps
Max. Rango	20Km	80Km	80Km

Equipos de IDU que soporta	PoE	PoE and IDU	PoE and IDU
Servicios	Ethernet	Ethernet and TDM	Ethernet and TDM
Poder de Transmisión	18 dBm	18 dBm	23 dBm

Se cuenta con la serie WinLink™ 1000 High End dado su buena capacidad máxima de transmisión aunque esto dependerá del ancho de banda que se usará y también se elige esta opción gracias a que cuenta con un alto poder de transmisión y que este sistema gracias a su máximo rango de distancia a transmitir también podría ser usado en otros sistemas de radio enlaces IP parecidos [WIN2007].

El ODU viene con un conector tipo N. La antena externa debe ser puesta al rango de frecuencias en el que se trabaja y muchas veces puede ser beneficiosa para evitar interferencias debido a factores medio ambientales. Las antenas externas que pueden usarse son las siguientes [WIN2007]:



FIGURA 4-8: ANTENAS EXTERNAS DE SISTEMA WINLINK 1000

Fuente: "Typically used External Antennas" [WIN2007]

Se elige antena de Flat Panel que cuenta con una ganancia de 28 dBi que provee de una buena ganancia necesaria para realizar el radio enlace IP teniendo en cuenta que se trabaja en la frecuencia de 5.8 GHz.

Es importante recordar que se debe realizar un sistema de protección ante cualquier problema energético que se tenga ya sea por un problema de energía del sistema de alimentación o ya sea por alguna descarga atmosférica que pueda afectar el performance dichas antenas y del sistema en general. Este sistema de protección básicamente constará de un pararrayos y un sistema de puesta a tierra. No se tocará mucho este tema

dado que estos sistemas son comunes y son fáciles de implementar pero siempre son necesarios de ser tomados en cuenta tanto en el diseño como en el presupuesto del proyecto y es por eso que me menciona escuetamente sobre este sistema. El sistema WinLink cuenta con un software llamado WinLink 1000 Management que sirve para instalar y configurar el sistema WinLink apropiadamente.

El Winlink 1000 Management es un elemento basado en SNMP y su aplicación sirve para la proveer radio enlaces a través de una simple dirección IP. Identifica la dirección IP, máscara de subred y el destino a seguir para cada sitio; adicionalmente, monitorea la interfaz de radio- RSS y los servicios sobre Ethernet- tasa de recepción y tasa de transmisión. El software proporciona facilidades para la instalación y configuración del radio enlace entre las unidades ODU. Es un software de fácil uso que tiene una interfaz gráfica MS-Windows y que puede ser utilizado tanto localmente como remotamente [WIN2007].

El WinLink 1000 Management proveerá de los siguientes recursos [WIN2007]:

- Herramienta para planeamiento de enlaces como Link Budget Calculator para calcular la performance de un posible radio enlace así como las posibles configuraciones para un rango específico de radio enlace.
- Asistente para la instalación
- Permite al administrador monitorear el servicio y estatus de cada enlace
- Monitoreo mediante alarmas para equipos y monitoreo de QoS
- Pruebas de bucle local y remoto
- Ajustes de configuración
- Manual de usuario on-line y archivos de ayuda
- Actualizaciones de software sobre el aire

4.1.5 Especificaciones técnicas para Red IP

WinLink está configurado para ser usado en diferentes frecuencias, para el radio enlace a diseñar será usada la banda licenciada de 5800 MHz que está regulada bajo el estándar FCC y que según norma peruana está destinada a aplicaciones ICM (Industriales, científicas y médicas). Además, es bueno

mencionar que se usa esta frecuencia y no la de 2400 MHz dado que esta frecuencia pese a tener mejores propiedades viene siendo muy usada para muchas aplicaciones por lo que se podrían ocasionar muchos problemas de interferencia de señal al transmitir a dicha frecuencia y por eso se transmite a 5800 MHz el cual no se encuentra muy usado y si en caso llegará a existir un problema de interferencia, este equipo cuenta con una selección automática de canal y cambia a otro canal donde no ocurra interferencia ya que se usarán canales de 5 MHz para la transmisión entre ambos puntos y se tienen otros canales de respaldo ante problemas en el canal actual en el que se transmite.

- Banda de frecuencia: 5725 – 5850 MHz
- Ancho de banda de canal: 5 MHz
- Técnica de duplexaje: TDD (Duplexaje por división de tiempo)
- Modulación OFDM (adaptativa): Se escogerá QPSK
- Tasa de transmisión: 4.5 Mbps para 5 MHz
- Selección automática de canal
- Máxima transmisión de potencia: 23 dBm
- Corrección de errores: FEC K = 1/2, 2/3 y 3/4
- Encriptación: AES 128

4.1.6 Evaluación de radio enlace

Para el caso de radioenlace se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas dadas anteriormente; además, tener en cuenta que el sistema tiene como nodo principal el centro de salud de Huayrul y tiene como lugar remoto al “Hospital Regional de Lambayeque” que es donde se pondrá un ambiente especial desde donde los especialistas se comunicarán con el médico principal y enfermeros de dicho establecimiento de salud.

En primer lugar, se deben tener en cuenta los valores de pérdida de propagación en el espacio libre para poder determinar la potencia recibida por el receptor.

La fórmula a aplicar para pérdida en el espacio libre será la siguiente [PIL2009]:

$$L_p = 92.45 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dBm}$$

Dónde:

f = Frecuencia en GHz

d = Distancia en Km

Una vez conocido el valor de la pérdida en el espacio libre, se puede calcular la potencia recibida en el receptor mediante la siguiente fórmula

[PIL2009]:

$$PRX = PTX - LTX + GTX - Lp + GRX - LRX$$

Dónde:

PRX = Potencia Recibida

PTX = Potencia Transmitida

LTX = Pérdida por cables y conectores al lado del transmisor

GTX = Ganancia de la antena del transmisor

LP = Pérdida por espacio libre

GRX = Ganancia de la antena del receptor

LRX = Pérdida por cables y conectores al lado del receptor

En el caso del radioenlace, se aplican las fórmulas mencionadas anteriormente con los parámetros reales del radioenlace:

$f = 5.8 \text{ GHz}$ y $d = 9 \text{ Km}$

$$Lp = 92.45 + 20 \log 5.8 + 20 \log 9 \Rightarrow Lp = 126.8 \text{ dBm}$$

Para hallar la potencia recibida en el receptor, se usan los siguientes parámetros: $PTX = 23 \text{ dBm}$

LTX y $LRX = 4 \text{ dB}$ (Atenuación considerada como estándar) $LP = 126.8 \text{ dBm}$

$GTX = 28 \text{ dBi}$

$GRX = 28 \text{ dBi}$

$$PRX = 23 + 28 + 28 - 4 - 126.8 \Rightarrow PRX = -51.8 \text{ dBm}$$

A continuación, se procede a realizar la simulación del radioenlace IP mediante Radio Mobile el cual es un software libre muy usado para analizar la factibilidad de radioenlaces.

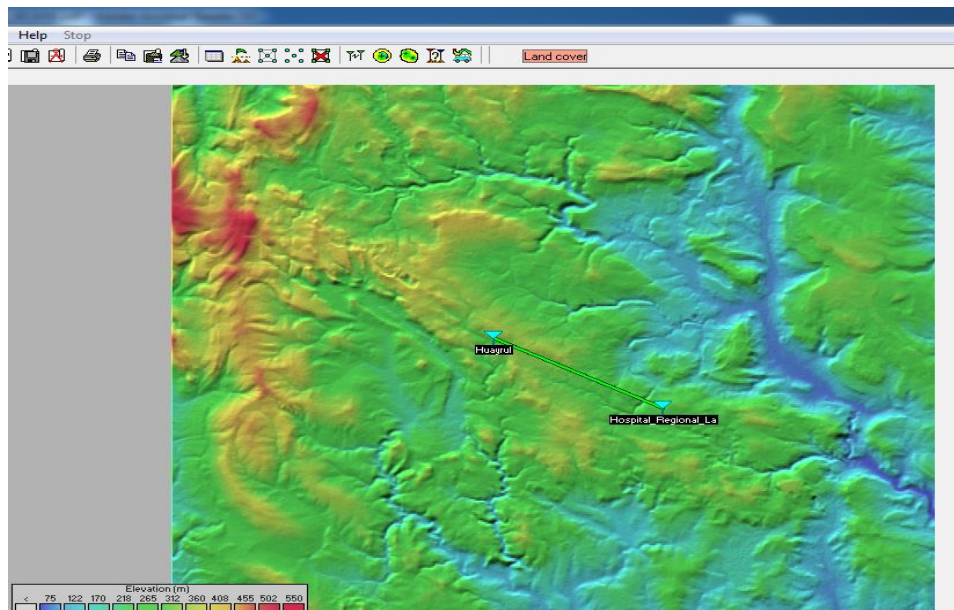


FIGURA 4-9: UBICACIÓN DE LOS NODOS DEL RADIO ENLACE IP EN EL MAPA DEL RADIO MOBILE

Fuente: "Radio Mobile"

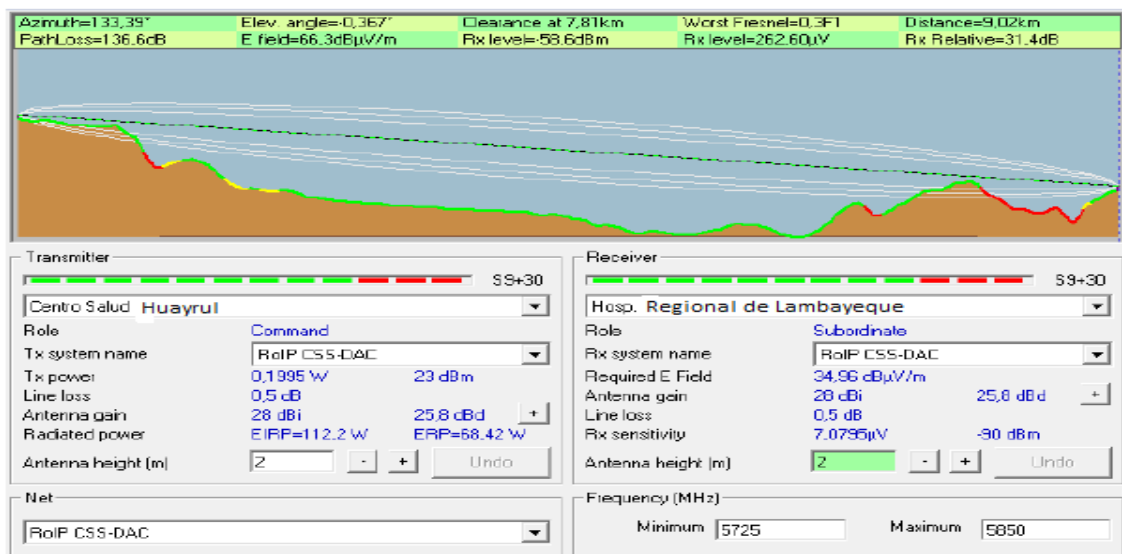


FIGURA 4-10: SIMULACIÓN DE RADIO ENLACE IP EN EL SOFTWARE RADIO MOBILE

Fuente: "Radio Mobile" [WIN2007]

Como se aprecia claramente en el software Radio Mobile, el radioenlace es óptimo entre ambos puntos y no se necesitará ningún tipo de repetidores ya que hay línea de vista entre ambos lugares y cumple con todos los requisitos que se enunciaron en la parte de especificaciones técnicas. Mediante este software se analiza que las ganancias y pérdidas que se

tiene para el radioenlace no impedirán una adecuada comunicación entre los nodos. Además, se puede comprobar que no se necesitará torres para poder poner las antenas y equipos ODUs a la hora de transmitir; por lo tanto, solo se necesitará poner pequeños acondicionamientos en columnas o muros donde irán los equipos mencionados anteriormente.

4.1.7 Instalación de Red IP

En el siguiente diagrama se ilustrará una clásica instalación del equipo WinLink 1000 en uno de los lados del enlace, se entiende también que al otro extremo el sistema se montará de la misma manera, para este caso se cuenta con antena externa, esto es opcional ya que también existen varias presentaciones vienen con antenas integradas [WIN2007].

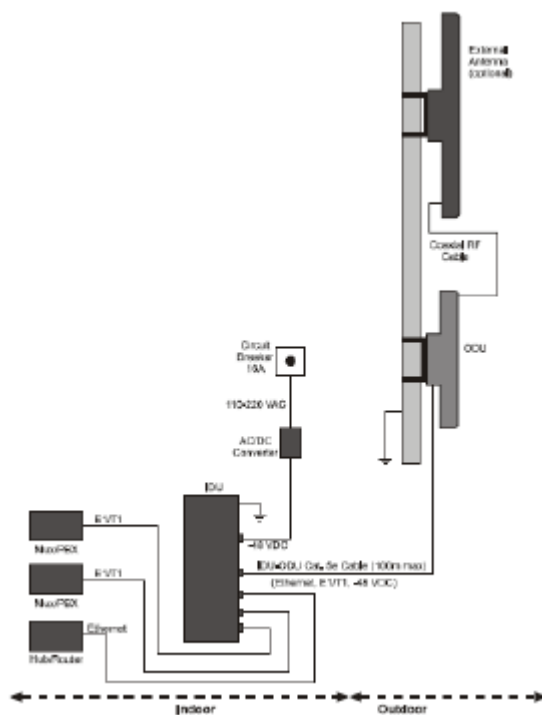


FIGURA 4-11: INSTALACIÓN TÍPICA DE UN NODO DEL SISTEMA WINLINK 1000

Fuente: "Typically installation diagram" [WIN2007]

La instalación del radio enlace IP se dividirá en las siguientes fases:

Instalar el Software WinLink 1000 Management

Este software vendrá incluido en un CD-ROM con el sistema WinLink 1000, los requerimientos de la computadora que alojará este software serán los siguientes [WIN2007]:

- Memoria: 128 MB RAM
- Disco: 1 GB de espacio libre en disco duro
- Procesador: Pentium 3 o más reciente
- Red: 10/100BaseT NIC
- Gráficos: Tarjeta y monitor que admitan 1024 X 768 y resolución con color de 16 bits
- Sistema operativo: Windows 2000/XP
- Microsoft Explorer 5.01 o más reciente

Montar la unidad ODU

La unidad ODU es el elemento transceptor del sistema WinLink 1000 ya que se encarga de recepcionar y transmitir señales. La ODU podrá ser montada hacia una pared o un mástil. También se debe tener en cuenta que si la instalación debe ser hecha en algún poste alto o torre instalada, se debe contar con ayuda de un torrero profesional para evitar accidentes [WIN2007].

Conectar la unidad ODU a la unidad IDU

El cable puesto entre ODU e IDU conduce todo el tráfico de los usuarios. El cable ODU-IDU además proporciona -48 DVC y Ethernet a la ODU. La máxima distancia para conectar un cable ODU-IDU es de 100 metros de acuerdo a las normas de 10/100BaseT. Para el caso de usar un OPoE, la distancia máxima de las dos piernas del cable de OPoE es de 100 metros de acuerdo también a las normas de 10/100BaseT. El cable ODU-IDU es suministrado antes de algún ensamblaje con conectores RJ-45. En el caso de que faltara el cable ODU-IDU, se debe usar el cable blindado Cat. 5e 24AWG [WIN2007].

Conexión a tierra de la unidad IDU

La IDU debe ir permanentemente conectado a tierra ante cualquiera problema que pueda haber como alguna sobrecarga o algún problema atmosférico. La conexión debe hacerse mediante un cable a tierra de 18AGW [WIN2007].

Instalación del enlace

Durante el proceso de instalación, la definición de todos los parámetros es aplicado automáticamente a ambos lados del enlace.

Se deberán seguir los siguientes pasos para la configuración del enlace:

- Verificar que haya conectividad IP entre la estación base o laptop donde esté instalado el WinLink 1000 Management y la unidad IDU y que el software esté funcionando sin problema alguno.
- En la barra de herramientas del WinLink 1000 Management, se deberá hacer acceder al botón de instalación de enlace. Este botón sólo será accesible cuando las antenas de ambos lados del enlace estén alineadas correctamente. Cuando estén alineadas habrá indicadores de RSS [dBm] que se podrán ver verdes tal como se muestra en el siguiente gráfico [WIN2007].



FIGURA 4-12: ALINEACIÓN DE ANTENAS APRECIADO EN WINKINK 1000 MANAGEMENT

Fuente: "Link installation Wizard" [WIN2007]

Posteriormente, mediante la opción Next se accederá a la siguiente interfaz:



FIGURA 4-13: INTERFAZ DE INSTALACIÓN DE WINKINK 1000 MANAGEMENT

Fuente: "Installation Wizard, System dialog box" [WIN2007]

En el lugar del SSID se debe ingresar un identificador del enlace que sea único en el área. Este ID debe estar compuesto de por lo menos 8 caracteres alfanuméricos y puede llegar a ser configurado con 24 caracteres.

El nombre del enlace identificará al radio enlace que se pone más no deberá ser único en la zona como si ocurre con el SSID.

En el nombre del sitio 1, se coloca el nombre del lugar desde donde accedes con tu laptop mientras que en el nombre del sitio 2, se colocará el nombre del sitio remoto. Luego de presionar el botón Next, el radio enlace por defecto será evaluado con una tasa de transmisión de 9 Mbps [WIN2007].

Después de este procedimiento aparecerá la ventana de configuración de canales. Esta ventana cambia de acuerdo a la versión del software con el que se cuente. Adicionalmente, la clave del enlace puede ser cambiado de manera fácil tal y como se hace normalmente poniendo la clave actual y la nueva clave del enlace.

Conectar al equipo de usuario

La unidad IDU irá en un escritorio aparte, o montado en una pared o instalado en un rack. Para conectar el equipo de usuario a la IDU se seguirán los siguientes pasos: Conectar el tráfico E1/T1 del usuario al puerto RJ 45 del panel de la IDU. Este puerto esta designado con el nombre TRUNK. Conectar el Hub o Router u otro dispositivo del usuario compatible al IDU al puerto RJ 45 del panel de IDU llamada LAN [WIN2007].

Seleccionar canales

El sistema WinLink 1000 tiene una característica llamada selección automática de canal, el cual permite definir muchos canales de frecuencias alternativas si alguna interferencia es detectada en el canal en uso [WIN2007].

Esta función ACS (Automatic Channel Select) tendrá la siguiente interfaz gráfica:

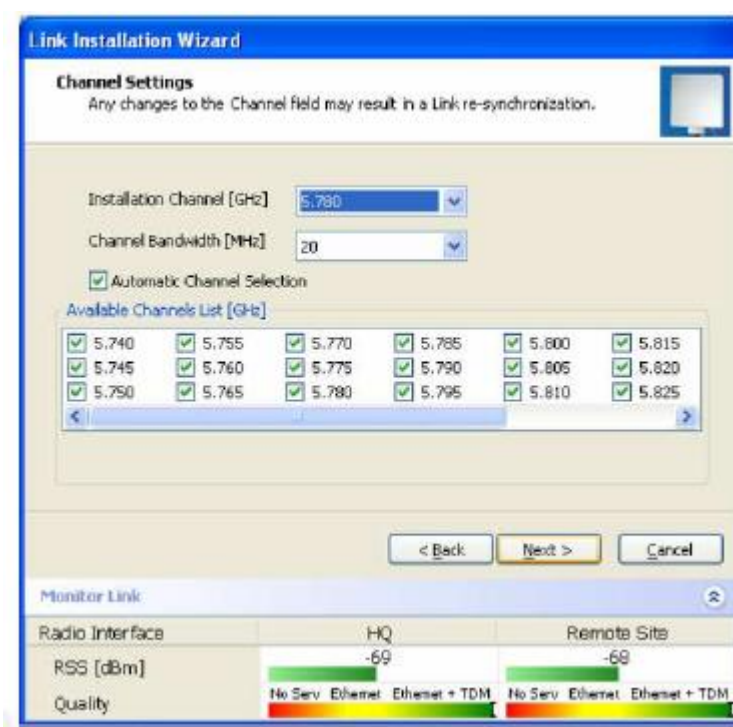


FIGURA 4-14: INTERFAZ DE SELECCIÓN DE CANALES DE WINKINK 1000 MANAGEMENT

Fuente: "Channel Select dialog box – Automatic Channel Select" [WIN2007]

El procedimiento para poder implementar de manera correcta esta función se detalla paso a paso a continuación [WIN2007]:

- Seleccionar la frecuencia principal del menú de instalación de canal.

- El canal de instalación será puesto a 5725 MHz para que trabaje hasta 5850 MHz.
- Señalar el ancho de banda requerido del canal que puede ser de 5, 10 o 20 MHz. Por defecto, se encuentra en 20 MHz pero este será cambiado a 5 MHz que es lo que necesitamos para el radio enlace.
- Poner check para que el cambio automático de canales ocurra.
- Poner check a las frecuencias de los canales que son permitidas para ser elegidas automáticamente. Seleccionar un nuevo canal ocasionará un cambio en la calidad del sistema a ser cambiado. La barra de calidad mostrará el ajustamiento que se hace hasta que el sistema encuentre la mejor calidad de señal.
- Si no se encuentra satisfecho con el canal que se seleccionó automáticamente, se tiene la opción de volver a seleccionar el canal con la opción de Reselect Channel.
- Verificar que se obtiene la tasa de transmisión necesaria para los fines del enlace y proseguir con la siguiente configuración.

Seleccionar los parámetros de servicio

Se debe definir qué servicios se brindarán con el radio enlace ya sea solo Ethernet o Ethernet con TDM de manera como se muestra en la siguiente interfaz [WIN2007].

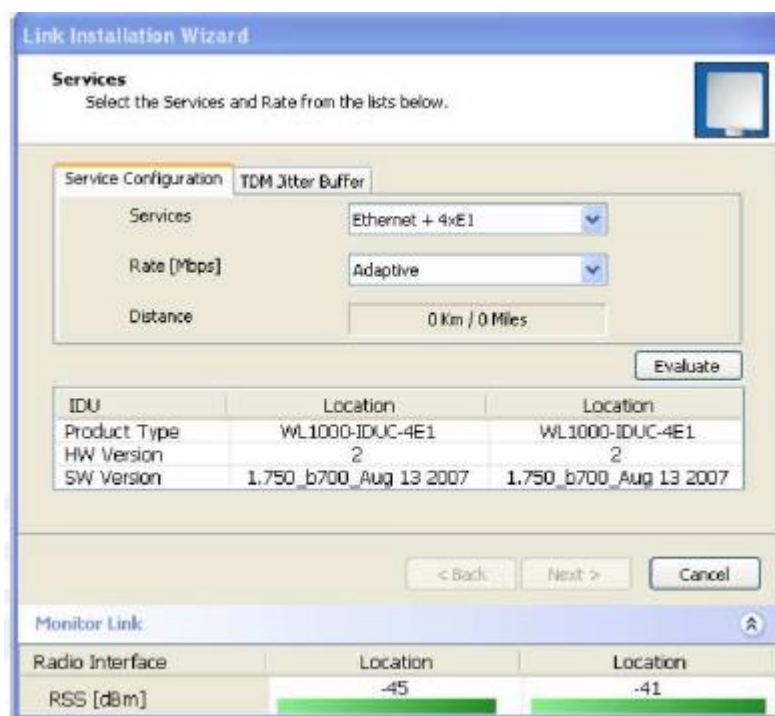


FIGURA 4-15: INTERFAZ DE SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE SERVICIOS DEL WINKINK 1000 MANAGEMENT

Fuente: "Installation Wizard, Service dialog box" [WIN2007]

A continuación se detalla la como se procede a hacer la configuración de los servicios a brindar:

En primer lugar se debe escoger entre los siguientes servicios [WIN2007]:

- Solo Ethernet
- Ethernet + E1/T1

El ancho de banda disponible depende del número de puertos E1/T1 seleccionados

En la parte de seleccionar la tasa de transmisión [Mbps] se selecciona la tasa requerida.

Así mismo, si es seleccionada la opción adaptativa, WinLink constantemente monitoreara y ajustará la tasa de transmisión para asegurar la máxima transmisión de información por el enlace en la mayor calidad posible.

Se presiona el botón de evaluación, la óptima tasa de transmisión para los servicios seleccionados son evaluados [WIN2007].

En el siguiente cuadro, se presenta la tasa de transmisión seleccionada basado en el ancho de banda elegido [WIN2007].

TABLA 4-3: TASA DE TRANSMISIÓN SEGÚN ANCHO DE BANDA DE CANAL

Modulación/FE	5 MHz	10 MHz	20 MHz
BPSK / $\frac{3}{4}$	2.25 Mbps	4.5 Mbps	9 Mbps
QPSK / $\frac{1}{2}$	3 Mbps	6 Mbps	12 Mbps
QPSK / $\frac{3}{4}$	4.5 Mbps	9 Mbps	18 Mbps
16QAM / $\frac{1}{2}$	6 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
16QAM / $\frac{3}{4}$	9 Mbps	18 Mbps	36 Mbps
64QAM / $\frac{2}{3}$	12 Mbps	24 Mbps	48 Mbps
64QAM / $\frac{3}{4}$	13.5 Mbps	27 Mbps	

Se escoge la Modulación de QPSK con un FEC de $\frac{3}{4}$ ya que con estos valores se alcanza una tasa de transmisión de alrededor de 4.5 Mbps para un canal de 5 MHz que es más que suficiente para la información a transmitir a través de la red de telemedicina.

4.1.8 Configuración de cada sitio del radio enlace IP

Se puede configurar los parámetros de cada lado del radio enlace usando las funciones que salen en la ventana de diálogo, estas funciones serán explicadas a detalle a continuación.

Editar parámetros de configuración

Editar la persona de contacto y los detalles de la locación tal como se muestra a continuación [WIN2007]:

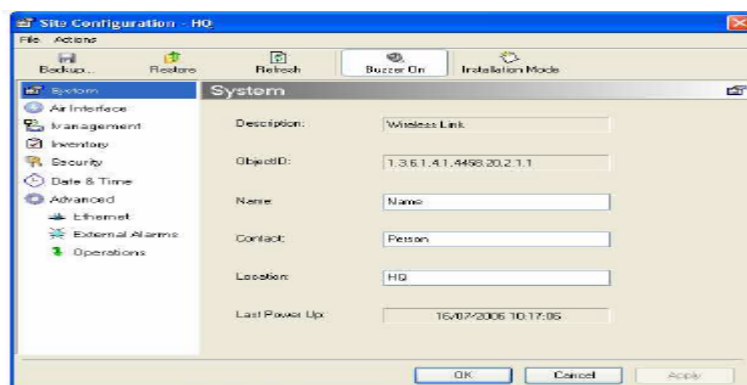


FIGURA 4-16: INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN DE NODO DEL SISTEMA WINKINK 1000

Cambiar la potencia de transmisión

Se debe seleccionar el sitio a configurar; posteriormente, se selecciona la opción interfaz de aire y se elige el nivel de potencia de transmisión requerida. Para utilizar dicha configuración, se debe tener en cuenta el límite de la potencia de transmisión.

Definición de gestión de direcciones

Se selecciona la opción de gestión y luego se procederá a poner la IP de la ODU en el campo de dirección IP así como se colocará la máscara de subred y el Gateway por defecto. Por otro lado, se configurará el destino de captura que será la dirección IP de la PC donde se corre la aplicación de gestión.

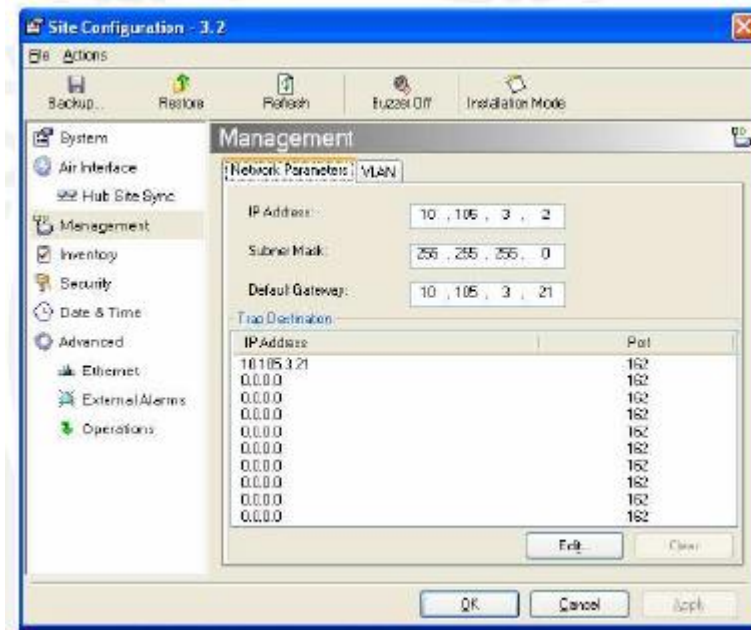


FIGURA 4-17: INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN DE DIRECCIONES DE CADA NODO DEL SISTEMA WINKINK 1000

Fuente: "Management Addresses – Site configuration dialog box" [WIN2007]

Para la red se usará la siguiente configuración:

Nodo Centro de Salud de Huayrui

- IP Address: 10.10.1.4
- Máscara de subred: 255.255.255.0
- Gateway por defecto: 10.10.1.1

Nodo Hospital Regional de Lambayeque

- IP Address: 10.10.1.5
- Máscara de subred: 255.255.255.0
- Gateway por defecto: 10.10.1.1

Configuración de las opciones de VLAN

La administración de VLAN permite la separación de tráfico de usuario del tráfico NMS. El usuario decidirá si se realiza tal separación. Ambos lados del radio enlace pueden ser configurado con administración de VLAN. En esta

opción, se introducirá un VLAN ID, el cual hará que solo paquetes con el VLAN ID especificado serán procesadas por la ODU. Esto incluye todos los protocolos soportados por la IDU tales como son ICMP, SNMP, TELNET y NTP. La prioridad de VLAN es usado para enviar el tráfico desde la ODU hacia la administración de la estación de trabajo.

Si el VLAN ID es olvidado o no existe una red VLAN conectada a la ODU, se debe reiniciar el equipo [WIN2007].

4.2 Diseño de la red VoIP

4.2.1 Equipos de Red VoIP

Los equipos necesarios para hacer una red VoIP es necesario equipos terminales, servidores (para registro o IP-PBX), un Gateway de voz para conmutar la red Telefónica Pública o PSTN y los equipos de networking para poder transmitir voz y datos entre el centro de salud de Huayrul y el “Hospital Regional de Lambayeque”. La interconexión entre ambos lugares para transmisión de voz y datos y sus equipos fue definido en la parte de diseño del radio enlace IP. Por ahora, solo se definirán los equipos de la red VoIP [FER2008].

Servidor

Su función principal es implementar la señalización de llamadas. Básicamente, se debe tener un dispositivo que soporte un buen procesamiento de llamadas y poder conectarse a la red de datos. El parámetro más importante para la elección del hardware es el número máximos de llamadas que se pueden dar al mismo tiempo. A parte de ello se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros para elegir el servidor:

- El porcentaje de procesamiento que se requiere para codificar/decodificar la señal de voz
- Complejidad para la marcación
- Los procesos adicionales que se ejecuten

En cuanto a la parte de software, se deben definir dos parámetros importantes como son el sistema operativo bajo el cual trabajará el servidor IP y el software IP/PBX.

La función principal del sistema operativo es levantar interfaces y archivos

de sistema necesarios para operar correctamente el software de comunicaciones y otros programas que se instalarán en el servidor como Web Servers, FTP servers, etc. Se debe optar por un sistema operativo como Linux dado que es libre y que posee menos riesgos de seguridad que Windows y se le puede instalar software libre y trabajará eficientemente.

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 centralita telefónica tradicional. Sobre este software se configura el plan de marcación y si se desea algunos otros servicios. Dentro de los software libres más destacados se encuentra Asterisk que es una centralita software (PBX). Dentro del paquete básico de Asterisk, se encuentran características como creación de extensiones, envío de mensajes de voz, llamadas en conferencia, menú de voz interactiva y distribución automática de llamadas. Adicionalmente, también se pueden crear nuevas funcionalidades mediante el lenguaje de Asterisk, módulos escritos en C o en otros lenguajes. Dado que el software con licencia resulta siendo más caro; entonces, se debe optar por un servidor que trabaje con Asterisk.

Gateway de voz

Dispositivo que se encarga de realizar la conmutación hacia la red telefónica pública. Si en caso se necesitaría realizar una llamada hacia un abonado externo de la red PSTN, el servidor VoIP se encargará de realizar la llamada hacia el Gateway, que realizará la conmutación con la PSTN y viceversa si es que se diera el caso.

El Gateway que debe elegirse debe tener entradas analógicas (línea FXO) que serán utilizadas de salida hacia la PSTN. Adicionalmente, se debe tener en cuenta el códec elegido para que se pueda realizar adecuadamente la decodificación de paquetes de voz y que sean convertidos en señales analógicas.

Dispositivos terminales

Se usarán hardphones que son teléfonos VoIP con un conector RJ45 para ser conectados directamente hacia la red de datos. Como se definió en el capítulo anterior, se usarán seis teléfonos en total en el centro de

salud de Huayrur que estarán repartidos de la siguiente manera: dos para el área de atención médica y cuatro para el área administrativa.

4.2.2 Diagrama de la red VoIP

Una vez definidos los equipos y diseñada la red del radio enlace IP en el punto anterior; entonces, el diagrama de la red VoIP es el siguiente [FER2008]:

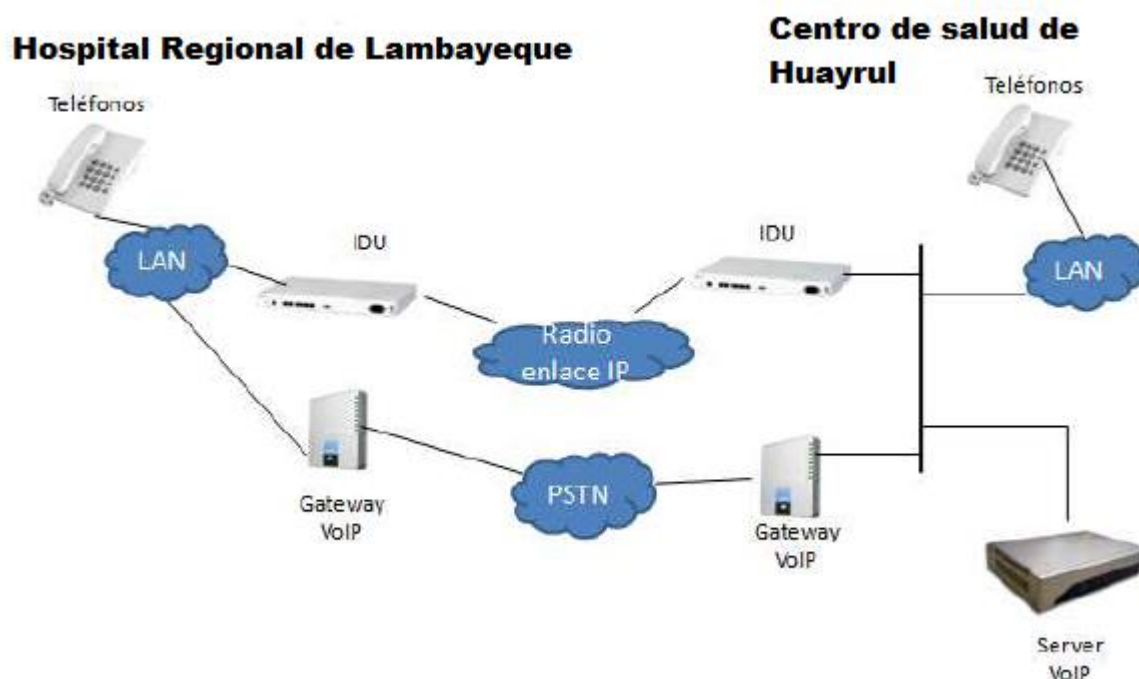


FIGURA 4-18: DIAGRAMA DE RED VOIP

Fuente: "Elaboración propia"

4.3 Diseño de la red de Videoconferencia IP

Los sistemas de videoconferencia sirven para comunicar dos o más personas de forma remota y así estas puedan tener una comunicación más directa ya que se pueden ver mientras están conversando; a la misma vez, algunos sistemas permiten intercambio imágenes, datos o archivos que pueden ser útiles sobre todo en servicios como telemedicina. Se puede intercambiar información como la siguiente [CAB2011]:

- Presentaciones PowerPoint
- Pizarra electrónica
- Proyector de documentos

Las videoconferencias IP en nuestros días ofrecen una solución más adecuada y barata para prestar servicios de calidad con un buen audio e imagen que es muy útil para sistemas modernos de telemedicina que serán de gran ayuda para los médicos que usarán dicha tecnología.

Las videoconferencias se dividen de acuerdo a la tecnología que usan, para el caso de tecnología IP, se usa el estándar H.323. Dicho protocolo establece una base para comunicaciones tanto de audio, video y datos a través de una red IP. Los dispositivos que trabajan bajo el estándar puede operar junto con dispositivos de otros estándares y así no exista problemas de falta de compatibilidad. Esta recomendación cubre los requerimientos técnicos para servicios de comunicaciones entre redes basadas en paquetes (PBN) que pueden proporcionar calidad de servicio (QoS). Dichas redes de paquetes pueden incluir redes LAN, WAN, Intranets o incluso Internet. Adicionalmente, puede incluir conexiones telefónicas o punto a punto sobre la red telefónica conmutada o ISDN que usan debajo un transporte basados en paquetes [CAB2011].

La recomendación para un sistema H.323 incluye los siguientes componentes: Terminales, Gateways, Gatekeepers, Controladores Multipunto (MC), Procesadores Multipunto (MP) y Unidades de Control Multipunto (MCU). Sin embargo para sistemas de teleconferencias punto a punto, se puede utilizar básicamente terminales simples que mediante ciertas configuraciones no tan complejas pueda realizar adecuadamente la videoconferencia IP sin problemas y con una muy alta calidad [CAB2011].

En la red de telemedicina se usarían dos terminales simples en cada nodo de la red para que se puedan conectar directamente a la red de datos y de esta manera se pueda transmitir imagen, voz y datos a través del radio enlace IP desde el centro de salud de Huayruil hacia el “Hospital Regional de Lambayeque” usando el protocolo H.323.

El sistema a implementarse resultaría de la siguiente manera:

**Hospital Regional de
Lambayeque**

**Centro de salud
de Huayrúl**



FIGURA 4-19: DIAGRAMA DE RED VIDEOCONFERENCIA IP

Fuente: "Elaboración propia"

4.4 Red para dispositivos de telemedicina

El sistema está basado en una estación de telemedicina realizada en otro país de Sudamérica. Básicamente, se contará con dos equipos espirómetros para medir el rendimiento de los pulmones así como poder detectar que tan avanzado o complicado se encuentra alguna enfermedad de relacionada las vías respiratorias. Por otro lado, también se cuenta con dos estetoscopios electrónicos que sirven para auscultaciones básicas tanto para problemas de vías respiratorias como para otro tipo de enfermedades [PER2000].

Para la interconexión con la red de telemedicina, se tiene que tomar en cuenta que ambos elementos estarán conectados a la computadora del doctor desde donde se enviarán los datos al establecimiento de salud y donde se recibirá los datos para que sean analizados por el médico especialista y se pueda brindar un diagnóstico más acertado o un tratamiento más efectivo si la enfermedad fue detectado con anterioridad. El equipo espirómetro estará conectado a la computadora a través del puerto USB mientras que el equipo estetoscopio digital estará conectado a la computadora a través de un puerto serial del CPU [PER2000].

El diagrama para estos equipos y su conexión a la red se dará de la siguiente manera:

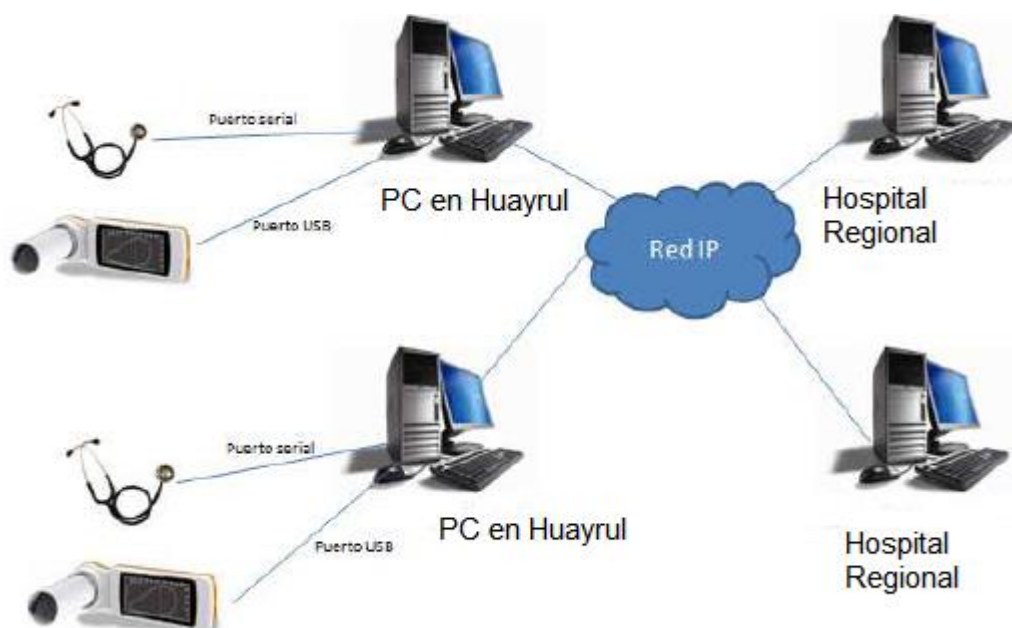


FIGURA 4-20: DIAGRAMA DE RED DE DISPOSITIVOS DE TELEMEDICINA

Fuente: “Elaboración propia”

4.5 Red LAN dentro del centro de salud de Huayrul

En el caso de la LAN dentro del telecentro se establecerá teniendo en cuenta los dispositivos que estarán conectados a la red y dependiendo de la ubicación de las mismas dentro del telecentro. En este caso, se contarán con los siguientes elementos para formar el LAN dentro del centro de salud [MAL2011].

Router

Dispositivo de capa 3 que sirve para interconectar la red de radio enlace IP con la red local LAN y sus VLANs internas. En el caso de la red no se necesitará un Router con características muy complejas solamente que brinde una buena distribución a los diversos elementos con los que contamos en la red y deberá soportar las siguientes características:

- Mínimo dos puertos Ethernet 10/100/1000 Base T
- Servicios integrados de voz y seguridad
- Soporte de VoIP y videoconferencia

Switch

Para el diseño del LAN se utilizará este dispositivo de capa 2 para poder distribuir diversos puntos de red a cada uno de los dispositivos que se

conectarán a la red. Este dispositivo debe contar con las siguientes características:

- Por lo menos unos 16 puertos 10/100 Mbps
- Velocidad de conexión 10 Base T y 100 Base T
- Transmisión en full duplex
- Control de pérdidas de datos

Firewall

Es un cortafuego de la red que brindará un mayor grado de seguridad a la red en cuanto a ataques externos provenientes de internet. Se desea bloquear contenido amenazante para brindar protección contra contenido además que estableces altas políticas de seguridad.

Dados los elementos mencionados anteriormente tanto para la red LAN como para las diversas redes a instalarse en el establecimiento de salud, el diagrama de red LAN quedará de la siguiente manera [MAL2011]:

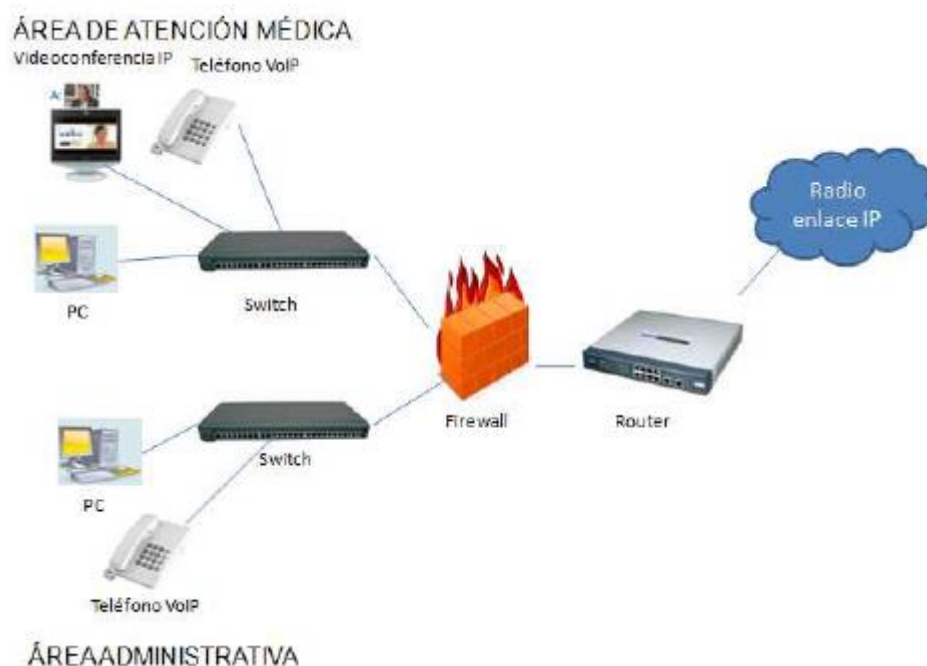


FIGURA 4-21: DIAGRAMA DE RED LAN DENTRO DEL CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL

Fuente: "Elaboración propia"

En esta parte del diseño, es preciso también establecer el plan de direccionamiento IP dentro del centro de salud de Huayrul para saber exactamente qué IP se le proporcionará a cada equipo y como estos serán conectados a la red. La división de subredes se realizará de manera simple tomando en cuenta los elementos que pertenecen a diferentes subredes para

posteriormente que están sean conectadas a la red y se usarán direcciones IP privadas de clase C para hacer su respectiva distribución [MAL2011].

TABLA 4-4: PLAN DE DIRECCIONAMIENTO IP PARA CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL

Nro Subred	Descripción	Número de hosts	Subred	Máscara de subred	Direcciones IP de Hosts
1	Teléfonos - Área de atención médica	2	192.168.1.0	255.255.255.224	192.168.1.2 - 192.168.1.3
2	Videoconferencia - Área de atención médica	2	192.168.1.32	255.255.255.224	192.168.1.34 - 192.168.1.35
3	Computadoras - Área de atención médica	2	192.168.1.64	255.255.255.224	192.168.1.66 - 192.168.1.67
4	Teléfonos - Área administrativa	4	192.168.1.96	255.255.255.224	192.168.1.98 - 192.168.1.101
5	Computadoras - Área administrativa	6	192.168.1.128	255.255.255.224	192.168.1.130 - 192.168.1.133

4.6 Equipamiento

4.6.1 Diseño del radio enlace IP

EQUIPO ODU: WL1000-ODU-HE/F58/FCC/EXT

Es un radio para portadoras de múltiples bandas que soporta la banda de 5.8 GHz y trabaja bajo las regulaciones de FCC. Esta unidad outdoor funciona con una antena externa.

Este equipo ODU soporta TDM nativo así como Ethernet Nativo sobre un simple radio enlace. De este producto cabe destacar las siguientes características que se acoplan de una buena forma al diseño de red [WIN2007]:

- Se conecta a la IDU mediante un cable CAT -5e, soporta hasta máximo 100 m. de cable
- Capacidad: 18 Mbps de velocidad simétrica de red (Hasta 4 E1/T1 + Ethernet)
- Bandas de frecuencia: 5.730 – 5.845 GHz

- Se puede alcanzar hasta unos 80 Km.
- Ancho de banda de canal: 5 MHz
- Máxima velocidad de transmisión: 5.4 Mbps
- Modulación OFDM – BPSK/QPSK/16QAM/64QAM
- Modulación adaptativa y codificación soportada
- Selección automática de canal
- Máximo poder de Tx: 23 dBm
- Tecnología de duplexaje TDD
- Corrección de Error FEC $K = \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}$
- Dimensiones: 24.5cm x 13.5cm. x 4.0cm.
- Peso: 1.0 Kg.
- Se alimenta energéticamente a través de la IDU
- Consumo de potencia: Menos de 10 W
- Se puede montar en una pared o en un poste
- Para el caso de medidas contra los efectos ambientales usa el IP 67 (protegido contra polvo y contra inmersión de hasta 1m.)
- Radio regulaciones FCC: CFR 47: PART 15, sub parte 15.

Radwin IDU-C

Este equipo cuenta con interfaces E1/T1, Ethernet. Cuenta con un reloj independiente para cada puerto TDM. Es compatible con varios otros equipos de radio de la marca RADWIN. Dentro de sus características principales se tiene [WIN2007]:

Interfaz TDM

- Cuenta con cuatro puertos TDM tipo E1
- Usa conectores RJ-45
- La interfaz TDM trabaja bajo el estándar ITU-T G.703, G.826
- La línea de código E1: HDBB en 2048 Mbps
- Latencia configurable de 5-20 ms. (Por defecto es 8 ms.)
- Impedancia E1: 120Ω balanceado

Interfaz Ethernet

- Dos puertos Ethernet 2x10/100BaseT
- Usa conectores RJ-45

- Impedancia: 100 Ω
- Soporta VLAN transparente
- Máximo tamaño de trama: 2048 Bytes
- Bridge de capa 2, modo de selección Hub/Bridge
- Latencia de 3 ms.

Características generales del equipo

- Cuanta con cuatro alarmas output y cuatro alarmas input para contacto con agua
- Dimensiones: 43.6cm x 21 cm x 4.4cm
- Pesa 1.5 Kg
- Consume menos de 10 W de potencia
- Cuenta adicionalmente con un puerto SFP del tipo Fast Ethernet

Antena externa de 5.8 GHz Flat Panel

Las características de esta antena son las siguientes [WIN2007]:

- Ganancia: 28 dBi
- Máximo rango de alcance: 80 Km
- Ancho del haz: 4.5 grados
- Dimensiones: 60cm x 60cm x 51cm
- Peso: 5.0 Kg.
- Conector tipo-N
- Necesita instalación adicional de dispositivo pararrayo

4.6.2 Diseño de la red VoIP

En el diseño de la red VoIP se definieron los tipos de equipos que se usarán; a continuación, se especificarán marcas y características de los equipos [FER2008].

Servidor VoIP

Para el software del servidor se eligió Asterisk dado sus principales características como no ser propietario; además, cuenta con características propias de una centralita basada en Hardware (conmutación, transferencia de llamada, llamada en espera, identificación de llamadas, buzón de voz, etc.).

Asterisk trabaja bajo el sistema operativo Linux que también es de libre distribución y podrá trabajar sobre cualquiera de sus distribuciones de Linux

que sean gratuito como son Fedora, Debian, CentOS y OpenSuse. La mejor opción sería Debian Linux dado sus 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 apenas ocupa unos 400 Mb de disco duro.
- No instala librerías que no se vayan a utilizar.
- Compatibilidad con tarjetas de telefonía

Para definir el hardware del servidor se debe tomar en cuenta ciertos valores mínimos en cuanto al número de canales a usarse, dado que el número de canales es de 6; entonces, por lo menos el hardware para el proyecto debería contar con las siguientes características:

TABLA 4-5: CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE SERVIDOR VOIP

Componente	Característica	Fundamento
Procesador	1 GHz CPU	Recomendable para un sistema pequeño y se deja margen para usuarios futuros
Memoria RAM	512 MB	El servidor se usa solo para señalización, no se usa mucho procesamiento
Disco Duro	40 GB	El sistema operativo y el software Asterisk no ocupan más de 2 GB pero se necesita espacio adicional para Backups de información
Tarjeta de interfaz de red	FastEthernet 100/10	Con la cantidad de usuarios que contamos, no se necesita mayor capacidad para la tarjeta
Slots PCI	1 PCI Express	Para poder integrar tarjetas FXO, RXS o T1/E1

Dado estas características mínimas a implementar, por los avances de los equipos de computación, la mayoría de las PCs actualmente cumplen con dichas características y se definirá una PC que cumpla con los requisitos expuestos:

Pentium 4 Dell Optiplex GX280 de 2,8 GHz

Características:

- Procesador Intel Real de 2,8 GHz LGA
- Memoria RAM 1 GB DDR2
- Disco Duro 40 GB SATA

Gateway

Para definir el Gateway a usar, se debe tener en cuenta que se brinda servicio a 6 abonados dentro de la Red de Huayrul y eso será principal para la elección del Gateway, se procede a realizar una comparación entre diferentes alternativas para definir cuál es la más óptima [FER2008].

TABLA 4-6: COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GATEWAY DE VOZ

	GrandStream GXW – 4108	Patton Smartnode 4520	Cisco SPA8000 8-Port
Puertos	<ul style="list-style-type: none"> • 8 FXS • 2 LAN/WAN 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 FXS • 2 LAN/WAN 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 FXS • 1 LAN/WAN
Señalización	<ul style="list-style-type: none"> • SIP 	<ul style="list-style-type: none"> • H.323v4 • SIP v2 	<ul style="list-style-type: none"> • SIP v2
Códecs	<ul style="list-style-type: none"> • G.711 • G.723 • G.729A/B • G.726 	<ul style="list-style-type: none"> • G.711 (a/μ) • G.723, • G.729ab • G.726 • G.727 • G.711 	<ul style="list-style-type: none"> • G.711 (a/μ) • G.726 (16/24/32/40 kbps) • G.729 A • G.723.1 (6.3 kbps, 5.3 kbps)
Administración	<ul style="list-style-type: none"> • HTTP • TFTP 	<ul style="list-style-type: none"> • HTTP • TFTP • SNMP • CLI, Telnet 	<ul style="list-style-type: none"> • HTTP • TFTP • HTTPS
Servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Provee FAX, voz, video vigilancia y soporte de módem. • Puede actuar como Gateway para comunicaciones IP • Interconecta líneas remotas de telefonía a través 	<ul style="list-style-type: none"> • Provee FAX, voz, video vigilancia y soporte de módem. • Se prioriza el tráfico de voz sobre el tráfico de datos. • Funciona como router con las siguientes características DHCP, NAT, Firewall/ACL y 	<ul style="list-style-type: none"> • Provee FAX, voz, video vigilancia y soporte de módem. • Puede funcionar como un adaptador telefónico analógico. • Provee un alto nivel de seguridad basando en encriptación EAS para comunicaciones.

Se escogerá el Patton Smartnode 4520 dado que cuenta con un buen sistema de seguridad de datos así como cuenta con el códec a usarse y cuenta con VAD que nos servirá para ahorrar ancho de banda tal cual fue especificado anteriormente; adicionalmente, una de sus grandes

características es que puede funcionar como Router para gestión de ancho de banda y esto ayuda al retardo que en el caso de transmisión de voz en tiempo real es un tiempo crítico.

Teléfono VoIP

Para la elección del teléfono VoIP se debe tomar en cuenta características como que se cuente con VAD y que sea de un uso ligeramente simple para los doctores y personal administrativo que usen dichos aparatos. Es importante recordar que deben contar con el códec elegido determinar el ancho de banda que fue el códec G.726. A continuación, se procede a hacer una comparación entre las alternativas que contamos para el teléfono VoIP [FER2008].

TABLA 4-7: COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TELÉFONOS VOIP

	GrandStream GXP-2000	Cisco SPA941	3Com 3101
Códecs	<ul style="list-style-type: none"> • G.711 (a/μ) • G.723.1 • G.729A/B • G.726 • G.722 • iLBC VAD 	<ul style="list-style-type: none"> • G.711 (a/μ) • G.726 (16/24/32/40 kbps) • G.729 A • G.723.1 (6.3 kbps, 5.3 kbps) • VAD 	<ul style="list-style-type: none"> • G.711 • G.722 • Dynamic Jitter Buffer • G.729A/B
Protocolos	HTTP, ICMP, ARP/RARP, DNS,DHCP, NTP, PPPoE, STUN, TFTP	HTTP, ICMP, ARP, DNS, DHCP, TCP, UDP, RTP, RTCP, SNTP	DHCP, 802.1 p/q
Conectividad Ethernet	2 Puertos RJ45 10/100 BaseTX	1 Puerto RJ45 10/100 BaseTX	2 Puertos RJ45 10/100 BaseTX
Funcionalidad	<ul style="list-style-type: none"> • Caller ID display or block, per call or permanent • Call waiting, hold, mute, transfer (blind or attended),forward, and more • 3-Way Conferencing 	<ul style="list-style-type: none"> • Speakerphone • Call hold • Music on hold • Call waiting • Caller ID name and number • Outbound caller ID blocking • Call transfer: attended and blind • Three-way call conferencing with local mixing 	<ul style="list-style-type: none"> • Call Transfer • Message waiting indication • Name ID

Alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • PoE (802.3af) • AC Power 	<ul style="list-style-type: none"> • AC Power 	<ul style="list-style-type: none"> • PoE (802.3af) • AC Power
---------------------	---	--	---

El teléfono VoIP elegido es el GrandStream GXP-2000 dado que cuenta con VAD y además cuenta con PoE lo cual ayudará a mejorar el desempeño ya que se evitará energizar el equipo mediante toma eléctrica y se evitará tener problema durante posibles fallas eléctricas que se presenten en el establecimiento donde son instaladas.

4.6.3 Diseño de videoconferencia IP

Para la elección adecuada del equipo para videoconferencia se debe hacer un comparativo entre las diversas alternativas con que contamos en el mercado para que se pueda implementar de la manera más óptima y eficiente [POL2007] y [SON2005].

TABLA 4-8: COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE VIDEOCONFERENCIA IP

	Sony PCS-TL30	Polycom HDX 4000
Estándares de video	H.261, H.263, H.263+, H.263++, H.264, H.323, H.225, H.281 FECC, H.245, H.239, H.235, MPEG-4	H.264, H.263++, H.261, People+Content / H.239, H.263 y H.264, H.221, H.224/H.281, H.323, H.225, H.245, H.241, H.331, H.239, H.231, H.243, H.460
Códecs de audio	G.711, G.722, G.728, G.729	G.722, G.722.1, G.711, G.728, G.729A
Interfaz de red	10Base-T/100Base-TX x 1, (RJ-45)	2-port 10/100 auto NIC switch, RJ45 connectors y RJ11 analog phone connector
Ancho de banda	<ul style="list-style-type: none"> • Hasta 2 Mb/s (2048 kb/s) in H.323 (Incl. audio) • G.711: 3.4 kHz at 56/64 kb/s • G.722: 7.0 kHz at 48/56/64 kb/s • G.728: 3.4 kHz at 16 kb/s • G.729: 3.4 kHz at 8 kb/s • MPEG4 AAC (mono) 14 kHz at 64/96 kb/s 	<ul style="list-style-type: none"> • 22kHz BW con Polycom Siren 22 • 14kHz BW con Polycom Siren 14 , G.722.1 Annex C • 7 kHz BW con G.722, G.722.1 • 3.4 kHz BW con G.711, G.728, G.729A • H.323 hasta 4Mbps (2 Mbps standard) • SIP hasta 4Mbps (2 Mbps standard)

4.6.4 Equipos de telemedicina

Para escoger el equipo espirómetro se cuentan con diferentes alternativas de entre las que se puede mencionar los siguientes como buenas alternativas para la red de telemedicina [MED2011].

TABLA 4-9: COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE ESPIRÓMETROS

	Spirobank	Minispir	Spirodoc
Funcionalidad	<ul style="list-style-type: none">• Espirómetro para soluciones configurables y personalizables• Cuenta con software especial para poder obtener informes del paciente.	<ul style="list-style-type: none">• Espirómetro basado en PC• Cuenta con oximetría en línea• Cuenta con software especial para poder obtener informes del paciente.	<ul style="list-style-type: none">• Espirómetro• Pulsioxímetro• Acelerómetro en 3D• Cuestionario para control de síntomas• Cuenta con software especial para poder obtener informes del
Conectividad	USB y Bluetooth	USB	USB 2.0 On-The- Go y Bluetooth 2.1
Pantalla	Gráfica LCD – FSTN 128 x 48 píxeles	No cuenta, los datos son mostrados directamente en la computadora	Táctil retro iluminada 128x64 pixeles
Alimentación	Pila de 9v DC	Alimentado por puerto USB	Batería recargable de Ion-Litio 3,7V, 1100 mA

De estos equipos espirómetros, se descarta en primer lugar el primer equipo dado que tiene solo funcionalidad de espirómetro y siempre es necesario tener un análisis de oximetría para tener un buen informe de rendimiento de las vías respiratorias. En segundo lugar, se descarta el Minispir dado que es dependiente de las computadoras y si es que se llegará a malograr la computadora sobre la cual trabaja este Minispir; entonces, el dispositivo quedaría totalmente fuera de uso. Por lo tanto, se usará el equipo Spirodoc dado que es el equipo más completo, que cuenta con la mayor cantidad de funcionalidades, óptima para la red en la cual se tratarán en mayor cantidad enfermedades relacionadas a las vías respiratorias y no será dependiente de una computadora para poder obtener rendimiento de vías respiratorias.

Para la elección del estetoscopio electrónico no se encontró muchos buenos equipos, por lo que se eligió TR-1/EF Telephonic Stethoscope de la empresa Telehealth Technologies que cuenta con características óptimas para la red de telemedicina como son las que se mencionan a continuación [TEL2011]:

- Se conecta a un equipo PC-1 que es una pieza de pecho que sirve para la auscultación del pecho tanto para estetoscopios analógicos como estetoscopios digitales.
- Auscultación de ancho de banda de 20 Hz a 1400 Hz con los ancho de banda más bajos como 19.6 Kbps
- El mismo modulo puede ser usado como unidad de transmisión o recepción.
- Se puede controlar el volumen a la hora de hacer la auscultación.
- Cuenta con un Bell/Diafragma Switch que sirve para mejorar los exámenes de auscultaciones tanto cardíacas como pulmonares.
- Posición Bell: 20 Hz a 250 Hz, para mejorar bajas frecuencias para un buen énfasis en sonidos cardíacos.
- Posición diafragma: 1400 Hz para mejorar los sonidos pulmonares
- Se puede conectar a la videoconferencia a través de un canal de datos (envía ancho de banda de los sonidos de auscultación mientras transporta el video).
- Se puede conectar a la red IP.
- También se puede conectar a líneas telefónicas usando un módem común.

Para el caso de las computadoras en la red de telemedicina se debe definir también las PCs que a usarse, dado que no se necesitará mucho procesamiento de datos y mucha complejidad que tenga como funciones principales las computadoras deben ser de bajo precio y eficientes. Tomando en cuenta estas características, se definió Compaq Desktop CQ1506LA Intel Atom D525 como la computadora a usarse en la red, esta computadora cuenta con las siguientes características [SAG2011]:

- Computador ultra compacto
- Procesador Intel Atom D525 de 1,8 GHZ
- Memoria caché de 1 MB

- Memoria RAM de 2 GB, expandible hasta 4 GB
- Disco duro de 500 GB
- Pantalla LED de 18,5"
- Tarjeta gráfica UMA Graphics Intel Pineview D525 integrada
- Conexión USB
- Sistema operativo Windows 7 Starter (32 bit)

Estas mismas computadoras serán usadas por el área administrativa del centro de salud de Huayrul; asimismo, dos computadoras serán instaladas el Hospital Regional de Lambayeque para que se reciban los datos enviados desde el centro de salud de Huayrul hacia y se pueda realizar el tratamiento y monitoreo adecuado.

4.6.5 Equipos de LAN de centro de salud

Para el caso de los elementos de la red LAN dentro del centro de salud de Huayrul, se tiene que escoger entre diversas alternativas de equipos ya sea para firewalls, routers y switches. Como es sabido los equipos más conocidos son los de las marcas Cisco y D-Link. Dado que se busca el ahorro en costos; entonces, se usarían solo equipos D- Link para los dispositivos mencionados anteriormente ya que esta marca ofrece sus productos a bajo precio; sin embargo, el Router es un elemento principal dentro de la red y se debe asegurar un excelente equipo en este caso sin importar mucho el precio; entonces, para el router si se elegirá un equipo de la marca Cisco mientras en el caso de el firewall y los switches se eligen equipos D-Link dado su bajo costo. Para precisar, a continuación, se mencionan los equipos que se usarán y sus características principales que se apreciará claramente que cumple con los requisitos solicitados según el diseño de red LAN establecido anteriormente [MAL2011].

Router Cisco 2821

Este router cuenta con las siguientes características [CIS2011]:

- Alto rendimiento para servicios simultáneos de seguridad y voz, y servicios avanzados de múltiples tasas de T1/E1/xDSL y WAN
- Protección mejorada contra alta modularidad.
- Cuenta con 2 puertos Ethernet 10/100/1000

- Sistema de seguridad con encriptación
- Antivirus de defensa para ayuda del NAC (Control de admisión de red)
- Soporta llamadas de voz analógica y digital.
- Soporta correo de voz
- De forma opcional, soporta procesamiento de llamada local de una empresa que tengan hasta 48 teléfonos IP.

D-Link DSS-16+ 16-Port 10/100 Desktop/Rackmount Switch

Este switch cuenta con las siguientes características [DLI2010]:

- 16 puertos 10/100 TX
- Es ideal para VoIP y sistemas con alta calidad de imagen como juegos en línea
- Cuenta con una tasa de transferencia de datos en la red de hasta 200 Mbps en modo full dúplex
- Se conectan a través de conectores RJ-45 para 10Base-T
- Consume 6 Watts de potencia.

D-Link DFL-210 NetDefend Network Security UTM Firewall

Este firewall cuenta con las siguientes características de seguridad [DLI2009]:

- SPI (Inspección de paquetes de estado)
- Política de autenticación basada en usuario
- Protección de ataque DoS/DDoS
- Soporta RADIUS, LDAP, IAS
- Filtra tráfico HTTP: Palabras clave, URL, lista de exentos
- Filtros de script: Scripts Java, scripts VB, Cookies y ActiveX.

4.7 Interconexión con redes externas

En este caso, se deben hacer dos claras distinciones de redes externas con las cuales se comunicará la red de telemedicina:

En primer lugar, se realizará conexión con la red ADSL que proveerá de internet a las computadoras del centro de salud de Huayrur, esta red ADSL brindará un rápido acceso a Internet a las computadoras de este centro de salud; a la misma vez, a través de la red se podrá proveer de internet a las computadoras instaladas en el “Hospital Regional de Lambayeque”. Para la red de telemedicina, las necesidades actuales de velocidad y las nuevas medidas para proveer internet de banda ancha, se instalará internet con ADSL de 4 Mbps. Esta unión de red ADSL con la red de telemedicina se aprecia claramente en el siguiente esquema:

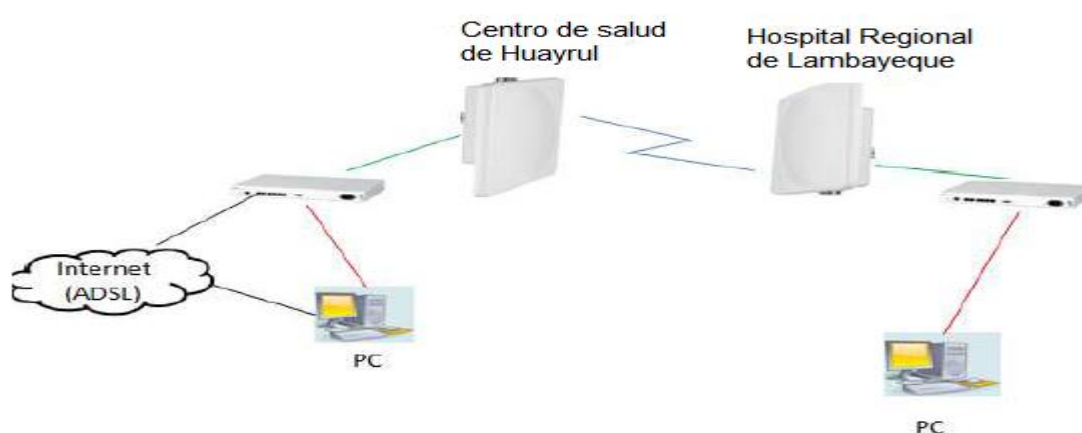


FIGURA 4-21: DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN DE RED DE TELEMEDICINA CON RED ADSL (INTERNET)

Fuente: “Elaboración propia”

En segundo lugar, se tiene que unir la red de telemedicina con la red pública telefónica para que nos provea de voz tanto en lo que respecta al centro de salud de Huayrur como al “Hospital Regional de Lambayeque” ya que pese a que se implementará VoIP se necesitará algunas líneas que demandarán salida hacia la red pública de telefonía; además, es necesario poder comunicarnos con abonados externos desde la red VoIP y por lo tanto ambos nodos de la red tendrán que estar conectados a dicha red. Como se mencionó en capítulos anteriores, se requerirán seis líneas para conectar la red de telemedicina con la red pública telefónica. El diagrama de conexión de la red de telemedicina con la red pública telefónica se apreciaría de la siguiente manera:

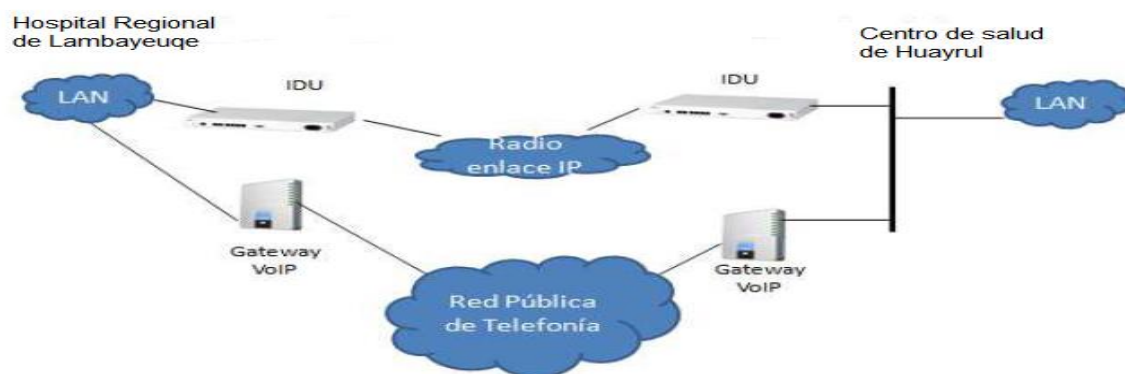


FIGURA 4-22: DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN DE RED DE TELEMEDICINA CON RED PÚBLICA TELEFÓNICA

Fuente: "Elaboración propia"

Capítulo 5

Análisis de Costos

5.1 Costos de inversión de la red de telemedicina

Se procede a analizar los costos iniciales que demandará desplegar la red de telemedicina propuesta en los capítulos anteriores. Para facilidad de evaluar costos, se evaluará costos de cada red a implementarse en el sistema iniciando con el principal del radio enlace IP. Asimismo, cabe resaltar que se evaluará el costo de instalación de los servicios de internet y los costos de las líneas fijas. Por otro lado, también se tomará en cuenta los el costo de personal de instalación de los dispositivos tanto de la parte técnica como de ingeniería. Vale la pena recordar que no se evalúa rentabilidad del proyecto e ingresos dado el carácter social de este proyecto que busca ayudar a mejorar la atención sanitaria en el Centro Poblado Huayrul y por lo tanto este proyecto debería ser solventado por algún ente del estado como el MINSA o el FITEC y apoyado por dichos entes para su implementación y funcionamiento adecuado. En el caso de los precios de los equipos, la mayoría fue encontrado en páginas de Internet, en caso de tratarse de páginas del exterior se procedió a hacer un cálculo de sumarle el 15% de su precio de Internet para el respectivo precio que implicaría traerlo al país, cabe resaltar que estos precios podrían variar al momento de hacer una cotización real por parte de una empresa.

Costos Radio enlace IP

Se proponen los costos del radio enlace IP tanto del nodo ubicado en el centro de salud de Huayrul como el ubicado en el “Hospital Regional de Lambayeque”. Es necesario notar que no se toma en cuenta costos por torres o instalaciones donde se coloca la antena en una parte alta ya que según el diseño en Radio Mobile se apreció que las antenas iban a un nivel de alrededor de 2 metros del suelo y por lo tanto no se requiere material adicional como pequeñas torres o columnas ya que enganchado adecuadamente a un muro o columna se podría poner los equipos externos. A continuación, se procede a poner el presupuesto del radio enlace IP de acuerdo a precios de mercado local.

TABLA 5-1: EVALUACIÓN COSTOS DE RADIO ENLACE IP

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Equipo ODU: WL1000-ODU- HE/F58/FCC/EXT	1200	2	2400
Equipo IDU-C 4 puertos Ethernet + 2 E1	900	2	1800
Antena externa de 5.8 GHz Flat Panel	550	2	1100
Costo total			5300

Costos Red VoIP para atención sanitaria

Para el caso de la red VoIP se debe tener en cuenta que se implementa tanto en el caso del centro de salud de Huayrul así como en el “Hospital Regional de Lambayeque” y se podrá conectar a más terminales pero eso ya dependerá de un nuevo sistema.

TABLA 5-2: EVALUACIÓN COSTOS DE RED VOIP

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Servidor VoIP : Microtech Desktop Intel Core i5 de 3,2 GHz	150	1	150
Gateway de voz Patton Smartnode 4520	630	2	1260
Teléfono VoIP GrandStream GXP-2000	120	4	480
Costo total			1890

Costos Red Videoconferencia IP

El sistema de videoconferencia IP será simple y conformado por un sistema de Sony que implementa simples terminales en ambos nodos de la comunicación y mediante configuración simple y unida a la red podrán realizar la videoconferencia tan importante para centros de salud que cuentan con un sistema de telemedicina.

TABLA 5-3: EVALUACIÓN COSTOS DE VIDEOCONFERENCIA IP

Ítem	Preciounitario(\$)	Cantidad	Costo(\$)
Videoconferencia IP: Sony PCS-TL30	3450	2	6900
Costo total			6900

Costos de equipos de telemedicina y cómputo

Se evalúan los costos de los equipos de telemedicina usados en el centro de salud que en este caso está conformado por dos estetoscopios electrónicos y dos equipos espirómetros. A su vez, estos equipos funcionan

conectados a equipos de cómputo para que puedan ser transportados a la red y es por eso que en este capítulo se definen los costos de los equipos de cómputo que sirven para el área de atención médica que serán dos también.

TABLA 5-4: EVALUACIÓN COSTOS DE EQUIPOS DE TELEMEDICINA

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Espirómetro Spirodoc	1330	2	2660
TR-1/EF Telephonic Stethoscope + CP1 Chest Piece	1800	2	3600
Computadora Compaq Desktop CQ1506LA Intel Atom D525	440	4	1760
Costo total			8020

Costos de red LAN en el centro de salud de Huayrul

Se evaluará los costos de instalar la red LAN dentro del centro de salud de Huayrul donde se implementará seguridad además de una adecuada distribución de puertos Ethernet para permitir la conexión a la red de datos que viajarán entre el centro de salud y el hospital.

TABLA 5-5: EVALUACIÓN COSTOS DE RED LAN EN CENTRO DE SALUD DE HUAYRUL

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Router Cisco 2821	2000	1	2000
D-Link DSS-16+ 16-Port 10/100 Desktop/Rackmount Switch	90	2	180
D-Link DFL-210 NetDefend Network Security UTM Firewall	500	1	500
Costo total			2680

Costos de equipos para el área administrativa

Se evaluará costos de los teléfonos IP instalados en esta área así como las computadoras instaladas para que puedan trabajar más eficientemente y estén conectados a la red y aumentar su eficiencia de trabajo.

TABLA 5-6: EVALUACIÓN COSTOS DE EQUIPOS DE ÁREA ADMINISTRATIVA

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Teléfono VoIP GrandStream GXP-2000	120	4	480
Computadora Compaq Desktop CQ1506LA Intel Atom D525	440	6	2640
Costo total			3120

Costos de instalación de servicios de internet y telefonía fija

Para la evaluación de estos costos se tiene que tomar en cuenta los precios ofrecidos por los operadores locales para las instalaciones de dichos servicios. Para la red de telemedicina, estos servicios serán instalados en el distrito de Huayrul el cual es el nodo principal de la red de telemedicina.

TABLA 5-7: EVALUACIÓN COSTOS DE INSTALACIÓN DE INTERNET Y TELEFONÍA FIJA

Servicios	Costo (\$)
Instalación del servicio de Internet de 4 Mbps	50
Instalación de las 6 líneas fijas	180

Costos de sistema de protección

Básicamente consiste en un sistema integrado por un pararrayos y un sistema de pozo a tierra que no es muy visto durante los capítulos anteriores pero cuya instalación es muy necesaria por el tipo de clima que tiene en esta localidad en la cual caen grandes precipitaciones con descargas de rayos y truenos.

TABLA 5-8: EVALUACIÓN COSTOS DE SISTEMA DE PROTECCIÓN

Ítem	Costo (\$)
Sistema de puesta a tierra	290
Sistema de pararrayos	480

Costos de instalación, configuración y puesta en operación de la red de telemedicina

En el caso de los costos de instalación, configuración y puesta en operación se tomó en cuenta el precio que actualmente cobran muchas contratas para hacer instalaciones de dicho tipo que en realidad no son demasiados complicados y bastarán contar con ayuda de uno o dos ingenieros y unos cuantos técnicos para poder terminar

dicho trabajo en unos cuantos días. En este caso solo se tomará en cuenta el precio aproximado que pone una contrata para la instalación sin tomar en cuenta el personal que se enviará para dicho fin.

TABLA 5-9: EVALUACIÓN COSTOS INSTALACIÓN RED DE TELEMEDICINA

Servicios	Costo (\$)
Instalación, configuración y puesta en servicio de la red de telemedicina	4000

Una vez obtenidos todos estos costos de equipos, instalaciones y obtención de los servicios de redes externas para acceder a Internet y poder comunicarnos con la red pública telefónica, se procede a hacer un resumen final del costo total inicial que implicaría la red de telemedicina a implementarse.

TABLA 5-10: COSTOS TOTALES INICIALES DE RED DE TELEMEDICINA

Costos de instalación	Costo (\$)
Costo de radio enlace IP	5300
Costo de red VoIP	1890
Costo de red de videoconferencia IP	6900
Costos de equipos de telemedicina y cómputo	8020
Costos de red LAN en centro de salud	2680
Costos de equipos para el área administrativo	3120
Costos de instalación de internet y telefonía fija	230
Costos de sistema de protección	770
Instalación, configuración y puesta en servicio de la red de telemedicina	4000
Costo total de instalación de la red de telemedicina (\$)	32910

5.2 Costos de operación y mantenimiento de la red de telemedicina

Los costos de operación y mantenimiento de red son costos variables que dependen del uso que se le den a los diversos elementos así como el cuidado que se tenga al usarlos. Para estos costos de operación básicamente divide en dos; en primer lugar, los servicios de telefonía e internet que deberán ser cancelados mensualmente y, por otro lado, de debe tener el personal que mantendrá la red trabajando de manera óptima y podrá resolver problemas ante posibles fallas de la red causadas por diversas razones.

Costos de servicios de telefonía e internet

Una vez instalados los sistemas de telefonía e internet se debe tomar en cuenta que se tiene que pagar mensualmente al operador correspondiente por dichos servicios. Teniendo en cuenta las tarifas de los operadores que operan en dicha ciudad se hizo un presupuesto de lo que se tendría que pagar mensualmente para tener acceso a telefonía e internet con buena calidad.

TABLA 5-11: COSTOS DE SERVICIOS DE TELEFONÍA E INTERNET MENSUALES

Servicio	Costo mensual(\$)
Internet 4 Mbps	80
6 Líneas Fijas	120
Costo total	200

Costos de personal de mantenimiento y operación de la red de telemedicina

Es importante contar con personal calificado para poder tener un buen mantenimiento de la red ante posibles fallas del sistema para que puedan ser arreglados cuanto antes; además, dicho personal cada cierto tiempo evaluará el sistema y verá si se podría presentar posibles fallas en el futuro o si algún equipo no está funcionando adecuadamente [MAL2011].

TABLA 5-12: COSTOS DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA RED DE TELEMEDICINA

Cargo	Costo mensual(\$)
Administrador de red	600
Personal para administrar red	400
Personal de seguridad	250
Mantenimiento de equipos	100
Costo	1350

Una vez obtenidos todos estos costos de operación y mantenimiento de la red así como el pago mensual para acceder a Internet y poder comunicarnos con la red pública telefónica, se procede a hacer un resumen final del costo mensual que implicaría contar con esta red de telemedicina.

**TABLA 5-13: COSTOS TOTALES MENSUALES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE
LA RED DE TELEMEDICINA**

Operación y mantenimiento	Costo mensual (\$)
Pago de servicio de Internet y telefonía fija	200
Costo de personal de operación y mantenimiento	1350
Costo total	1550

Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros

Conclusiones

Finalizado el presente proyecto, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- El sistema de red de telemedicina presentado es un proyecto que no implicará un costo demasiado alto en comparación con otras alternativas de redes de telemedicina aplicadas en otros países y esto permite brindar un servicio de calidad y a bajo costo que es lo que se busca en proyectos avocados al lado social más que orientado al negocio.
- Se hicieron estudios de población de Huayrul y sus necesidades tanto sociales como tecnológicas para determinar los equipos de telemedicina que usaríamos en la red en beneficio de la población y de esta manera reciban una mejor atención sanitaria.
- Se realizarán diseños de redes VoIP, videoconferencia, equipos de telemedicina y de LAN dentro del establecimiento, todas estas redes son fáciles de implementar y con nuestro sistema de radio enlace IP se cubre todo el ancho de banda necesario para que estas redes funcionen adecuadamente con una alta eficiencia como ha sido demostrado en otros proyectos.
- Se eligió la alternativa más adecuada para realizar el radio enlace IP dado los parámetros con los que trabajaba este sistema, su bajo costo y su implementación en nuestro país por parte de un operador de dicho sistema.
- Las bandas libres serán usadas correctamente sobre todo en el caso de la banda de 5.8 GHz que no viene siendo muy usada y no está demasiado congestionada todo lo contrario a la banda de 2.4 GHz la cual es muy usada en empresas para diversos fines y según ley estas bandas libres pueden ser aplicadas para usos médicos y en este caso se aprovecharía eficientemente.

Recomendaciones

Se sugieren, a continuación, algunas recomendaciones a tener en cuenta sobre el presente proyecto:

- Se recomienda que se realicen pruebas de conectividad de manera adecuada durante la instalación del equipo de Radio enlace IP; además de evaluar adecuadamente la línea de vista entre el centro de salud de Huayrul y el Hospital Regional de Lambayeque dado que el Radio Mobile evalúa solo la superficie terrestre y no casas o edificios que puedan interferir entre ambos nodos.
- Se recomienda que se evalúe la red VoIP, videoconferencia y los equipos de telemedicina al mismo tiempo para comprobarse que la red soporta dichos servicios tal como en teoría debería hacerlo y calcular cuánto ancho de banda usa dicha red y que posibles dificultades podría tener durante su funcionamiento.
- Se recomienda darle una capacitación adecuada tanto al personal administrativo del centro de salud de Huayrul así como a los doctores que sean parte de la red de telemedicina para que sepan usar los equipos de los cuales se les ha dotado y que la red de telemedicina sea aprovechada de una manera óptima.
- Se recomienda implementar un sistema de puesta a tierra para los equipos que se usen en el centro de salud de Huayrul dado que de alguna manera estarán expuestos a lluvias, granizadas, rayos, truenos y otros factores climatológicos que pueden afectar el rendimiento de la electricidad y que pueda afectar a dichos equipos.

Trabajos Futuros

Se proponen a continuación diversos trabajos derivados del presente proyecto:

- Entre los trabajos futuros queda evaluar el uso de equipos alternativos de telemedicina que puedan ser implementados en el diseño de la red de telemedicina.
- Implementar el diseño propuesto y poder apreciar si se mejora la atención sanitaria en el centro de salud de Huayrul actualmente está avocada a niños menores y a madres embarazadas pero que descuida en gran proporción a gran parte de la población.
- Implementar el diseño propuesto en otros centros poblados parecidos a Huayrul que no cuenten con un hospital cerca de sus localidades.

Bibliografía

- [ACU2010] ACUÑA USTUA, Katty Marilia. *Diseño de la red para un mini- telecentro en la localidad de Santa María en la región de Madre de Dios*. Tesis para optar el título de Ingeniero electrónico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- [ALB2008] Albentia Systems. *ALB-250 Series – 5 GHz band*. Consulta: 30 de Septiembre de 2011.
<<http://www.albentia.com/Docs/ALB-250%20Datasheet.pdf>>
- [ARC2010] ARCILA, Carlos y Mailyn LOAIZA. *Diseño de un enlace telemedicina para el hospital universitario san Juan de dios del Quindío*. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero electrónico. Armenia: Universidad de Quindío, Facultad de Ingeniería Programa de Ingeniería Electrónica. Consulta: 20 de Septiembre del 2011.
< ourproject.org/frs/download.php/372/EnlaceTelemedicina.pdf >
- [ATE2011] Atenciones y atendidos por tipo de establecimiento, según provincia/distrito departamento de Junín – Año 2010. Consulta: 15 de Septiembre de 2011.
<http://www.minsa.gob.pe/estadisticas/estadisticas/Servicios/Atenciones/ATENCIONESMacros.asp?12>
- [BOB2008] BOBADILLA, Dante. “Qué es telemedicina”. Informática médica II “Telemedicina”. Lima, 2008, USMP. Consulta: 23 de Mayo de 2011.
<<http://es.scribd.com/doc/7125380/TelemedicinaFMH>>
- [BOL2011] Boletín epidemiológico 33 – 2011. Dirección Regional de Salud Junín. Consulta: 30 de Agosto de 2011.

<<http://www.diresajunin.gob.pe/images/yootheme/epidemiologia/bol etines/Boletin332011.pdf>>

[CAB2011] CABO SALVADOR, Javier. "Gestión Sanitaria Integral: Pública y Privada". Capítulo 12: Telemedicina y sistemas de información sanitaria. Consulta: 30 de Septiembre de 2011.
<<http://www.gestion-sanitaria.com/3-telemedicina.html>>

[CEN2007] Censos Nacionales 2007 XI de Población y VI de Vivienda. Consulta: 15 de Junio de 2011.
<<http://censos.inei.gob.pe/censos2007/>>

[CHR2004] CHRISTIANSEN, Tom, Ioannis GIOTIS y Shobhit MATHUR. "Performance Evolution of VoIP in Different Settings". Project Papers of University of Washington. Consulta: 05 de Febrero de 2012.
<<http://www.cs.washington.edu/education/courses/cse561/04au/projects/papers/Mathur-Giotis-Christiansen.pdf>>

[CIS2011] Cisco. *Cisco 2821 Integrated Services Router*. Consulta: 05 de Noviembre de 2011.
<<http://www.cisco.com/en/US/products/ps5880/index.html>>

[COM2010] Comisión multisectorial temporada encargada de elaborar "Plan nacional para el desarrollo de la banda ancha en el Perú". *Diagnóstico sobre el desarrollo de la banda ancha en el Perú*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Consulta: 25 de Septiembre de 2011.
<http://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/INFORME%2001%20BANDA%20ANCHA.pdf>

[DLI2009] DLink. *D-Link DFL-210 NetDefend Network Security UTM Firewall*. Consulta: 05 de Noviembre de 2011.
<<http://www.dlink.com/products/?pid=512>>

[DLI2010] DLink. *D-Link DSS-16+ 16-Port 10/100 Desktop/Rackmount Switch*. Consulta: 05 de Noviembre de 2011.
<<http://www.dlink.com/products/?pid=71>>

[EHA2011] EHAS Enlace hispano americano de salud. Consulta: 06 Mayo de 2011
<<http://www.ehas.org/>>

[FER2008] FERNÁNDEZ ZARPÁN, Juan Carlos. *Diseño de una red de voz sobre IP para una empresa para una empresa que desarrolla proyectos de ingeniería de comunicaciones*. Tesis para optar el título de Ingeniero electrónico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

[GRU2011] Grupo ACT. *Consideraciones para implementación de videoconferencia vía IP*. Consulta: 25 de Septiembre de 2011.
<<http://www.grupoact.com.mx/archivos/Consideraciones%20para%20Videconferencia%20IP.pdf>>

[ICC2011] ICC Broadcast Streaming Services. *Radio enlaces IP*. Consulta: 20 de Agosto de 2011.
<<http://www.iccbroadcast.com/index.php/template/radio-enlaces-ip-multimedia.html>>

[INE2007] INEI Instituto Nacional de Estadística e información. Consulta: 08 de Junio de 2011.
<<http://www.inei.gob.pe/>>

[ITM2011] ITMS Telemedicina del Perú S.A. e ITMS Telemedicina de Colombia. Consulta: 04 Mayo de 2011.
<<http://www.itms.com.pe/>> y
<<http://www.telemedicinadecolombia.com.co/servicios.php>>

- [JOS2009] JOSKOWICZ, José. “Voz, video y telefonía sobre IP”. Comunicaciones Corporativas Unificadas. Montevideo, 2009, Universidad de la República. Consulta: 23 de Febrero de 2011.
<<http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Voz%20Video%20y%20Telefonia%20sobre%20IP%202009.pdf>>
- [MAL2011] MALDONADO SIFUENTES, Pedro César. *Diseño de la red interna de un telecentro Polivalente para el distrito de Huepetuhe en la Región de Madre de Dios*. Tesis para optar el título de Ingeniero electrónico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- [MAR2009] MARTÍNEZ-RAMOS, Carlos. “Redes de telecomunicación. PLC. Fibra Óptica. Satélites.”. *Bases tecnológicas de la telemedicina*. Madrid, 2009, pp. 80-97. Consulta: 02 de Junio de 2011.
<<http://www.revistareduca.es/index.php/reduca/article/viewFile/10/19>> [MED2011] Medical International Research. *Prodcuts*. Consulta: 20 de Octubre de 2011.
<<http://www.spirometry.com/>>
- [MIN2009] MINSA Ministerio de Salud. Consulta: 23 de Mayo de 2011.
<<http://www.minsa.gob.pe/portada>>
- [MOT2010] Motorola Wireless Broadband. *PTP 100 Series*. Consulta: 30 de Septiembre de 2011.
<http://wirelessnetworks-asia.motorola.com/products/images/ptp100/downloads/Overview/MWB_PTP100_SpecFnI_110610_2.pdf>
- [OMS2009] OMS Organización mundial de la salud. *Personal sanitario, infraestructura, medicinas esenciales. Estadísticas mundiales sanitarias 2009*. Consulta: 07 de Julio de 2011.
<http://www.who.int/whosis/whostat/ES_WHS09_Table6.pdf>

- [PER2000] PÉREZ, Egilda, Guillermo MONTILLA y Hyxia VILLEGAS.
“Diseño de una estación de Telemedicina”. XV Congreso Argentino de Bioingeniería. Consulta: 05 de Octubre de 2011.
<http://www.sabi.org.ar/anales/cd_2005/pdf/082IC.pdf>
- [PIL2009] PILCO VARGAS, Jaime. *Diseño de una red rural CDMA 450 en las cuencas de los ríos Apurímac, Paruro y Acomayo*. Tesis para optar el título de Ingeniero de las telecomunicaciones. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- [POB2011] Población estimada según provincia y distrito de Departamento de Junín - 2011 MINSA. Consulta: 5 de Septiembre de 2011.
<<http://www.minsa.gob.pe/estadisticas/estadisticas/Poblacion/PoblacionMarcos.asp?12/>>