

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UNA RED DE TELEMEDICINA PARA EL  
DIAGNÓSTICO DE PACIENTES EN LOS CENTROS DE SALUD  
CHUCUITO – PUNO UTILIZANDO INTERNET DE LAS COSAS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JHONATHAN RUBENS SOTOMAYOR MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y**  
**SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

---

**DISEÑO DE UNA RED DE TELEMEDICINA PARA EL DIAGNÓSTICO**  
**DE PACIENTES EN LOS CENTROS DE SALUD CHUCUITO – PUNO**  
**UTILIZANDO INTERNET DE LAS COSAS**

TESIS PRESENTADA POR:

**JHONATHAN RUBENS SOTOMAYOR MAMANI**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



**PRESIDENTE:**

  
-----  
Dr. JOSÉ EMMANUEL CRUZ DE LA CRUZ

**PRIMER MIEMBRO:**

  
-----  
Dr. EUDES RIGOBERTO APAZA ESTAÑO

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
-----  
M.Sc. EDWIN WILBER CHAMBI MAMANI

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
-----  
Ms. LUIS ENRIQUE BACA WIESSE

**ÁREA:** Telecomunicaciones y redes de datos

**TEMA:** Aplicaciones en telecomunicaciones

FECHA DE SUSTENTACIÓN 18 DE DICIEMBRE DEL 2019

## DEDICATORIA

A mi padre Rubén por sus consejos, apoyo en todo momento y a mi madre Yolanda por su amor y apoyo incondicional, a ellos dedico el presente trabajo con todo mi corazón.

A mi hermano Paul, por su apoyo en momentos difíciles.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios quien me ha guiado y me ha dado fuerzas de seguir adelante.

A mis padres: Rubén y Yolanda por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida y sobre todo en mis estudios universitarios.

Al Ing. José Emmanuel Cruz De la Cruz mi gratitud, reconocimiento y admiración por la asesoría de este trabajo, por compartir sus conocimientos y su valiosa experiencia, por la confianza brindada durante el desarrollo y por el apoyo incondicional para la culminación del presente trabajo.

Al Ing. Luis Enrique Baca Wiesse por su asesoría y orientación en la elaboración del presente trabajo.

A todos mis maestros y compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniera Electrónica por la amistad y enseñanza que me han brindado.

A la Universidad Nacional del Altiplano por la formación académica.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>18</b>
1.1.1. Marco del proyecto .....	18
1.1.2. Necesidad de telemedicina en el distrito de Chucuito .....	20
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>21</b>
1.2.1 Problema General .....	22
1.2.2 Problemas Específicos .....	22
<b>1.3. Hipótesis de la investigación.....</b>	<b>22</b>
1.3.1 Hipótesis General .....	22
1.3.2 Hipótesis Específicas .....	22
<b>1.4. Justificación del estudio.....</b>	<b>22</b>
<b>1.5 Objetivos de la investigación .....</b>	<b>23</b>
1.5.1 Objetivo General .....	23
1.5.2 Objetivos Específicos .....	23
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>24</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1. Marco Teórico.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Marco conceptual .....</b>	<b>29</b>
2.2.1. La telemedicina y su clasificación en el tiempo.....	29
2.2.1.1. Tiempo diferido .....	29
2.2.1.2. Tiempo real.....	30
2.2.2. Clasificación por tipo de servicio .....	31

2.2.2.1. Teleconsulta.....	31
2.2.2.2. Telediagnóstico.....	31
2.2.2.3. Telecuidado .....	31
2.2.2.4. Telemetría.....	32
2.2.2.5. Teleeducación.....	32
2.2.2.6. Teleadministración.....	32
2.2.2.7. Teleterapia .....	33
2.2.2.8. Telefarmacia.....	33
2.2.2.9. Telecirugía.....	33
2.2.3. Clasificación por especialidad médica.....	33
2.2.3.1. Telerradiología .....	33
2.2.3.2. Telepatología .....	34
2.2.3.3. Telecardiología.....	34
2.2.3.4. Teleorl – Teleendoscopia .....	34
2.2.3.5. Teledermatología .....	34
2.2.3.6. Tele oftalmología.....	35
2.2.4. El Internet de las cosas (IoT).....	35
2.2.4.1. Arduino y los dispositivos del IoT.....	36
2.2.5. Factores a tomar en cuenta para planificación de un radioenlace .....	38
2.2.6 Evaluación de radioenlace .....	40
2.2.6.1. Límites Máximos Permisibles .....	45
2.2.7 Glosario en términos básicos.....	47
2.2.8. Redes de comunicación usadas en telemedicina .....	50
2.2.8.1. Elementos de redes de telecomunicación.....	51
2.2.8.2. Velocidad de transmisión de las redes .....	51
2.2.8.3. Clasificación según arquitectura y transporte de información .....	52
2.2.9 Redes de comunicación usados en telemedicina .....	55

2.2.9.1. Red mediante líneas eléctricas.....	55
2.2.9.2. Red mediante fibra óptica .....	57
2.2.9.3. Red mediante radio enlaces IP .....	60
2.2.9.4 Red basada en tecnología HF y VHF.....	61
2.2.9.5 Red de comunicación elegida para la red de telemedicina .....	64
2.2.10. Terminales de acceso al usuario .....	65
2.2.10.1 E-health platform.....	65
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>74</b>
<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>74</b>
<b>3.1. Ubicación Geográfica del Estudio .....</b>	<b>74</b>
3.1.1 Centros Poblados .....	74
3.1.2 Puntos de Referencia .....	74
<b>3.2 Periodo de duración del estudio .....</b>	<b>75</b>
<b>3.3 Procedencia del material utilizado .....</b>	<b>76</b>
<b>3.4 Población y muestra del estudio.....</b>	<b>76</b>
3.4.1. Muestra .....	76
<b>3.5 Diseño estadístico.....</b>	<b>78</b>
<b>3.6 Procedimiento .....</b>	<b>83</b>
3.6.1 Técnicas e instrumentos para recolectar información .....	83
3.6.2. Diseño de red piloto en cada Centro de Salud .....	83
3.6.3. Equipamiento elegido para red IP .....	84
3.6.4 Especificaciones técnicas para red IP .....	88
3.6.5. Diseño del subsistema de energía.....	89
3.6.6 Diseño del subsistema de protección eléctrica.....	92
3.6.7 Diseño del subsistema de infraestructura.....	94
3.6.8 Instalación de red IP .....	95
3.6.9 Red para dispositivos de telemedicina.....	99

3.6.10 Red LAN dentro del centro de salud de Churo .....	99
<b>3.7 Variables .....</b>	<b>102</b>
<b>3.8 Análisis de los resultados.....</b>	<b>102</b>
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>103</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>103</b>
<b>4.1. Resultados .....</b>	<b>103</b>
4.1.1. Resultados del sistema de telemedicina .....	103
4.1.2 Resultados del radio enlace para la red de telemedicina.....	108
4.1.3 Análisis de costos .....	124
4.1.3.1 Costos de inversión de la red de telemedicina .....	124
4.1.4. Costos de operación y mantenimiento de la red de telemedicina.....	126
<b>4.2 Discusión .....</b>	<b>127</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO 1: ENCUESTA.....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO 2: CENTRO DE SALUD DE CHUCUITO I-3.....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO 3: ESTABLECIMIENTO DE SALUD LUQUINA CHICO.....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO 4: CENTRO DE SALUD CHURO.....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO 5: CENTRO DE SALUD COCHIRAYA.....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO 6: ESTABLECIMIENTO DE SALUD INCHUPALLA.....</b>	<b>139</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Mapa político del departamento de Puno.....	20
<b>Figura 2.1:</b> Pantalla sin sensores de una e-health platform.....	37
<b>Figura 2.2:</b> Zona Fresnel.....	40
<b>Figura 2.3:</b> E-health platform con sus sensores. ....	68
<b>Figura 2.4:</b> Equipos de sistema Albentia. ....	69
<b>Figura 2.5:</b> Equipos de sistema PTP 100 series Motorola. ....	70
<b>Figura 2.6:</b> Equipos de sistema Winlink 1000. ....	72
<b>Figura 3.1:</b> Ubicación geográfica de los puntos de referencia.....	75
<b>Figura 3.2:</b> Gráfico en barras de los resultados de la encuesta.....	78
<b>Figura 3.3:</b> Resultados de la Pregunta N° 01.....	78
<b>Figura 3.4:</b> Resultados de la Pregunta N° 02.....	79
<b>Figura 3.5:</b> Resultados de la Pregunta N° 03.....	79
<b>Figura 3.6:</b> Resultados de la Pregunta N° 04.....	80
<b>Figura 3.7:</b> Resultados de la Pregunta N° 05.....	80
<b>Figura 3.8:</b> Resultados de la Pregunta N° 06.....	81
<b>Figura 3.9:</b> Resultados de la Pregunta N° 07.....	81
<b>Figura 3.10:</b> Resultados de la Pregunta N° 08.....	82
<b>Figura 3.11:</b> Resultados de la Pregunta N° 09.....	82
<b>Figura 3.12:</b> Esquema de red de telemedicina.....	84
<b>Figura 3.13:</b> Arquitectura de sistema Winlink 1000.....	85
<b>Figura 3.14:</b> Equipo Idu-C.....	85
<b>Figura 3.15:</b> Equipo Poe.....	86
<b>Figura 3.16:</b> Alternativas de series Odu.....	86
<b>Figura 3.17:</b> Antenas externas de sistema Winlink 1000.....	87
<b>Figura 3.18:</b> Esquema básico de subsistema de energía fotovoltaica.....	92
<b>Figura 3.19:</b> Esquema soporte de pararrayo.....	93
<b>Figura 3.20:</b> Esquema soporte de pararrayo.....	94
<b>Figura 3.21:</b> Esquema de una estación final A y B.....	96
<b>Figura 3.22:</b> Esquema para una repetidora.....	96
<b>Figura 4.1:</b> Resultados a la pregunta 1.....	103
<b>Figura 4.2:</b> Resultados a la pregunta 2.....	104
<b>Figura 4.3:</b> Resultados a la pregunta 3.....	104

<b>Figura 4.4:</b> Resultados a la pregunta 4.....	105
<b>Figura 4.5:</b> Resultados a la pregunta 5 .....	105
<b>Figura 4.6:</b> Resultados a la pregunta 6 .....	106
<b>Figura 4.7:</b> Resultados a la pregunta 7 .....	106
<b>Figura 4.8:</b> Resultados a la pregunta 8. ....	107
<b>Figura 4.9:</b> Resultados a la pregunta 9 .....	107
<b>Figura 4.10:</b> Radioenlace entre Chucuito y Repetidor 1.....	108
<b>Figura 4.11:</b> Radioenlace entre el Repetidor 1 y Repetidor 2.....	109
<b>Figura 4.12:</b> Radioenlace entre Repetidor 2 y Luquina Chico.....	110
<b>Figura 4.13:</b> Radioenlace entre Chucuito y el Repetidor 3.....	111
<b>Figura 4.14:</b> Radioenlace entre el Repetidor 3 y Cochiraya .....	112
<b>Figura 4.15:</b> Radioenlace entre Chucuito y el Repetidor 4.....	113
<b>Figura 4.16:</b> Radioenlace entre Repetidor 4 y Tacasaya .....	114
<b>Figura 4.17:</b> Radioenlace entre Chucuito y el Repetidor 5.....	115
<b>Figura 4.18:</b> Radioenlace entre Repetidor 5 y Repetidor 6.....	116
<b>Figura 4.19:</b> Radioenlace entre el Repetidor 6 y Repetidor 7.....	117
<b>Figura 4.20:</b> Radioenlace entre el Repetidor 7 y Churo .....	118
<b>Figura 4.21:</b> Radioenlace entre Chucuito y el Repetidor 8.....	119
<b>Figura 4.22:</b> Radioenlace entre Repetidor 8 y el Repetidor 9.....	120
<b>Figura 4.23:</b> Radio enlace entre Repetidor 9 y Repetidor 10.....	121
<b>Figura 4.24:</b> Radio enlace entre Repetidor 10 y Repetidor 11 .....	122
<b>Figura 4.25:</b> Radio enlace entre Repetidor 11 e Inchupalla.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1:</b> Bandas de frecuencia IEEE-UIT.....	38
<b>Tabla 2.2:</b> Valores de las constantes $\alpha$ y $k$ por frecuencia.....	42
<b>Tabla 2.3:</b> Valores de la sensibilidad de las tarjetas de red inalámbrica.....	43
<b>Tabla 2.4:</b> Valores de los parámetros $a$ y $b$ .....	44
<b>Tabla 2.5:</b> Para exposicion ocupacional.....	45
<b>Tabla 2.6:</b> Para exposición poblacional.....	46
<b>Tabla 2.7:</b> Sistema legal de unidades de medida del Perú.....	46
<b>Tabla 3.1:</b> Puntos de referencia con sus latitudes y longitudes.....	75
<b>Tabla 3.2:</b> Población de Chucuito según Censo 2017.....	76
<b>Tabla 3.3:</b> Edad en quinquenales en Chucuito según Censo 2017.....	77
<b>Tabla 3.4:</b> Población de Chucuito afiliada al SIS según Censo 2017.....	77
<b>Tabla 3.5:</b> Tabla de variables, dimensión e indicadores.....	102
<b>Tabla 4.1:</b> Resultados a la pregunta 1.....	103
<b>Tabla 4.2:</b> Resultados a la pregunta 2.....	104
<b>Tabla 4.3:</b> Resultados a la pregunta 3.....	104
<b>Tabla 4.4:</b> Resultados a la pregunta 4.....	105
<b>Tabla 4.5:</b> Resultados a la pregunta 5.....	105
<b>Tabla 4.6:</b> Resultados a la pregunta 6.....	106
<b>Tabla 4.7:</b> Resultados a la pregunta 7.....	106
<b>Tabla 4.8:</b> Resultados a la pregunta 8.....	107
<b>Tabla 4.9:</b> Resultados a la pregunta 9.....	107
<b>Tabla 4.10:</b> Costos de insumos para la red de telemedicina.....	124
<b>Tabla 4.11:</b> Costos de servicio de telefonía e internet mensual.....	126
<b>Tabla 4.12:</b> Costos de personal y operación de la red de telemedicina.....	127

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- ADN:** Ácido desoxirribonucleico
- AES:** Advanced Encryption Standard (Estándar de cifrado avanzado).
- AGW:** American wire gauge (Calibre de alambre estadounidense).
- AM:** Amplitud modulada
- ARQ:** Automatic Repeat-reQuest (Solicitud de repetición automática).
- BLE:** Bluetooth Low Energy (Bluetooth de baja energía).
- BPSK:** Binary Phase Shift Keying (Desplazamiento de fase binaria Keiying).
- CD-ROM:** Compact Disc Read-Only Memory (Disco Compacto–Memoria de sólo lectura).
- dB:** decibelio
- dB<sub>i</sub>:** Ganancia de antena en dB por encima de un radiador isotrópico
- dB<sub>m</sub>:** decibelio milivatio
- D.S.:** Decreto Supremo
- DVC:** Digital Video Compression (Compresión de video digital).
- DTMF:** Dual-Tone Multi-Frequency (Multifrecuencia de doble tono).
- ECG:** Electrocardiograma
- EDA:** Electrodermica
- EEG:** Electroencefalograma
- EMG:** Electromiograma
- ETSI:** European Telecommunications Standards Institute (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones).
- FCC:** Federal Communications Commission (Comision federal de comunicaciones).
- FDM:** Frequency division mutltiplexed (Multiplexación por división de frecuencia).
- FM:** Frecuencia modulada
- FSK:** Frequency Shift Keying (Modulación por desplazamiento de frecuencia).
- GHz:** Gigahertz
- HD:** High Definition (Alta definición).
- HF:** High frequency (Alta frecuencia).
- IDU:** Unidad interior
- IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica).
- IoT:** Internet of Things (Internet de las cosas).

- IP:** Protocolo de Internet
- ISM:** Industrial, Scientific and Medical (Industrial, científica y medica).
- ISO:** International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).
- LAN:** Local Area Network (Red de área local).
- LASER:** Light amplification by stimulated emission of radiation (Amplificación de luz por emisión estimulada de radiación).
- MAC:** Media Access Control (Control de acceso a medios).
- MHz:** Megahertz
- MINSA:** Ministerio de Salud
- MR:** Resonancia magnética
- MSP:** Ministerio de Salud Pública
- m.s.n.m.:** Metros sobre el nivel del mar
- M.T.C.:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- NM:** Medicina nuclear
- NTP:** Norma técnica peruana
- ODU:** Unidad exterior
- OFDM:** Orthogonal frequency division multiplexing (Multiplexión por División en Frecuencias Ortogonales).
- ORL:** Otorrinolaringología
- OSI:** Open System Interconnection (Interconexión del sistema abierto).
- PAT:** Port Address Translation (Traducción de dirección de puerto).
- PC:** Computador personal
- PDF:** Portable Document Format, (Formato de documento portátil).
- PLC:** Power Line Communication (Comunicación de línea eléctrica).
- PoE:** Power over Ethernet (Energía sobre internet).
- PSK:** Phase Shift Keying (Desplazamiento de fase Keiying).
- PTP:** Precision Time Protocol (Protocolo de tiempo de precisión).
- QAM:** Quadrature Amplitude Modulation (Modulación de amplitud en cuadratura).
- QoS:** Quality of service (Calidad de servicio).
- QPSK:** synchronous quadrature phase shift keying (Modulación por desplazamiento cuadrafásica).
- RAM:** Random Access Memory (Memoria de Acceso Aleatorio).
- RPC:** Remote Procedure Call (Llamada a procedimiento remoto).

**RTC:** Red telefónica conmutada

**SD:** Secure Digital (Seguro digital).

**SIS:** Seguro Integral de Salud

**SNMP:** Simple Network Management Protocol (Protocolo simple de manejo de red).

**SPO2:** Saturación de oxígeno por pulsioximetría

**TAC:** Terminal Access Controller (Controlador de acceso terminal).

**TDD:** Time división duplex (Duplexaje por división de tiempo).

**TDM:** Time division multiplexing (Multiplexacion por division de tiempo).

**TFT:** Trivial file transfer (Transferencia trivial de archivos).

**TICs:** Tecnologías de la información y comunicaciones

**TV:** Televisión

**UDP:** User Datagram Protocol (Protocolo de diagramas de usuario).

**US:** Ultrasonido

**UTM:** Unified Threat Management (Gestión unificada de amenazas).

**VAD:** Voice activity reception (Recepción de actividad de voz).

**VLAN:** Virtual Local Area Network (Red virtual de área local).

**VHF:** Very high frequency (Muy alta frecuencia).

**VoIP:** Voice Over Internet Protocol (Voz sobre protocolo de internet).

**XML:** Remote Procedure Call (Llamada de procedimiento remoto).

**WiMAX:** Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad mundial para acceso por microondas).

## RESUMEN

Este trabajo tuvo como propósito contribuir en la mejora de la atención médica primaria en los centros de salud de Chucuito. Tiene como problemática general: la deficiente atención médica en los centros de salud de Chucuito, el objetivo general es: Diseñar una red de telemedicina para el diagnóstico de pacientes en los centros de salud Chucuito – Puno utilizando el internet de las cosas y como objetivos específicos: Realizar el diseño de la red de Chucuito, de sus seis centros de salud con sus especificaciones y normas, utilizar el internet de las cosas para el diseño de la red de telemedicina para el diagnóstico de los pacientes en el distrito de Chucuito. La metodología de esta investigación es de tipo aplicada puesto que es exploratoria, descriptiva y explicativa, se llevó a cabo en la provincia de Puno distrito de Chucuito, en los centros de salud de la micro red de nivel I – 1, hasta I-3. La población o universo son los 7091 habitantes de los cuales a 100 personas se realizó una encuesta con respecto a la implementación de este diseño y a la telemedicina en general. Con los objetivos realizados se llegó a la siguiente conclusión: El sistema de red de telemedicina permite una buena atención médica a partir de sistemas de e-health platform, en los centros de salud de Chucuito – Puno utilizando el internet de las cosas, avalado por los resultados que muestran hasta en un 92% de aprobación en la pregunta ocho de la encuesta ubicada en anexos, se realizó el diseño del sistema de radioenlace IP, se cubre todo el ancho de banda necesario para que estas redes funcionen adecuadamente con distancias de entre 2 a 11 kilómetros, la atenuación del espacio libre de 95.24dB hasta 129.11 dB, la atenuación en la atmosfera va desde 0.002 dB hasta 0.106 dB cumpliendo con los parámetros del DECRETO SUPREMO N° 038-2006-MTC.

Palabras clave: Telemedicina, Internet de las cosas, e-health platform, Radioenlace.

## ABSTRACT

This work was intended to contribute to the improvement of primary medical care in Chucuito health centres. It has as a general problem: poor medical care in the health centers of Chucuito, the general objective is: Design a telemedicine network for the diagnosis of patients in Chucuito - Puno health centers using the Internet of Things and how Specific objectives: To design the Chucuito network, its six health centers with its specifications and standards, to use the Internet of Things for the design of the telemedicine network for the diagnosis of patients in the Chucuito district. The methodology of this research is of applied type since it is exploratory, descriptive and explanatory, was carried out in the province of Puno district of Chucuito, in the health centers of the micro network of level I – 1, up to I-3. The population or universe are the 7091 inhabitants of whom 100 people were surveyed regarding the implementation of this design and telemedicine in general. With the objectives realized, the following conclusion was reached: The telemedicine network system allows good medical care from e-health platform, in the health centers of Chucuito – Puno using the Internet of Things, endorsed by the results showing up to 92% approval in question eight of the survey located in annexes, the design of the IP link radio system was carried out, all the bandwidth needed for these networks to function properly with distances of 2 to 11 kilometers, the attenuation of free space from 95.24dB to 129.11 dB, the attenuation in the atmosphere ranges from 0.002 dB to 0.106 dB complying with the parameters of SUPREME DECRETE No. 038-2006-MTC.

Keywords: Telemedicine, Internet of Things, e-health platform, Radio-link.



## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones son una infraestructura básica del contexto actual. La capacidad de poder comunicar cualquier orden militar o política de forma casi instantánea ha sido radical en muchos acontecimientos históricos de la Edad Contemporánea, el primer sistema de telecomunicaciones moderno aparece durante la Revolución Francesa. Pero, además, la telecomunicación constituye hoy en día un factor social y económico de gran relevancia. Así, estas tecnologías adquieren una importancia como su utilidad en conceptos de la globalización o la sociedad de la información y del conocimiento; que se complementa con la importancia de las mismas en cualquier tipo de actividad mercantil, financiera, bursátil o empresarial. Los medios de comunicación de masas también se valen de las telecomunicaciones para compartir contenidos al público, de gran importancia a la hora de entender el concepto de sociedad de masas.

La telecomunicación incluye muchas tecnologías como la radio, televisión, teléfono y telefonía móvil, comunicaciones de datos, redes informáticas, Internet, radionavegación, GPS o telemetría. Gran parte de estas tecnologías, que nacieron para satisfacer necesidades militares o científicas, ha convergido en otras enfocadas a un consumo no especializado llamadas tecnologías de la información y la comunicación, de gran importancia en la vida diaria de las personas, las empresas o las instituciones estatales y políticas. Es por este contexto que la tendencia actual es la comunión de la telecomunicación con otras disciplinas como la informática, la electrónica o la telemática para diseñar y ofrecer estos productos y servicios, lo suficientemente complejos y multidisciplinarios como para que la frontera entre la aportación de dichas disciplinas no sea percibida por las personas.

## 1.1. Planteamiento del problema

### 1.1.1. Marco del proyecto

Consiste en diseñar una red de telemedicina que vincule los centros de salud ubicados en el distrito de Chucuito.

Por medio de la red de telemedicina, el doctor especialista podrá verificar la información de un paciente mediante una computadora que tiene acceso a la red. Tanto en los dispositivos terminal de los puestos de salud de los centros poblados de Chucuito como en el terminal de la localidad de Chucuito se guardará la información del paciente en una base de datos para hacer más fácil la labor del doctor y que pueda dar un seguimiento al paciente de forma más efectiva y pueda evaluar el progreso del paciente.

Los servicios que se brindaran se centraran en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades que afectan a la mayoría de la población del distrito de Chucuito para que el médico especialista de esa rama pueda dar un apropiado diagnóstico y tratamiento conveniente; a su vez, que ira monitoreando el avance del paciente mediante la base de datos en el terminal al cual accederá.

El distrito de Chucuito está situado al Sur del Departamento de Puno, en la vertiente oriental de la cordillera de los andes. Con su Capital Chucuito que se ubica entre la coordenada 14°04'07'' de latitud sur y 70°25'53'', ubicándose además su capital a 3623 m.s.n.m (Wikipedia, 2019).

**Límites:**

Por el Este: con el Lago Titicaca.

Por el Oeste: con el distrito de Laraqueri.

Por el Norte: Puno.

Por el Sur: con el distrito de Platería.

**Superficie:**

El distrito de Chucuito, tiene, un clima frígido, en función a la altitud sobre el nivel del mar, por cuanto el distrito posee una unidad geográfica: sierra que representa el 100% de la superficie distrital, su altitud oscila entre los 3,866 y 4,477, m.s.n.m. En la sierra el clima es frígido con temperaturas descende hasta 0°C (Wikipedia, 2019).

**Población:**

Distrito de Chucuito, con cinco centros poblados y cuatro comunidades campesinas, de acuerdo a los datos del INEI Censo Nacional de Población y vivienda, tiene una población censada en el 2007 de 7,012 habitantes (Wikipedia, 2019).

**División administrativa:**

El área total del distrito de 121,18 km<sup>2</sup>, distribuidos entre comunidades campesinas y centros poblados menores.

Centros poblados

Chucuito Centro Poblado de Cochiraya, Centro Poblado de Huayrapata, Centro Poblado de Tacasaya Centro Poblado de Inchupalla.

**Figura 1.1:** Mapa político del departamento de Puno.

FUENTE: (Checca, 2017)

**1.1.2. Necesidad de telemedicina en el distrito de Chucuito**

Según Cisco, alrededor del 85% de las consultas médicas no demandan de una interacción física entre médicos y pacientes, por lo que la telemedicina, al generalizarse, podría generar numerosos beneficios (Checca, 2017). Algunos de los que la compañía destaca son:

- Mayor cobertura de los sistemas de salud, tanto geográfico como en número de personas, a menores costos.
- Atención médica primaria, como diagnósticos, acciones de prevención y consultas generales, a distancia.
- Seguimiento remoto de tratamientos, lo que evita desplazamientos de los pacientes o de los profesionales de la salud.
- Mejor y más permanente cuidado de pacientes crónicos o con dificultades de movilidad.

-Ahorros de costos para entidades de salud, clínicas y hospitales y los propios pacientes.

-Información médica más oportuna, en línea, para médicos, enfermeras, personal administrativo y pacientes.

Es conocido que la medicina es parte fundamental de nuestra sociedad ya que mediante ella se puede consultar por algún problema de salud que tengamos y así poder recibir un 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 estos dos surgió lo que se conoce actualmente como telemedicina. 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 provincias en las cuales hay localidades muy distantes de otras y no todas cuentan con servicios de salud adecuados (Checca, 2017).

## **1.2. Formulación del problema**

Dada la necesidad de diseñar la modernización de la capacidad de diagnóstico en los centros de salud ubicados en el distrito de Chucuito, Puno y en especial el servicio médico, puesto que los pacientes del distrito no cuentan con la atención acorde a la exigencia de la necesidad, surge la idea de diseñar la Red de Telemedicina.

En los pacientes el diseño de una mejor capacidad de diagnóstico para su atención médica, además que estos deben caminar largos trayectos para llegar a los centros de salud y la asesoría de médicos de la ciudad de Puno, en hospitales falta personal especializado en distintas ramas de la medicina.

### **1.2.1 Problema General**

- ¿Es posible el diseño de una red de telemedicina para el diagnóstico de pacientes en los centros de salud Chucuito – Puno, utilizando el internet de las cosas?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿Es posible realizar el diseño de la red de Chucuito, de sus seis centros de salud con sus especificaciones y normas?
- ¿Es posible utilizar el internet de las cosas para el diseño de la red de telemedicina para el diagnóstico de los pacientes en el distrito de Chucuito?

## **1.3. Hipótesis de la investigación**

### **1.3.1 Hipótesis General**

Es posible el diseño de una red de telemedicina para el diagnóstico de pacientes en los centros de salud Chucuito – Puno, utilizando el internet de las cosas.

### **1.3.2 Hipótesis Específicas**

- Es posible realizar el diseño de la red de Chucuito, de sus seis centros de salud con sus especificaciones y normas.
- Es posible utilizar el internet de las cosas para el diseño de la red de telemedicina para el diagnóstico de los pacientes en el distrito de Chucuito.

## **1.4. Justificación del estudio**

Se necesita la implementación nuevo sistema de atención medica primaria en los centros de salud de Chucuito puesto que existen muchas deficiencias tanto como distancias que recorrer de los pacientes hasta el centro de salud I-3 de Chucuito alejado

de los centros poblados, así como la precariedad en que se encuentran estos centros de salud, es por ello que este trabajo de investigación plantea este diseño con el fin de hacer más eficiente la atención médica en este sector.

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar una red de telemedicina para el diagnóstico de pacientes en los centros de salud Chucuito – Puno utilizando el internet de las cosas.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el diseño de la red de Chucuito, de sus seis centros de salud con sus especificaciones y normas.
- Utilizar el internet de las cosas para el diseño de la red de telemedicina para el diagnóstico de los pacientes en el distrito de Chucuito.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Marco Teórico

##### 2.1.1. Antecedentes de la investigación

###### Internacional

De Toledo (2003) sostiene que los modelos de atención sanitaria europeos, tradicionalmente orientados a una atención individualizada y por episodios aislados, no están preparados para hacer frente a la demanda creada por estos pacientes que hacen un uso extensivo de los recursos sanitarios, y necesitan un seguimiento continuado. Esta disfunción se manifiesta en forma de hospitales saturados, largas listas de espera, y una calidad de la atención muy inferior a la que permitiría el conocimiento científico actual, creando una pésima percepción por parte de la sociedad de la atención recibida, y disparando los costes en un momento en el que la sostenibilidad de los modelos de atención pública está en entredicho, plantea como objetivo analizar el problema de la prestación de servicios sanitarios y sociales a pacientes crónicos en su domicilio y proponer un modelo de sistema para la prestación de servicios de telemedicina que sea optimizable, flexible y adaptable, para dar respuesta a las necesidades de este colectivo, presenta como hipótesis la atención sanitaria de los enfermos crónicos puede mejorar notablemente si se basa en un modelo de sistema de telemedicina que contemple la prestación de servicios de manera integrada, propicie un estilo de cuidado centrado en el enfermo y su domicilio, y facilite el cuidado compartido de los pacientes por parte de un equipo multidisciplinar, las metodologías usadas fueron las orientadas al modelado de



sistemas no estructurados (sistema viable de Beer, sistemas blandos de Checkland), las orientadas a datos o al flujo de datos, las orientadas a procesos (o actividades de negocio), las orientadas a objetos y concluye en que se ha analizado el entorno de prestación de servicios de telemedicina domiciliaria a enfermos crónicos y se han delimitado las necesidades a resolver, se ha seleccionado un modelo conceptual del entorno sanitario en el que se prestan los servicios que ha servido de apoyo en la definición del modelo del sistema de telemedicina, se ha propuesto un Modelo de Sistema de Telemedicina para el Cuidado Domiciliario de Enfermos Crónicos, formulado de acuerdo con las hipótesis de este trabajo y que es el la aportación principal de esta tesis doctoral, se ha planteado una arquitectura de referencia para una plataforma tecnológica que permita implementar un sistema basado en dicho modelo.

Vidal & Apolo (2011) plantea como problema que, a lo largo de la provincia de Loja, entre hospitales, centros, subcentros y puestos de salud, se cuenta con un total de 128 puntos del MSP encargados de brindar el servicio de salud pública. Sin embargo, no todos ellos pueden llevar a cabo su función de manera totalmente eficiente debido a que por su ubicación geográfica se encuentran difícilmente accesibles y muy distanciados de la jefatura de área, lo que ha dado paso a que de una u otra forma sean olvidados por las autoridades provinciales y nacionales; quedando con equipos como: tensiómetro, set de diagnóstico, fonendoscopio, termómetro, balanzas, en mal estado o sin el adecuado mantenimiento, cuyo objetivo es diseñar una red de telecomunicaciones en la banda ISM, articulada al Plan Nacional de Telemedicina del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, orientada a las necesidades de la provincia de Loja;

con el propósito de contribuir al mejoramiento de la calidad de los servicios públicos y fortalecer las capacidades institucionales necesarias del Ministerio de Salud Pública, a través del uso de los recursos disponibles y de tecnologías de comunicación de bajo costo y concluye en que es importante la realización de estudios enfocados al desarrollo de diseño e implementación de redes de comunicación que logren acortar distancias y mejorar la calidad del servicio, la implementación de un sistema de telecomunicaciones que permita brindar servicios de telemedicina como teleconsulta, telemonitorización, telediagnóstico y teleeducación en la provincia de Loja, puede lograr que pobladores de zonas aisladas como Lluzhapa, Sumaipamba, Progreso, Cazaderos, entre otras; tengan fácil acceso a asistencia sanitaria de mejor calidad y de forma oportuna; además de permitir el seguimiento y detección temprana de enfermedades.

### **Nacional**

Galarza (2011) El problema central en este caso es la inadecuada accesibilidad a atención sanitaria de los poblados rurales o alejados del centro urbano de la ciudad que en este caso sería Huancayo y el poblado alejado sería el distrito de Sicaya, tiene como objetivo la mejora del sistema de atención en el distrito de Sicaya, se tratara de aumentar la capacidad de atención en el centro de salud de Sicaya gracias a la red de telemedicina entre Huancayo y Sicaya dado que se brindara un mejor tratamiento a los pacientes, el diagnóstico de enfermedades se mejorara dado que habrá especialistas que darán un adecuado diagnóstico a las enfermedades que sufran los pobladores del distrito de Sicaya y se podrá dar un tratamiento más efectivo, disminución de la tasa de mortalidad por falta de atención especializada, la metodología es

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, el proyecto tratara de contar con apoyo del MINSA dado que las instalaciones que se usaran serán pertenecientes a dicho ente; además se usan redes ya determinadas dado que ambos establecimientos de salud a comunicar pertenecen a la red del Valle del Mantaro, concluye en que El sistema de red de telemedicina presentado es un proyecto que no implicara 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.

Zavala (2011), la problemática que define es la atención médica ineficiente en provincias del Perú, deficiente interconexión de las Redes Asistenciales de EsSalud, deficiente gestión del personal médico especialista de EsSalud, tiene como objetivo la atención médica eficiente en provincias del Perú, eficiente interconexión de las Redes Asistenciales de EsSalud, eficiente gestión del personal médico especialista de EsSalud, concluye en que se podrá obtener un acorte de tiempos considerable con respecto a los tiempos que se emplean para la entrega de análisis clínicos. Este proyecto permite la posibilidad de disminuir la demora promedio de 7 días a tan sólo minutos por la capacidad de realizar exámenes y diagnósticos soportadas por la Red de Telemedicina. Dicho de otra manera, la mejora de los procesos involucrados en la atención de un paciente

(colas, citas, análisis, diagnósticos) será sustancial pues el proyecto facilita la disminución los tiempos de espera de forma tan considerable.

### **Regional**

Cahui (2015), define un problema central que tiene como objeto que la atención médica se considere ineficiente en la Micro Red de Capachica. Del árbol de problemas se desprende inmediatamente la idea de implementar servicios sobre esta red de telecomunicaciones en beneficio de la capacidad de diagnóstico de las redes asistenciales de EsSalud. Cabe señalar que dichas redes no son inmunes al paso del tiempo y menos si su inicial implementación no fue realizada con la prolijidad adecuada, dejando para el futuro las evaluaciones sobre el desempeño que permiten atender y mejorar sus deficiencias. Por ello, se deberá primero realizar una evaluación de la misma, a fin de encontrar aquellas debilidades que se tendrán que atender para poder soportar la solución al problema que plantea la Tesis, tiene como objetivo general: Diseñar una Red de Telemedicina para la Micro-Red del Distrito de Capachica de la Provincia de Puno, y concluye en que el sistema de red de telemedicina presentado es un proyecto que permitirá una buena atención médica a partir de sistemas de videoconferencias. Puesto que se hicieron estudios de la población de Capachica y Amantani, sus necesidades tanto sociales como tecnológicas para determinar los equipos que usaríamos en la red en beneficio de la población y de esta manera reciban una mejor atención médica.

Checca (2017), sostiene como problemática que dada la necesidad de mejorar la capacidad de diagnóstico en los centros de salud ubicados en el distrito de Acora, Puno y en especial, la urgencia de contar con mayores y mejores

capacidades en cuanto a la capacidad de diagnóstico, puesto que los pacientes del distrito no cuentan con la atención acorde a la exigencia de la situación, surge la idea de diseñar la Red de Telemedicina y telefonía IP en una red asistencial de Puno, tiene como objetivo general diseñar una red de telemedicina y telefonía IP para el control y monitoreo de pacientes en los Centros de Salud en el distrito de Acora utilizando 802.11ac, concluye en que se hicieron estudios de población de Acora 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.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1. La telemedicina y su clasificación en el tiempo**

La telemedicina se refiere a la “medicina a distancia” y su clasificación en el tiempo hace referencia al momento en que se realiza la intervención médica a distancia y la comunicación entre el proveedor del servicio y el cliente (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.1.1. Tiempo diferido**

En este caso el cliente de un servicio de telemedicina no se encuentra en comunicación directa con el proveedor del servicio, o que quiere decir que no está en línea (off-line). A esta modalidad también se le conoce como store-and-forward o de “almacenamiento y envío”. El proveedor acumula las solicitudes de telemedicina y en un momento dado las atiende y al terminar su trabajo devuelve al cliente los resultados de su servicio. Un caso típico de store-and-forward es la

radiología, en la cual el radiólogo recibe un cierto número de radiografías para leer en su escritorio, las lee todas y luego devuelve todo el paquete, sin haber tenido contacto directo con el paciente o con el técnico que realizó el estudio. En el caso de la telemedicina los estudios a diagnosticar se almacenarán en el computador del especialista o en un servidor y luego serán tratados uno a uno por el especialista, quien podrá enviar todos los resultados al mismo tiempo, o hacerlo uno por uno, a medida que va haciendo sus diagnósticos. La gran mayoría de aplicaciones diagnósticas de telemedicina funcionan en tiempo diferido a menos que se presenten casos de urgencia que ameriten una transmisión en tiempo real (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.1.2. Tiempo real**

El tiempo real hace referencia al hecho de que el cliente y el proveedor se encuentran en comunicación directa a través de un medio de comunicación. Casos típicos son la teleconsulta, la teleasistencia y la teleeducación interactiva. Esto permite una interacción entre los dos actores que puede ser más eficaz que si se hiciera en tiempo diferido. Sin embargo, esto requiere anchos de banda superiores (por tanto, más costosos) adicional a que los actores remotos estén disponibles simultáneamente (Kopec & Salazar, 2006). Existen dos herramientas básicas para la telemedicina en tiempo real:

**Videoconferencia:** que es el sistema común de videoconferencia interactiva a través de cámaras de video.

**Aplicación Interactiva:** Se trata de programas de software que utilizando un protocolo determinado permite sincronizar dos

aplicaciones remotas para que los actores de telemedicina puedan compartir la información.

Por ejemplo, una aplicación interactiva de telepatología permite a un patólogo mostrar detalles de una lámina a otro patólogo en tiempo real y aplicar una función de filtro que será ejecutada igualmente en la aplicación remota, esto para que los dos actores vean exactamente los mismos o aún mejor: si dispone de un microscopio robotizado podría manipularlo a distancia (Kopec & Salazar, 2006).

## **2.2.2. Clasificación por tipo de servicio**

### **2.2.2.1. Teleconsulta**

Consulta general: consulta mediante sistemas de videoconferencia a un médico general.

Consulta de especialista: consulta por medio de sistemas de videoconferencia a un especialista con o sin examen diagnóstico asociado (Kopec & Salazar, 2006).

### **2.2.2.2. Telediagnóstico**

Son diagnósticos de telemedicina que se dan por consulta de primera vez rutinaria (primer diagnóstico) o por interconsulta con un especialista (Kopec & Salazar, 2006).

### **2.2.2.3. Telecuidado**

Cuidado de pacientes en casa asistido por enfermeras remotas gracias al uso de equipos de videoconferencia o parlantes conectados vía telefónica al activar el paciente una alarma inalámbrica de pánico y que lleva siempre consigo. Se utiliza con fines educativos y de

prevención de complicaciones en pacientes de cuidado ambulatorio (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.2.4. Telemetría**

Permite el monitoreo de signos vitales: ECG, EEG, EMG, Presión Arterial, Temperatura, Pulso, Oximetría, Espirometría y exámenes de laboratorio mediante punción digital para medición de enfermedades metabólicas que requieren controles frecuentes (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.2.5. Teleeducación**

Existen muchas aplicaciones de educación remota en tiempo real o diferido (Kopec & Salazar, 2006). La teleeducación permite realizar entre otras:

- Capacitación a distancia
- Educación continuada
- Apoyo a estudiantes en práctica
- Campañas de Prevención
- Enseñanza de procedimientos mediante técnicas interactivos o de módulos de realidad virtual.
- Evaluación y posibilidad de retroalimentación entre docente y alumnos.

#### **2.2.2.6. Teleadministración**

Aplicada al sistema de gestión administrativa de salud a distancia para todo tipo de procesos administrativos (Kopec & Salazar, 2006).



#### **2.2.2.7. Teleterapia**

Por medio de sistemas de videoconferencia es posible realizar tratamiento y consulta de pacientes para: Telepsiquiatría. Telefisioterapia. Teleoncología. Teleprescripción (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.2.8. Telefarmacia**

Por medio de sistemas de comunicación de diverso tipo pueden realizarse procesos de prescripción, dispensación, facturación y seguimiento de fórmulas elaboradas para los pacientes, evitando el desplazamiento para su consecución (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.2.9. Telecirugía**

Cirugía asistida por sistemas robotizados que dan mayor seguridad al acto quirúrgico como la cirugía de corrección de vicios de refracción ocular como la miopía. Ya se han realizado cirugías aisladas a distancia, que tienen indicaciones específicas como la cirugía en campo de batalla durante una confrontación bélica (Kopec & Salazar, 2006).

### **2.2.3. Clasificación por especialidad médica**

#### **2.2.3.1. Telerradiología**

La telerradiología es una de las especialidades más utilizadas en telemedicina. Esto se debe a que en general el radiólogo no tiene contacto directo con el paciente, lo que hace esta disciplina más propicia para trabajarla a distancia. Adicionalmente, algunas modalidades son de por sí digitales lo que facilita el proceso de captura de información. Las especialidades radiológicas más usadas son: RX - Radiología convencional CT - Escenografía (TAC - Tomografía Axial

Computada) MR - Resonancia Magnética NM - Medicina Nuclear US  
- Ultrasonido (Ecografía) (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.3.2. Telepatología**

La telepatología se trabaja a partir de imágenes, digitales o de video, obtenidas directamente del ocular del microscopio. Las imágenes pueden venir de estudios de tipo: Anatómico: Frotis, Especímenes de cirugía, Biopsias, Punciones, Citología, Autopsias. Pueden acompañarse de otro tipo de exámenes anexos a la historia del paciente y de origen clínico: Banco de sangre, Citogenética, Hematología, Microbiología, Análisis de orina, etc. (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.3.3. Telecardiología**

A través de mecanismos de comunicación es posible realizar a distancia procedimientos típicos y transmitir sus datos a distancia como: ECG Ecocardiograma (2D, 3D, fijas, dinámicas), Angiografía, NM, RM Sonidos cardíacos (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.3.4. Teleorl – Teleendoscopia**

En otorrinolaringología (ORL) se pueden realizar exámenes a través de sistemas de endoscopia de fibra óptica, conectados a un sistema de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video que puede servir con fines diagnósticos o educativos (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.3.5. Teledermatología**

La teledermatología consiste en consultas, más que procedimientos, a distancia. En ella el dermatólogo utiliza mecanismos

de videoconferencia para ver al paciente en tiempo real, o puede recibir fotografías digitales en tiempo diferido (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.3.6. Tele oftalmología**

La práctica de la oftalmología se puede realizar en parte a través de sistemas de oftalmoscopios conectados a un sistema de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video para diagnósticos de fondo de ojo, muy útiles en la prevención y seguimiento de enfermedades metabólicas (Kopec & Salazar, 2006).

#### **2.2.4. El Internet de las cosas (IoT)**

Sobre la construcción de una compleja red que conecta miles de millones de dispositivos y seres humanos en una infraestructura multitecnología, multiprotocolo y multiplataforma, la visión principal de Internet de las cosas (IoT) es crear un mundo inteligente donde lo físico, lo digital y lo múltiple que los virtuales están convergiendo para crear entornos inteligentes que proporcionen más inteligencia a la energía, la salud, el transporte, las ciudades, la industria, los edificios y muchas otras áreas de nuestra vida diaria. La expectativa es la de interconectar millones de islas de redes inteligentes que permiten el acceso a la información no sólo "en cualquier momento" y "en cualquier lugar", sino también el uso de "cualquier cosa" y "cualquiera" idealmente a través de cualquier "camino", "red" y "cualquier servicio". Esto se logrará teniendo los objetos que manipulamos diariamente para ser equipados con dispositivos de detección, identificación y posicionamiento y dotados de una dirección IP para convertirse en objetos inteligentes, capaces de comunicarse no sólo con otros objetos inteligentes, sino también con humanos con la expectativa de llegar a áreas que nunca podríamos alcanzar sin

los avances logrados en las tecnologías de sensor, identificación y posicionamiento. Aunque son globalmente detectables y consultados, estos objetos inteligentes pueden detectar e interactuar de manera similar con entidades externas consultando humanos, computadoras y otros objetos inteligentes. Los objetos inteligentes también pueden obtener inteligencia tomando o habilitando decisiones relacionadas con el contexto aprovechando los canales de comunicación disponibles para proporcionar información sobre sí mismos y al mismo tiempo acceder a información que ha sido agregada por otros objetos inteligentes (Liñán, Vives, Bagula, Zennaro, Pietrosemoli, 2016).

#### **2.2.4.1. Arduino y los dispositivos del IoT**

Imagínenos un dispositivo pequeño, más pequeño que un paquete de chicles, con capacidad para medir temperatura, humedad y luminosidad, capaz de enviar esa información a través de algún servicio basado en la web. Poder acceder a esa información a través de un navegador, un teléfono móvil o cualquier otro dispositivo conectado a Internet, la central de calefacción de tu casa, un sistema de control de luces o un sistema de riego. Este dispositivo podría ajustar temperatura, humedad o luz ambiente automáticamente con unos umbrales establecidos por ti anteriormente a través de alguna plataforma web (Spreaker, 2016).

Para el presente proyecto se utilizará el dispositivo E-health platform, un dispositivo muy usado en la tecnología del Internet de las Cosas, el cual permitirá realizar el diagnóstico de los pacientes gracias a sus mediciones precisas que obtiene de cada sensor que posee.

#### 2.2.4.1.1. E-health platform

Esta herramienta permite medir más de 20 parámetros biométricos como pulso, frecuencia respiratoria, oxígeno en la sangre, señales de electrocardiograma, presión arterial, señales de electromiografía muscular, niveles de glucosa, respuesta cutánea galvánica, capacidad pulmonar, ondas de ronquido, posición del paciente, flujo de aire y parámetros de escala corporal (Cooking Hacks, 2013)(peso, masa ósea, grasa corporal, masa muscular, agua corporal, grasa visceral, tasa metabólica basal e índice de masa corporal).

El número de sensores es 16. Los sensores son: Snore, Spirometer, Blood Pressure (BLE), SPO2 (BLE), Glucometer (BLE) y Body Scale (peso, masa ósea, grasa corporal, masa muscular, agua corporal, grasa visceral, tasa metabólica basal e índice de masa corporal) (Cooking Hacks, 2013).

**Figura 2.1:** Pantalla sin sensores de una e-health platform.



FUENTE: (Cooking Hacks, 2013)

### 2.2.5. Factores a tomar en cuenta para planificación de un radioenlace

Naturaleza de la información a transmitir, ya sea datos, voz o imágenes, señales de control etc. Ya que debe ser capaz de transmitir la información con los niveles de servicios requeridos (Meza, 2007).

-Evaluación de las necesidades del proyecto; se debe tomar en cuenta si el medio satisface todas las necesidades y requerimientos (Meza, 2007).

-Elección de la mejor ruta; para ello se deben tomar en cuenta las limitaciones de distancias, puntos de interferencias electromagnéticas, canalizaciones internas y externas, las necesidades de usar repetidoras (Meza, 2007).

-Elección de la frecuencia. El espectro radioeléctrico es un recurso que debe ser bien administrado por eso existen regulaciones que dividen el espectro según el consejo consultivo de internacional de comunicaciones de radio CCIR 1953 a su vez cada división tiene sus usos específicos, dados por las recomendaciones de la IEEE y la UIT y se muestran mediante el siguiente cuadro (Meza, 2007).

**Tabla 2.1:** Bandas de frecuencia IEEE-UIT.

Banda	Nombre	Frecuencia	Longitud de onda	Aplicaciones
ELF	Extremate low Frecuency	30-300 Hz	10-1 Mm	
ULF	Ultra low Frecuency	300-3000 Hz	1-0.1Mm	
VLF	Very low Frecuency	3-30 KHz	100-10 Km	Navegación, sonar
LF	Low Frecuency	30-300 KHz	10-1 Km	Navegación, balizas
MF	Medium Frecuency	300-3000 KHz	1-0.1 Km	Radio difusión AM
HF	High Frecuency	3-30 MHz	100-10 m	Telefonía, aficionados
VHF	Very High Frecuency	30-300 MHz	10-1 m	TV, FM, móviles
UHF	Ultra High Frecuency	300-3000 MHz	100-10 cm	TV, móviles
SHF	Supra High Frecuency	3-30 GHz	10-1 cm	Radioenlaces, satélites
EHF	Extreme High Frecuency	30-300 GHz	10-1 mm	Radioenlaces, satélites
	Decimilimétricas	300-3000 GHz	1-0.1 mm	Experimentación

FUENTE: (Cahui, 2015)

Trazado de perfiles; se realizan usando plano y mapas con las diferentes alturas del terreno. Una vez determinados los extremos del enlace se toman las distancias de los picos más predominantes y se toma en consideración la curvatura terrestre por medio del parámetro K. Para considerar las zonas de despeje, se debe tomar en cuenta los criterios de despeje de Fresnell (Cahui, 2015).

La determinación de la zona de Fresnell es muy importante, así como determinar la línea de vista del enlace. La primera zona de Fresnell contribuye a la propagación de la onda, mientras que la segunda posee el efecto contrario. Se debe cumplir una obstrucción máxima del 40% de La primera zona, pero la máxima recomendada es 20 %. Si se toma en cuenta la curvatura ficticia de la tierra de  $K=4/3$  se debe considerar un 100% de despeje.

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

$$Rn = \sqrt{\frac{\lambda * n * d_1 * d_2}{d_1 + d_2}} \quad (2.1)$$

$$d_1, d_2 \gg Rn$$

Dónde:

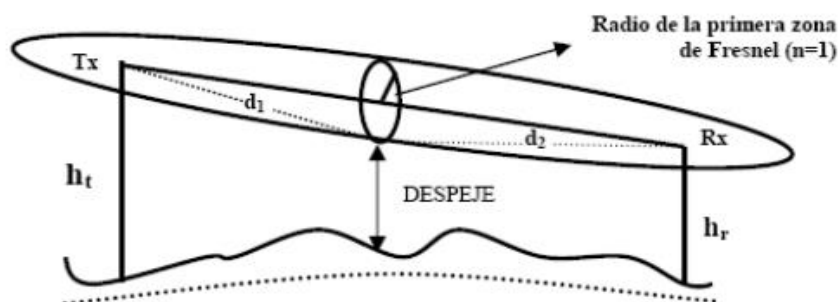
Rn: radio de la enésima zona Fresnell

n: Numero de la zona a la cual pertenece el radio a calcular

$\lambda$ : longitud de Onda

d1: distancia del transmisor al plano o al obstáculo

d2: distancia del receptor al plano

**Figura 2.2:** Zona Fresnel

FUENTE: (Cahui, 2015)

### 2.2.6 Evaluación de radioenlace

Para el caso del presente proyecto 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 Chucuito.

Potencia recibida en condiciones de espacio libre: La atenuación en espacio libre se debe a las expansiones de las ondas electromagnéticas en el espacio y al tamaño físico de las antenas. Los medios naturales introducen otras atenuaciones u otras pérdidas que deben añadirse para la debida al espacio libre, para poder modelar el medio a estudiar (Meza, 2007). Se tiene entonces que la potencia recibida en condiciones de espacio libre mediante la expresión:

$$Pr = Pt - AT \quad (2.2)$$

Donde  $P_t$  es la potencia del transmisor y  $A_t$  son las atenuaciones totales que sufre la señal.

Atenuación de espacio libre: para determinar las pérdidas por propagación en espacio libre, se supone un medio isótropo, homogéneo e ilimitado transmitiendo a una potencia  $P_t$  a través de una antena transmisora y una



receptora con ganancia  $G_t$  y  $G_r$  respectivamente se define la fórmula de Friis como, (Meza, 2007).

Esta fórmula es solo aplicable en campo lejano, es decir cuando

$$(dB) = 20 * \log D(Km) + 20 * \log f(MHz) + 32.45 \quad (2.3)$$

Donde  $D$  es el diámetro de la antena y  $\lambda$  es la longitud de onda.

Atenuación por absorción atmosférica: la presencia de gases y vapor de agua producen un efecto de absorción de energía de las ondas electromagnéticas, al entrar en resonancia con ciertas moléculas a determinadas frecuencias, produciendo atenuaciones que pueden llegar a ser considerables. La ecuación que define a la absorción debida a los gases en enlaces terrenos es la siguiente: (Meza, 2007).

$$A(dB) = \gamma a(dBKm) * d(Km) \quad (2.4)$$

$$\gamma a = \gamma_o + \gamma_w \quad (2.5)$$

Donde  $\gamma a$  es la suma de la atenuación específica del oxígeno  $\gamma_o$  y del vapor de agua  $\gamma_w$ .

Atenuación por lluvia: Las partículas de agua contribuyen a las pérdidas de niveles de potencia de una onda electromagnética.

Según la recomendación de la UIT-R P.838-3 el modelo para determinar la atenuación específica debida a las precipitaciones se obtiene de las siguientes expresiones: (Meza, 2007).

$$A(R) = \gamma(R, f) * L_{efc} \quad (2.6)$$

$$L_{efc} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_o}}, \quad (2.7)$$

$$d_o = 35 * e^{-0.015 * R} \quad (2.8)$$

$$\gamma(R, f) = k * R^\alpha \quad (2.9)$$

Donde se debe tener la intensidad de lluvia  $R$  (mm/h) ocurrida durante diferentes porcentajes de tiempo (0.01%) de un año medio y los valores de las constantes  $\alpha$  y  $k$ , obtenidas por medio de la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2:** Valores de las constantes  $\alpha$  y  $k$  por frecuencia.

Frecuencia (GHz)	$k_H$	$\alpha_H$	$k_T$	$\alpha_T$
1	0,0000259	0,9691	0,0000308	0,8592
1,5	0,0000443	1,0185	0,0000574	0,8957
2	0,0000847	1,0664	0,0000998	0,9490
2,5	0,0001321	1,1209	0,0001464	1,0085
3	0,0001390	1,2322	0,0001942	1,0688
3,5	0,0001155	1,4189	0,0002346	1,1387
4	0,0001071	1,6009	0,0002461	1,2476
4,5	0,0001340	1,6948	0,0002347	1,3987
5	0,0002162	1,6969	0,0002428	1,5317
5,5	0,0003909	1,6499	0,0003115	1,5882
6	0,0007056	1,5900	0,0004878	1,5728
7	0,001915	1,4810	0,001425	1,4745
8	0,004115	1,3905	0,003450	1,3797
9	0,007535	1,3155	0,006691	1,2895
10	0,01217	1,2571	0,01129	1,2156
11	0,01772	1,2140	0,01731	1,1617
12	0,02386	1,1825	0,02455	1,1216

FUENTE: (Cahui, 2015)

Margen de desvanecimiento Plano (flat fade margin): Es la diferencia entre la potencia recibida en espacio libre y la sensibilidad del receptor. Mientras mayor sea este valor se asegura que la comunicación no será interrumpida.

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits (Meza, 2007).

Una diferencia de 10dB aquí (que se puede encontrar fácilmente entre diferentes tarjetas) es tan importante como 10 dB de ganancia que pueden ser obtenidos con el uso de amplificadores o antenas más grandes. Nótese que la sensibilidad depende de la tasa de transmisión (Meza, 2007).

**Tabla 2.3:** Valores de la sensibilidad de las tarjetas de red inalámbrica.

Tarjeta	11 Mbps	5.5 Mbps	2 Mbps	1 Mbps
Orinoco cards PCMCIA Silver/Gold	-82 dBm	-87 dBm	-91 dBm	-94 dBm
Senao 802.11b card	-89	-91	-93	-95

FUENTE: (Cahui, 2015)

El margen de desvanecimiento se obtiene de la siguiente expresión:

$$Md = Prel - SB \tag{2.10}$$

Indisponibilidad y confiabilidad de un enlace: La indisponibilidad son las interrupciones o el comportamiento degradado durante un tiempo mayor que un valor de referencia, dependiendo del enlace en cuestión. Para un enlace la indisponibilidad no debe superar al 0.3% en un año. La confiabilidad es el parámetro inverso a la indisponibilidad, (Meza, 2007).

Estos parámetros permiten predecir la eficiencia del enlace, para ello se seleccionó el método de Viganz Barnett, el cual es un procedimiento muy robusto para predecir el comportamiento de los enlaces, tomando en consideración las características del terreno, las condiciones climáticas y topográficas de la zona y el margen de desvanecimiento de los enlaces (Meza, 2007).

Los porcentajes de indisponibilidad (P) y confiabilidad (C) se determinan a través de las ecuaciones 2.10 y 2.11.

$$P(\%) = 6 \times 10^{-5} * a * b * f * d^3 * 10^{\frac{-Md}{10}} \tag{2.11}$$

Para que el enlace digital sea aceptable la indisponibilidad no debe superar 0.036% (Meza, 2007).

$$C(\%) = 100 - P(\%) \tag{2.12}$$

Los valores de a y b se determinan según las características del terreno y el clima de la zona de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 2.4:** Valores de los parámetros a y b

<b>a=</b>	4 superficies muy húmedas, paso sobre agua
	1 Terreno poco rugoso
	1/4 Paso por montañas, terreno rugoso o muy seco
<b>b=</b>	1/2 Áreas húmedas y calientes como golfos y costas
	1/4 Clima nórdico o temperatura normal
	1/8 Zona montañosa o clima seco

FUENTE: (Cahui, 2015)

Dónde:

f = frecuencia en GHz

d = distancia del enlace en Km

Md = margen de desvanecimiento en dB

P(%) = porcentaje de Indisponibilidad

C(%) = porcentaje de confiabilidad Espacio Frecuencia

Disponibilidad: Según la recomendación de la UIT-R F.17031 la disponibilidad de un enlace debe cumplir los objetivos, determinados mediante la ecuación dada a continuación, válida para enlaces de corto alcance, menor a 50Km. Donde L es la distancia del enlace en Km. (Meza, 2007).

$$A = 1 - \left( B5 \frac{L_{enlace}}{L_R} + C5 \right) = 1 - \left( 0 \frac{L}{2500} + 5 \times 10^{-4} \right) = 0.9995 \quad (2.13)$$

Esto corresponde a una disponibilidad de 99,95 % es decir una indisponibilidad de 263 min/año.

Para un tramo mayor a 50Km y menos a 250Km debe cumplir que:

$$A = 1 - \left( B6 \frac{L_{enlace}}{L_R} + C6 \right) = 1 - \left( 0 \frac{L}{2500} + 4 \times 10^{-4} \right) = 0.9996 \quad (2.14)$$

### 2.2.6.1. Límites Máximos Permisibles

La presente norma tiene por finalidad establecer los Límites Máximos Permisibles (LMP) de Radiaciones No Ionizantes (RNI) en Telecomunicaciones, su monitoreo, control y demás regulaciones para el efectivo cumplimiento de los límites que establece la presente norma. La presente norma se aplicará en todo el territorio de la República del Perú y su cumplimiento es obligatorio por el Estado y las personas naturales y jurídicas, nacionales y extranjeras que realicen actividades de telecomunicaciones utilizando espectro radioeléctrico y, cuya emisión de Campos Electromagnéticos (EMF), de sus equipos de telecomunicaciones, se encuentre entre las frecuencias de 9 kHz a 300 GHz.

Para efectos de la aplicación del presente artículo se entenderá como actividades de telecomunicaciones la instalación, operación, importación, fabricación, distribución, comercialización y venta de equipos de telecomunicaciones. (MTC, 2003).

**Tabla 2.5:** Para exposición ocupacional.

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> )
9 – 65 KHz	610	24.4	-
0,065 – 1 MHz	610	1,6/f	-
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	-
10 – 400 MHz	61	0,16	10
400 – 2000 MHz	3f <sup>0.5</sup>	0,008f <sup>0.5</sup>	f/40
2 – 300 GHz	137	0,36	50

FUENTE: (Cahui, 2015)

**Tabla 2.6:** Para exposición poblacional.

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> )
9 – 150 KHz	87	4	-
0,15 – 1 MHz	87	0,73/f	-
1 – 10 MHz	87f <sup>0.5</sup>	0,73/f	-
10 – 400 MHz	28	0,073	2
400 – 2000 MHz	1,375f <sup>0.5</sup>	0,0037f <sup>0.5</sup>	f/200
2 – 300 GHz	61	0,16	10

FUENTE: (Cahui, 2015)

-El valor de la frecuencia “f debe estar en las unidades que se indican en la columna de rango de frecuencias.

-Los límites de exposición establecidos se refieren a las medias temporales y espaciales de las magnitudes indicadas.

-Para las frecuencias entre 100 KHz y 10 GHz el período de tiempo a ser utilizado para el cálculo es de 6 minutos.

-Para las frecuencias superiores a 10 GHz, el período de tiempo a ser utilizado para el cálculo es de  $68 / f^{0.5}$  minutos. (f en GHz)

Los valores adoptados se expresan, para todos los efectos y en aplicación de la presente norma, conforme a las magnitudes físicas establecidas en el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú - SLUMP, descritos en la tabla adjunta. (MTC, 2003).

**Tabla 2.7:** Sistema legal de unidades de medida del Perú.

Magnitud Física	Unidad de Medida	
	Designación o Denominación	Símbolo Internacional
Intensidad de Campo Magnético	Amperio por Metro	A/m
Intensidad de Campo Eléctrico	Voltio por Metro	V/m
Densidad de Potencia	Vatio por Metro Cuadrado	W/m <sup>2</sup>

FUENTE: (Cahui, 2015)

### 2.2.7 Glosario en términos básicos

**ANTENA:** Un dispositivo de radiación o receptor de energía de radiofrecuencia (RF).

**ATENUACION:** En telecomunicación, se denomina atenuación de una señal, sea esta acústica, eléctrica u óptica, a la pérdida de potencia sufrida por la misma al transitar por cualquier medio de transmisión.

**CAMPO ELECTRICO:** La región que rodea una carga eléctrica, en el cual la magnitud y dirección de la fuerza sobre una carga de prueba hipotética está definida.

**CAMPO ELECTROMAGNÉTICO:** El movimiento de cargas eléctricas en un conductor (como la antena de una emisora de radio o TV) origina ondas de campo eléctrico y magnético (denominadas ondas electromagnéticas) que se propagan a través del espacio vacío a la velocidad  $c$  de la luz ( $c = 300\,000$  Km/s).

**CAMPO MAGNÉTICO:** Región de espacio que rodea una carga en movimiento, siendo definida en cualquier punto por la fuerza a la que estaría expuesta otra hipotética carga en movimiento. Un campo magnético ejerce fuerza sobre partículas cargadas sólo si están en movimiento, y las partículas cargadas producen campos magnéticos sólo cuando están en movimiento.

**DENSIDAD DE POTENCIA:** La tasa de flujo de energía electromagnética por la unidad del área de superficie usualmente expresado en  $W/m^2$  o  $mW/cm^2$  o  $\mu W/cm^2$ .

**FIBRA MONOMODO:** Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de

la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra.

**FIBRA MULTIMODO:** Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 2 km, es simple de diseñar y económico.

**GANANCIA DE ANTENA:** El incremento en la potencia transmitida o recibida por una antena direccional cuando es comparado con una antena standard, la cual es usualmente una antena isotrópica ideal. La ganancia es una relación de potencias y podría ser expresado en decibeles (dB) o como un número adimensional.

**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE:** Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente.

**RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA:** La emisión o transferencia de energía a través del espacio en la forma de ondas electromagnéticas.

**RADIACION NO IONIZANTE:** Es la que no produce ionización en la materia. Cuando atraviesa los tejidos vivos, no tiene la suficiente energía para dañar el ADN en forma directa.

**RADIO ENLACE IP:** El desarrollo de las tecnologías de comunicación inalámbrica que ha habido durante los últimos tiempos, así como la posibilidad de usar bandas no licenciadas en 5.4 GHz, nos permite ofrecer soluciones



basadas en IP que operan a través de enlaces punto a punto. El Radio Enlace IP está compuesto por un enlace IP Punto a Punto que opera en banda 5,4 GHz, con las antenas adecuadas para cubrir la distancia de operación y un determinado número de codificadores de audio y vídeo en función de las necesidades de transporte de señal que necesite el cliente, pudiéndose elegir entre codificadores de audio, vídeo SD, HD solos o agrupados.

**RED ALAMBRICA:** Una red alámbrica de computadoras es un conjunto de equipos conectados por medio de cables, los cuales sirven para el transporte de datos, compartiendo información, recursos y servicios.

**RED INALAMBRICA:** Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina el cableado ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos.

**RED TELEFONICA CONMUTADA:** Se define como el conjunto de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios para enlazar a voluntad dos equipos terminales mediante un circuito físico que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma. Se trata, por tanto, de una red de telecomunicaciones conmutada.

**TELEMEDICINA:** Es la prestación de servicios médicos a distancia. Para su implantación se emplean tecnologías de la información y las comunicaciones. La telemedicina puede ser tan simple como dos profesionales de la salud discutiendo un caso por teléfono, hasta la utilización de avanzada tecnología en comunicaciones e informática para realizar consultas, diagnósticos o

cirugías a distancia y en tiempo real. Y como servicio, puede beneficiar a todos los pacientes de un sistema sanitario, pero sobre todo a las personas mayores y los pacientes crónicos.

**VELOCIDAD DE TRANSMISION:** La velocidad de transmisión de datos mide el tiempo que tarda un host o un servidor en poner en la línea de transmisión el paquete de datos a enviar. El tiempo de transmisión se mide desde el instante en que se pone el primer bit en la línea hasta el último bit del paquete a transmitir. La unidad de medida en el Sistema Internacional (de estar contemplado en el mismo) sería en bits/segundo (b/s o también bps), o expresado en octetos o bytes (B/s) ya que así puede hacer la transmisión de dato.

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

#### 2.2.8. 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 medicina (Checca, 2017).

### **2.2.8.1. Elementos de redes de telecomunicación**

-Terminal. Es el equipo o conjunto de equipos utilizados para comunicarse (teléfonos, computadoras, equipos médicos de medida, etc.).

-Interfaz. Puntos de conexión que hay para el o los terminales de la red o medios de transmisión.

### **2.2.8.2. Velocidad de transmisión de las redes**

La velocidad con la que se transporta la información en el medio físico estará expresada 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 o 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), mega hertzios (MHz) y giga hertzios (GHz). Un hertzio se podría definir como un 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 (Checca, 2017).

### 2.2.8.3. 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.

**a) 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 gestionara hacia donde se va la información (Checca, 2017). 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 (Checca, 2017).

-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 (Checca, 2017).

**b) 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 (Checca, 2017).

### **Clasificación según medio de transmisión**

**a. Red alámbrica:** En esta clasificación se incluye medios físicos como cables pares 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 (Checca, 2017).

-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 (Checca, 2017).

-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 (Checca, 2017).

**b. 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 terreno 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 (Checca, 2017).

-Luz infrarroja: Consiste en la emisión y recepción de haces de luz, 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 (Checca, 2017).

-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 (Checca, 2017).

-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 (Checca, 2017).

## **2.2.9 Redes de comunicación usados en telemedicina**

### **2.2.9.1. 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. 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) (Checca, 2017).

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 (Checca, 2017).

Entre las principales características de sistemas PLC se encuentran:

-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 micro filtros para evitar interferencia con los electrodomésticos del hogar. Para el uso de esta tecnología se debe contar con los siguientes dispositivos.

-Modem PLC: Instalado en el hogar del cliente y permitirá la transmisión de datos, así como el servicio telefónico por voz.

-Repetidor: Dispositivos que se conectara 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 (Checca, 2017).

#### **2.2.9.2. 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 (Checca, 2017).

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:

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 (Checca, 2017).

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 elevado. Es usado de preferencia para comunicación a grandes distancias, de preferencias superior a los 10 km (Checca, 2017).

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. (Checca, 2017).

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

-Ancho de banda: Las fibras ópticas podrían llegar hasta alrededor de 1 THz, aunque este rango no es usado en nuestros días. Su ancho de banda excede ampliamente al de los cables de cobre.

-Bajas perdidas: 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 serian:

-Solo se podrá instalar en zonas donde ya está provista la red de fibra óptica.

-El costo de la conexión de fibra óptica es elevado 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.

### **2.2.9.3. 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 radioenlaces 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 (Checca, 2017).

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 (Checca, 2017).

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

- Transmisión 100% Digital.
- Multicanal y multi dispositivo, un mismo enlace se puede utilizar para transportar múltiples canales de audio y voz independientemente.
- Facilidad de instalación y ajuste.

- Buena directivita 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.

#### **2.2.9.4 Red basada en tecnología HF y VHF**

La tecnología HF y VHF es ampliamente usada en comunicaciones de voz semiduplex, pero también puede ser usada para comunicaciones de datos. Esta tecnología ha sido usada 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 (Checca, 2017). Los servicios que se pueden brindar con tecnología VHF y HF serán explicados a continuación.

##### **a. 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) (Checca, 2017). 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 40 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 atmosfera (situada a unos 250 km. de altitud), (Checca, 2017).

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 (Checca, 2017).

#### **b. 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 (Checca, 2017).

### **c. 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) (Checca, 2017).

**d. 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-duplex 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.

**2.2.9.5 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 para 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 dado 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 usara un radio enlace IP para comunicar el centros de salud que será el centro emisor hacia el centro de salud de la RED DE CHUCUITO que será el centro remoto a donde se enviaran los datos y donde se encontraran los médicos especialistas que atenderán las diversas enfermedades (Checca, 2017).

#### **2.2.10. Terminales de acceso al usuario**

##### **2.2.10.1 E-health platform**

(Cooking Hacks, 2013) Establece que esta herramienta permite medir más de 20 parámetros biométricos como pulso, frecuencia respiratoria, oxígeno en la sangre, señales de electrocardiograma, presión arterial, señales de electromiografía muscular, niveles de glucosa, respuesta cutánea galvánica, capacidad pulmonar, ondas de ronquido, posición del paciente, flujo de aire y parámetros de escala corporal (peso, masa ósea, grasa corporal, masa muscular, agua corporal, grasa visceral, tasa metabólica basal e índice de masa corporal).

(Cooking Hacks, 2013) El número de sensores es 16. Los sensores son: Snore, Spirometer, Blood Pressure (BLE), SPO2 (BLE), Glucometer (BLE) y Body Scale (peso, masa ósea, grasa corporal, masa muscular, agua corporal, grasa visceral, tasa metabólica basal e índice de masa corporal).

**CARACTERISTICAS GENERALES:**

- Arquitectura: Arduino compatible
- Memoria RAM: 2k
- Microprocesador: Atmega 328 (Arduino uno)
- Memoria flash: 32k
- UART sockets: 1 (multiplexado)
- Pantalla: tft (gráficos básicos)
- Pantalla Táctil
- Almacenamiento en la nube
- ANDROID / IOS APP
- 16 sensores
- Lectura continua de los sensores

**Sensores:**

- Body Position (Posición corporal). - Sensor de posición corporal, monitorea hasta cinco posiciones (sentado, parado, supino, propenso, derecha e izquierda).
- Body temperature (Temperatura Corporal). - Sensor de temperatura corporal.
- Electromyography (Electromiografo). - es un procedimiento de diagnóstico que se utiliza para evaluar la salud de los músculos y las células nerviosas que los controlan.
- Electrocardiography (Electrocardiógrafo).- Registra las corrientes eléctricas producidas por la actividad del corazón.
- Airflow (Flujo de aire). - Monitor de flujo de aire

-Galvanic Skin Response (Respuesta galvánica de la piel). - también denominada actividad electrodérmica (EDA) y conductancia de la piel (SC), es la medida de las continuas variaciones en las características eléctricas de la piel, por ejemplo, la conductancia, causada por la variación de la sudoración del cuerpo humano.

-Blood Pressure (Presión arterial).- Registra de la presión arterial.

-Pulsioximeter (Pulsioxímetro).- Mide el porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina en sangre de un paciente con ayuda de métodos fotoeléctricos.

-Glucometer (Glucometro).- Se utiliza para obtener la concentración de glucosa en sangre.

-Spirometer (Espirometro).- Usado en medicina para determinar los volúmenes y capacidades del pulmón.

-Snore (Ronquido).- Este sensor se adhiere al cuello y registra la vibración.

-Scale (BLE).- Los parámetros que puede medir son peso, masa ósea, masa muscular, agua corporal y agua visceral.

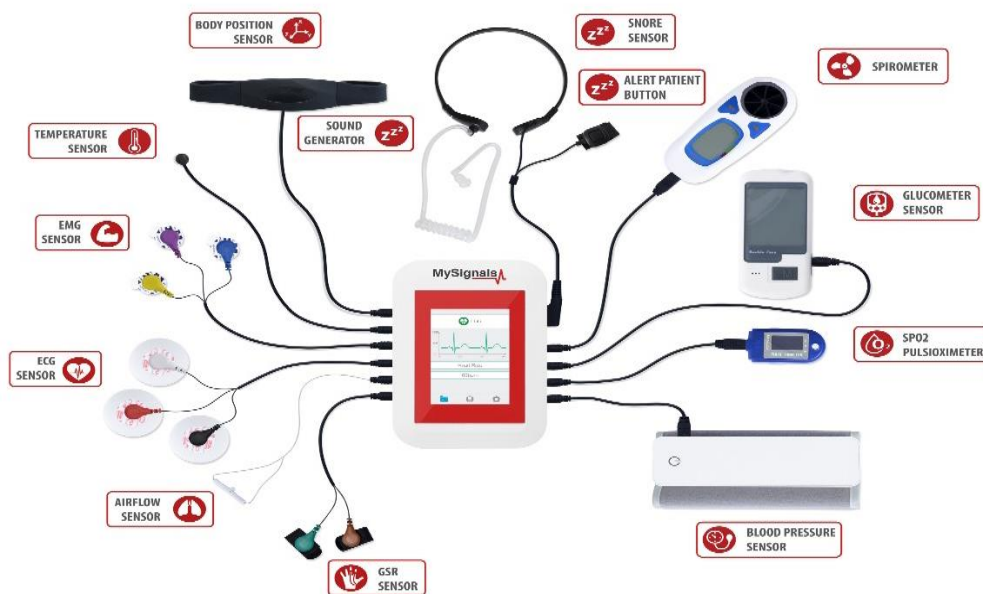
-Blood Pressure (BLE).- Registra de la presión arterial con el Bluetooth low energy.

-Pulsioximeter (BLE).- Mide el porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina en sangre de un paciente con ayuda de métodos fotoeléctricos con el Bluetooth low energy.

-Glucometer (BLE).- Se utiliza para obtener la concentración de glucosa en sangre con el Bluetooth low energy.

-Electroencephalography (Electroencefalógrafo).- Es el registro y evaluación de los potenciales eléctricos generados por el cerebro y obtenidos por medio de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo.

**Figura 2.3:**E-health platform con sus sensores.



FUENTE: (MySignals, 2019)

Sistema Alentia 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” (Checca, 2017). El sistema ALB-250 de Albentia está compuesto de los siguientes equipos:

**Figura 2.4:** Equipos de sistema Albentia.



FUENTE: (Checca, 2017)

Características principales del producto:

- 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 radioenlaces 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 (Checca, 2017). Los equipos que se utiliza este sistema son los siguientes:

**Figura 2.5:** Equipos de sistema PTP 100 series Motorola.



FUENTE: (Checca, 2017)

Características principales del producto:

-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 Canada 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 MHz.

- Método de duplexaje: TDD (Duplexaje por división de tiempo).

-Máxima potencia output 24 dBm.

-Ganancia de antena de 7 dBD o 9.14 dBi.

-Peso de la unidad outdoor: 0.45 Kg.

-Medidas de la unidad outdoor: 299x86x86 mm.

WinLink 1000 Point-to-Point Wireless TDM/IP Revisión 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 (Checca, 2017). El sistema está compuesto por los siguientes elementos:

**Figura 2.6:** Equipos de sistema Winlink 1000.



FUENTE: (Checca, 2017)

Características principales del producto:

- 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.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación Geográfica del Estudio

El distrito de Chucuito está ubicado al Sur del Departamento de Puno, en la vertiente oriental de la cordillera de los andes. Con su capital Chucuito que se ubica entre la coordenada 14°04'07'' de latitud sur y 70°25'53'', ubicándose además su capital a 3623 m.s.n.m (Wikipedia, 2019).

##### 3.1.1 Centros Poblados

Chucuito, Centro Poblado de Cochiraya, Centro Poblado de Huayrapata, Centro Poblado de Tacasaya Centro Poblado de Inchupalla, Luquina Chico, Churo.

##### 3.1.2 Puntos de Referencia

En este proyecto, se logró comunicar todos los seis centros de salud de la micro red del distrito de Chucuito, para tal fin se realizó un radio enlace que puede viajar en bandas libres y es una tecnología que permitirá una futura expansión para transmisión de datos, para este fin se usó la herramienta Google Earth para ubicar exactamente la localización de ambos lugares y su respectiva latitud y longitud, se utiliza la información obtenida del ministerio de Salud (MINSA, 2019), donde constan las coordenadas de los establecimientos de salud.

**Figura 3.1:** Ubicación geográfica de los puntos de referencia



Elaboración propia

**Tabla 3.1:** Puntos de referencia con sus latitudes y longitudes

Name	Latitude	Longitude	Maximum Height (m)	Description	PMP Links
Chucuito	15.89737S	069.88810W	25		0
Inchupalla	15.96800S	069.94646W	25		1
Luquina Chico	15.78800S	069.82384W	25		1
Repetidor 3	15.85532S	069.82774W	25		1
Repetidor 4	15.85018S	069.84731W	25		1
Repetidor 9	15.92130S	069.90823W	25		1
Repetidor 10	15.93615S	069.92063W	25		1
Repetidor 1	15.80493S	069.83405W	25		1
Repetidor 2	15.79254S	069.82687W	25		1
Repetidor 5	15.84818S	069.83345W	25		1
Repetidor 6	15.84227S	069.82688W	25		1
Repetidor 7	15.82996S	069.81320W	25		1
Repetidor 8	15.91463S	069.90267W	25		1
Repetidor 11	15.95973S	069.94031W	25		1
Churo	15.82642S	069.80861W	25		1
Cochiraya	15.85415S	069.82587W	25		1
Tacasaya	15.84663S	069.84340W	25		1

Elaboración propia

### 3.2 Periodo de duración del estudio

El periodo de estudio fue de un mes en cuanto a la realización de las encuestas personales, visita a los centros de salud de la zona y la simulación del LINKplanner fue simultánea con esta.

### 3.3 Procedencia del material utilizado

El material utilizado fueron hojas A4 impresas a tinta laser negra y un bolígrafo azul para el uso de los encuestados.

### 3.4 Población y muestra del estudio

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Puno distrito de Chucuito. La población o universo a la que está destinada la presente tesis es la población de Chucuito.

#### 3.4.1. Muestra

Población de Chucuito según Censo 2017 que consta de 7019 habitantes según se muestra detalladamente en las siguientes tablas.

**Tabla 3.2:** Población de Chucuito según Censo 2017

P: Sexo	Casos	%	Acumulado %
Hombre	3 281	46,74%	46,74%
Mujer	3 738	53,26%	100,00%
<b>Total</b>	<b>7 019</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

FUENTE: (INEI, 2017)

**Tabla 3.3:** Edad en quinquenales en Chucuito según Censo 2017

P: Edad en grupos quinquenales	Casos	%	Acumulado %
De 0 a 4 años	447	6,37%	6,37%
De 5 a 9 años	400	5,70%	12,07%
De 10 a 14 años	485	6,91%	18,98%
De 15 a 19 años	532	7,58%	26,56%
De 20 a 24 años	513	7,31%	33,87%
De 25 a 29 años	360	5,13%	38,99%
De 30 a 34 años	375	5,34%	44,34%
De 35 a 39 años	369	5,26%	49,59%
De 40 a 44 años	370	5,27%	54,87%
De 45 a 49 años	357	5,09%	59,95%
De 50 a 54 años	423	6,03%	65,98%
De 55 a 59 años	387	5,51%	71,49%
De 60 a 64 años	393	5,60%	77,09%
De 65 a 69 años	436	6,21%	83,30%
De 70 a 74 años	403	5,74%	89,04%
De 75 a 79 años	309	4,40%	93,45%
De 80 a 84 años	251	3,58%	97,02%
De 85 a 89 años	141	2,01%	99,03%
De 90 a 94 años	55	0,78%	99,81%
De 95 a más	13	0,19%	100,00%
<b>Total</b>	<b>7 019</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

FUENTE: (INEI, 2017)

**Tabla 3.4:** Población de Chucuito afiliada al SIS según Censo 2017.

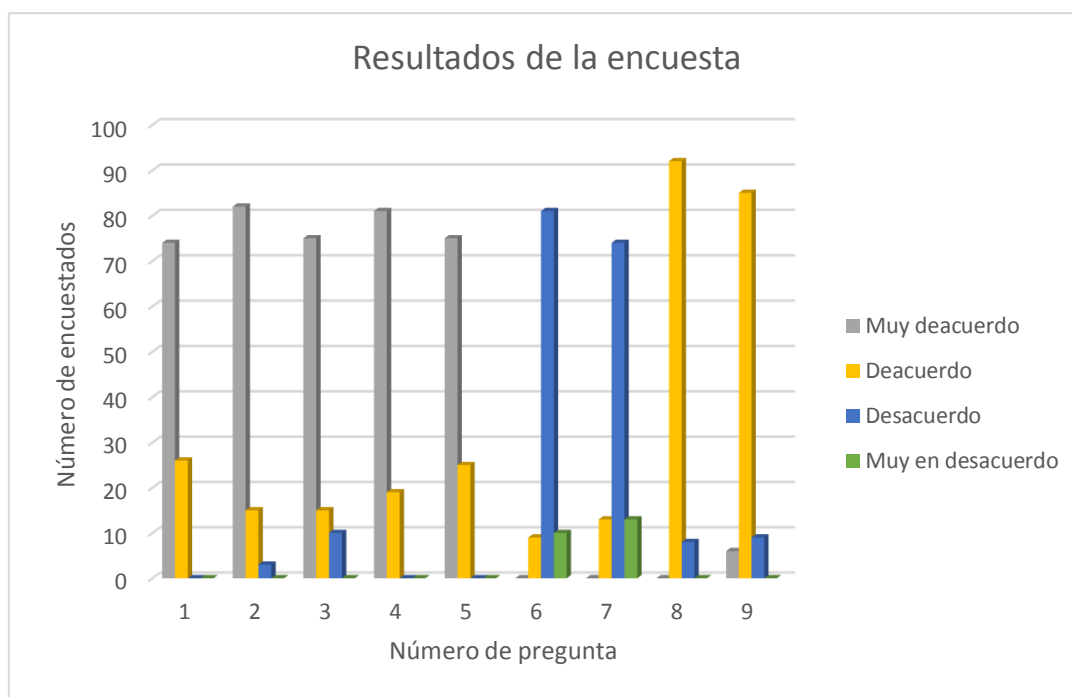
P: Población afiliada: al SIS	Casos	%	Acumulado %
No está afiliado al SIS	2 545	36,26%	36,26%
Sí, afiliado al SIS	4 474	63,74%	100,00%
<b>Total</b>	<b>7 019</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

FUENTE: (INEI, 2017)

### 3.5 Diseño estadístico

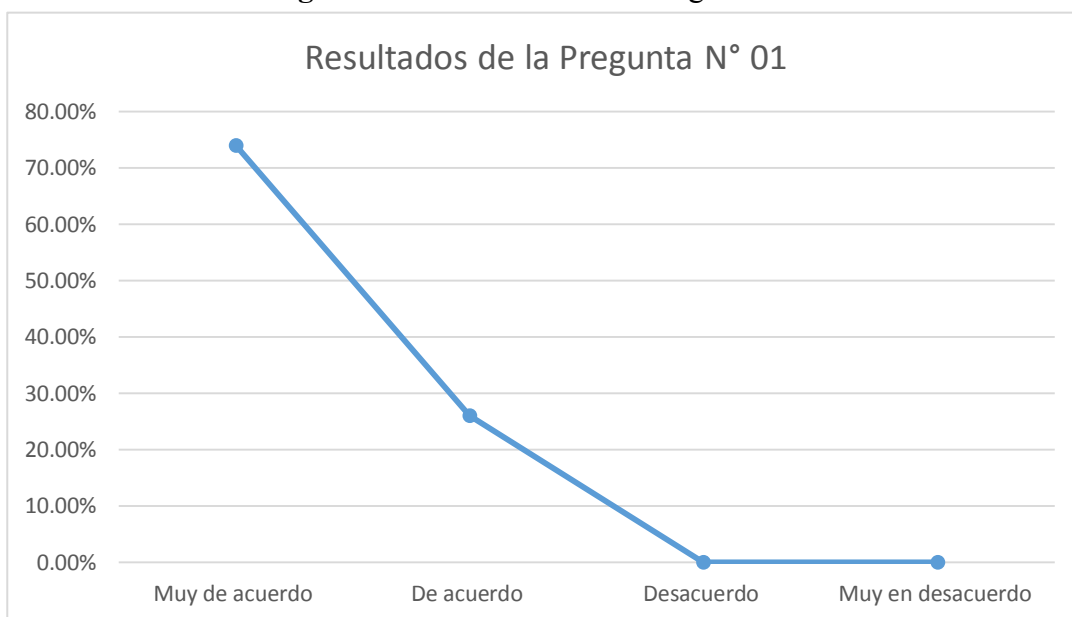
Se debe realizar la validación de las pruebas estadísticas a partir de las entrevistas:

**Figura 3.2:** Gráfico en barras de los resultados de la encuesta



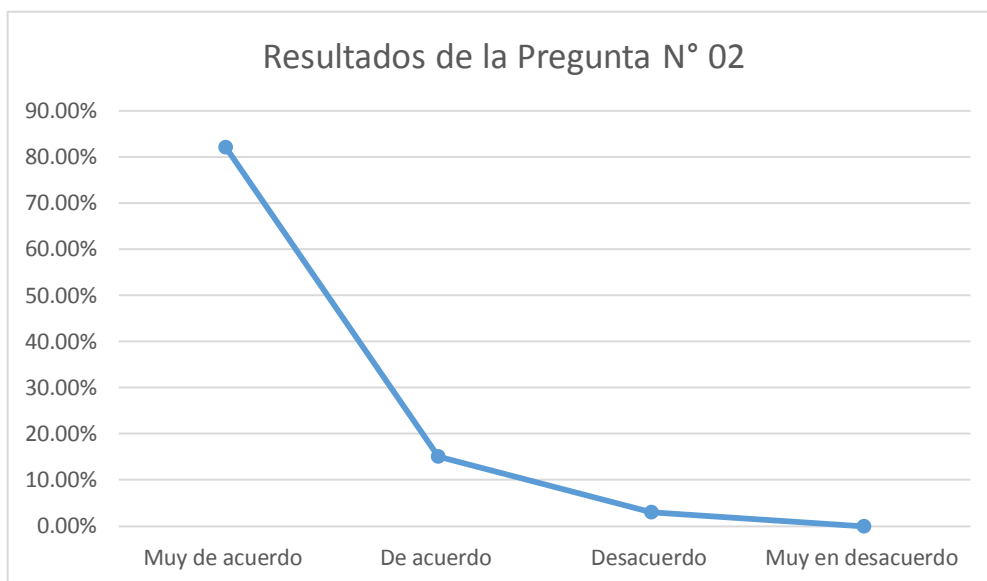
Elaboración propia

**Figura 3.3:** Resultados de la Pregunta N° 01



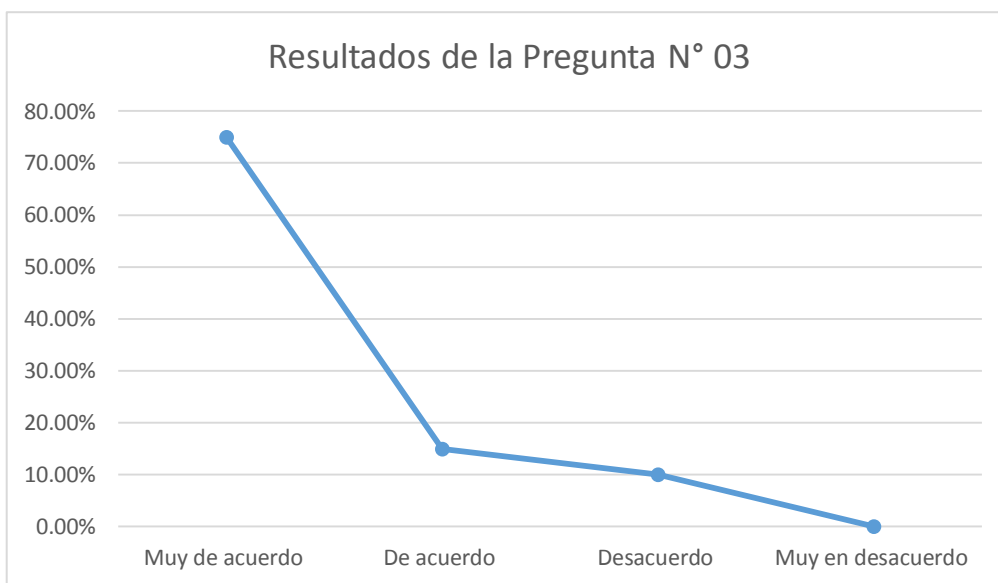
Elaboración propia

**Figura 3.4:** Resultados de la Pregunta N° 02



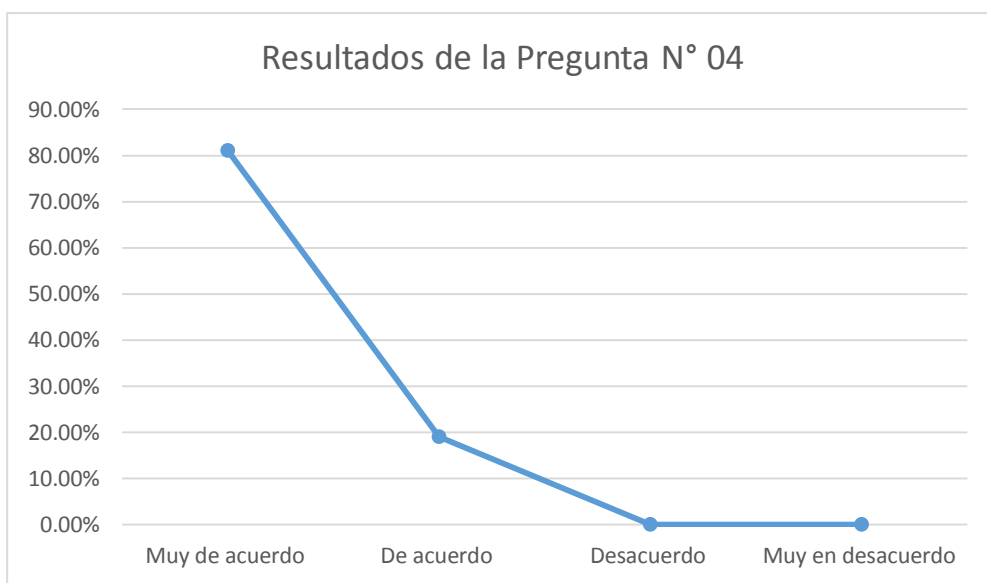
Elaboración propia

**Figura 3.5:** Resultados de la Pregunta N° 03



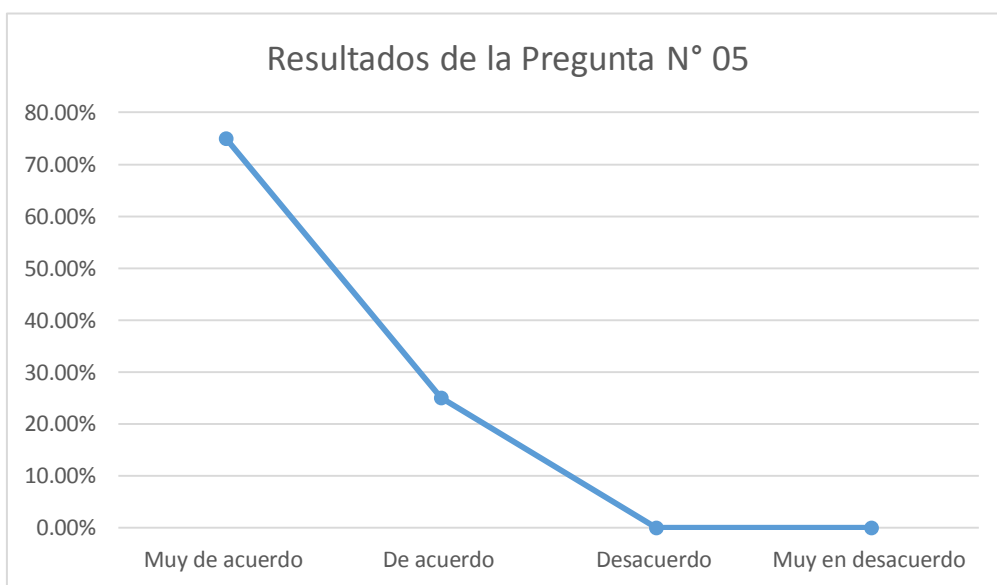
Elaboración propia

**Figura 3.6:** Resultados de la Pregunta N° 04



Elaboración propia

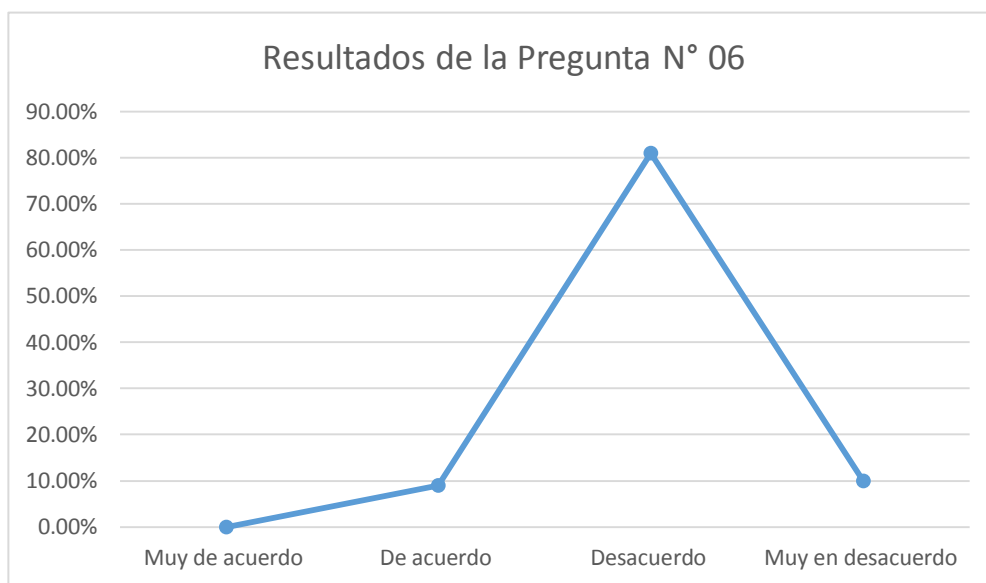
**Figura 3.7:** Resultados de la Pregunta N° 05



Elaboración propia



**Figura 3.8:** Resultados de la Pregunta N° 06



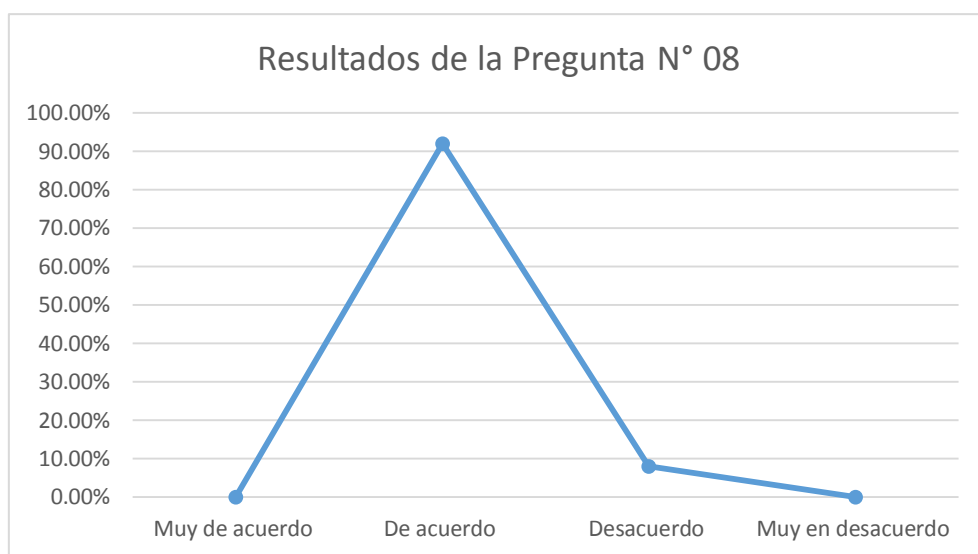
Elaboración propia

**Figura 3.9:** Resultados de la Pregunta N° 07



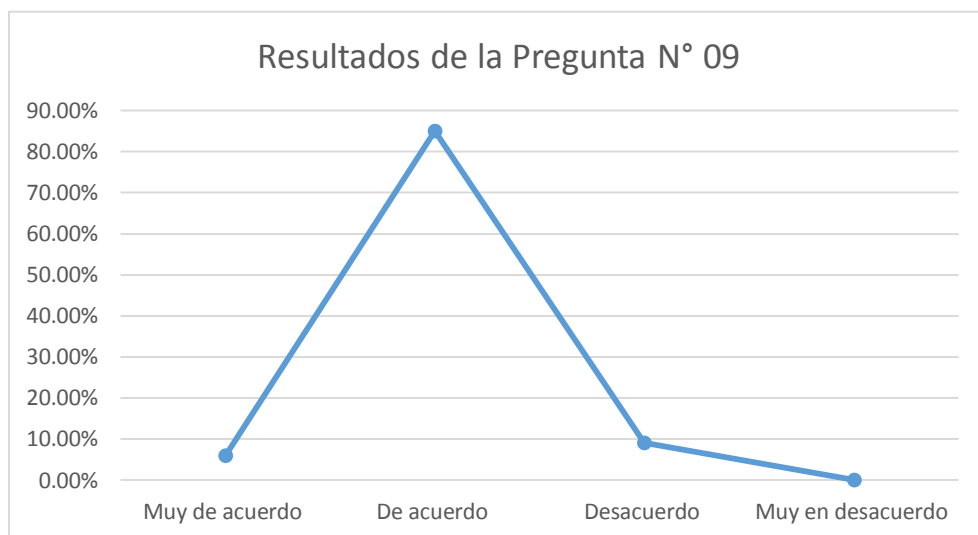
Elaboración propia

**Figura 3.10:** Resultados de la Pregunta N° 08



Elaboración propia

**Figura 3.11:** Resultados de la Pregunta N° 09



Elaboración propia

### 3.6 Procedimiento

El procesamiento de la información recolectada siguió el siguiente procedimiento:

- Revisión de la información recolectada.
  
- Repetición de la recolección de la información en ciertos casos individuales.
  
- Manejo de información.
  
- Estudio estadístico de datos para presentación de resultados.

#### 3.6.1 Técnicas e instrumentos para recolectar información

##### A) Técnicas

Las técnicas utilizadas fueron:

La observación: es una técnica de recopilación de datos semi – primaria por la cual el investigador actúa sobre los hechos a veces con la ayuda de algunos instrumentos.

La encuesta: Se presenta al investigado, quien da respuesta a los problemas de investigación.

##### B) Instrumentos

Los instrumentos son:

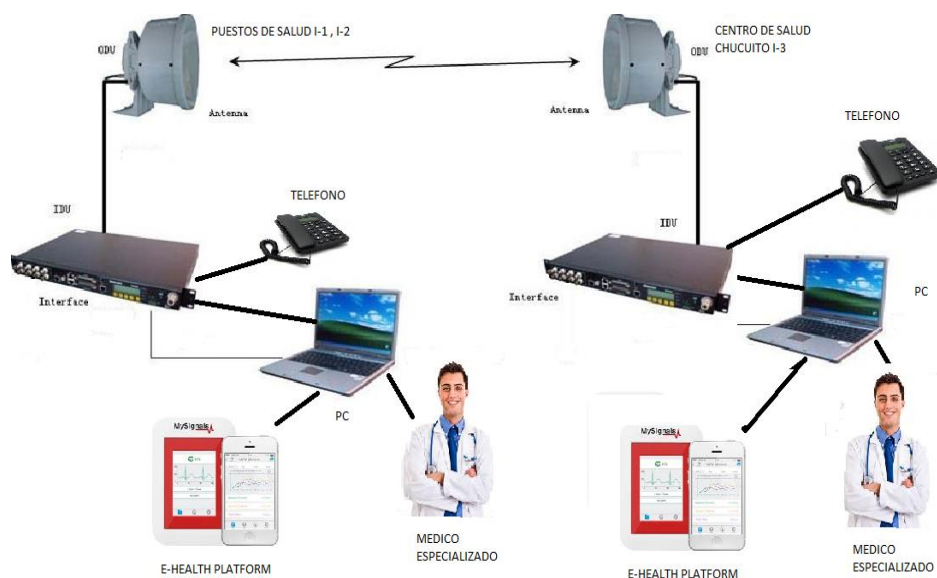
- Guía de observación de campo: pasos que adopta el investigador a fin de hacer una buena estrategia para observar los hechos.
  
- Cuestionario: Instrumento con el cual se recogen los datos que sirven para probar la hipótesis.

#### 3.6.2. Diseño de red piloto en cada Centro de Salud

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

esta mencionado anteriormente se trabaja con un radio enlace sobre IP que se apreciara de la siguiente manera:

**Figura 3.12:** Esquema de red de telemedicina



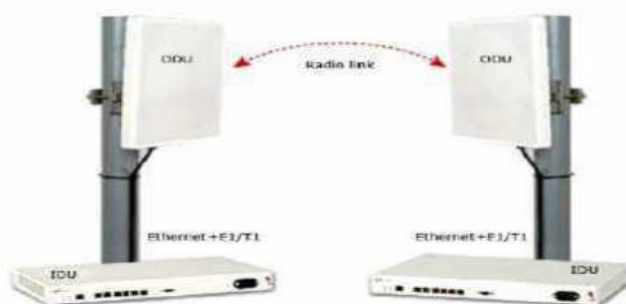
Elaboración Propia

Alternativas para el equipamiento:

Los equipos utilizados, deberán cumplir lo que establece la ley (Decreto Supremo N° 038-2003-MTC), en cuanto a los límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes en telecomunicaciones. Con su modificatoria el D.S. N° 038-2006-MTC.

### 3.6.3. Equipamiento elegido para red IP

Se usará el equipo designado por WinLink 1000 puesto 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 enlace se configurará a través de una aplicación denominada WinLink 1000 Management. Un ejemplo simple de la arquitectura que se usara se presentara en el siguiente gráfico (Checca, 2017).

**Figura 3.13:** Arquitectura de sistema Winlink 1000

FUENTE: (Checca, 2017).

A continuación, se describirán los elementos del sistema WinLink:

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 (Checca, 2017).

**Figura 3.14:** Equipo Idu-C

FUENTE: (Checca, 2017)

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

**Figura 3.15:** Equipo Poe



FUENTE: (Checca, 2017)

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 CAT 5E. La unidad ODU viene en dos diferentes formas dependiendo del tipo de antena (Checca, 2017). Las 3 series que son usadas para ODU serán resumidas en la siguiente figura:

**Figura 3.16:** 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

FUENTE: (Checca, 2017)

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 (Checca, 2017).

Las antenas externas que pueden usarse son las siguientes:

**Figura 3.17:** Antenas externas de sistema Winlink 1000

FUENTE: (Checca, 2017)

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 constara 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 (Checca, 2017).

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, mascara 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 (Checca, 2017). Es un software de fácil uso que tiene una interfaz gráfica MS-Windows y que puede ser utilizado tanto localmente como remotamente.

El WinLink 1000 Management proveerá de los siguientes recursos.

- Herramienta para planeamiento de enlaces como Link Budget Calculador 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.

### **3.6.4 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 llegara 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 usaran 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 (Checca, 2017).

-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.

### 3.6.5. Diseño del subsistema de energía

La geografía irregular de la zona nos obliga a hacer uso de un repetidor en lugares donde no se da una línea de vista directa entre los establecimientos de salud, donde es necesaria la implementación de sistemas de energía autónoma que permita la alimentación de los equipos de comunicación; por tanto, para el diseño de la red de telemedicina de la red de Chucuito, se plantea el uso de sistemas de energía fotovoltaica (Checca, 2017).

Tiempos de consumo. En las estaciones repetidoras se trabaja con el modelo de consumo WRAP que corresponde a un enrutador inalámbrico que consta de

un IDU de WinLink 1000 que debe funcionar las 24 horas del día para proceder al encaminamiento de la información.

Como en las estaciones repetidoras donde se necesita energía fotovoltaica únicamente se encuentran equipos RB433AH el consumo por día es de 432 W/h, esto debido a que el RB tiene un consumo de 18 W y se encuentran encendido las 24 horas. (Checca, 2017)

Cálculo de banco de baterías. Para llevar a cabo el cálculo de la capacidad de la batería (en A-h), se debe considerar:

A la carga total por día se le debe agregar un factor de corrección de 1.2, es decir, el sistema debe ser capaz de generar al menos un 20% más de lo que en realidad se consume; por tanto:

$$L = 432 \frac{W-h}{dia} \times 1.2$$

$$L = 518.4 \frac{W-h}{dia} \quad (3.1)$$

Tener entre 2 a 5 días de autonomía:

$$Nda=2dias \quad (3.2)$$

No descargar las baterías por encima del 80%

$$Pdmax=0.80 \quad (3.3)$$

En resumen, las baterías deben ser capaces de entregar a los equipos la carga que necesiten, además de tener 2 días de autonomía, teniendo en cuenta que solo se deben descargar un 80%. De modo que la capacidad de la batería que se requiere para este caso viene dada por:

$$(W-h) = Nda * LPdmax \quad (3.4)$$

$$Cmod = 1296$$

Para obtener la capacidad en A-h, se debe dividir el resultado para el voltaje nominal de las baterías, que son 12 voltios. Por lo tanto, se necesita un banco de baterías de 108 A-h; y el uso de una batería AC Delco24 con capacidad de 115 A-h en cada repetidor, es suficiente para cubrir esta necesidad (Vidal & Apolo, 2011).

Dimensionamiento de panel solar. Para el dimensionamiento del panel solar es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

-Se asume un factor de corrección ( $f_c$ ) de 1,2 (generar al menos 20% más de lo que se consume).

-Se toma en cuenta la radiación diaria media del peor mes en la zona, que es W-h/m<sup>2</sup>: ( $G_{dm}(18^\circ) = 4000 \text{ W-h/m}^2$ ).

-Se consideran pérdidas adicionales de 10% sobre el consumo de cargas ( $nG=0.1$ ).

-Se considera que la potencia nominal generada por los paneles a usarse se ha medido con una radiación en condiciones estándar de 1000 W/m<sup>2</sup>.

-Se ha de tomar en cuenta la potencia nominal ( $P_{nom}$ ) del panel; para este diseño se ha considerado trabajar con paneles solares de marca ISOFOTON modelo I165

-Basándose en el criterio de que la energía necesaria ( $E_{GFV}$ ) debe ser igual al consumo de las cargas (afectada por el porcentaje de pérdidas) multiplicado por el factor de corrección se obtiene:

$$E_{GFV} = L * (1 + \eta_G) * f_c$$

$$E_{GFV} = 570,24 \left( \frac{W - h}{dia} \right) \quad (3.5)$$

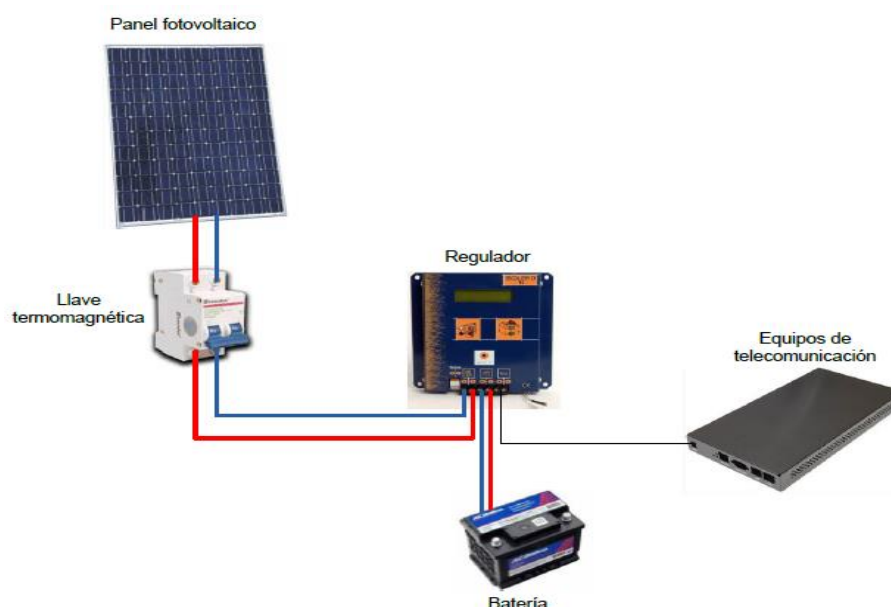
Para obtener el número de paneles:

$$\#paneles = \frac{E_{GFV}}{P_{nom} * G_{dm}} \quad (3.6)$$

$$\#paneles = 0,9504 \approx 1$$

El subsistema encargado de brindar energía eléctrica para el sistema WinLink de los repetidores autónomos comprende un panel solar, una batería, un regulador, termo magnéticos y cables de conexión internos y externos.

**Figura 3.18:** Esquema básico de subsistema de energía fotovoltaica



FUENTE: (Cahui, 2015)

### 3.6.6 Diseño del subsistema de protección eléctrica

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 18 AWG. Las zonas involucradas en este diseño al ser del tipo rural, están expuestas a una diversidad de fenómenos eléctricos de origen atmosférico capaces de afectar el buen funcionamiento de los equipos de telecomunicaciones. Por esto,

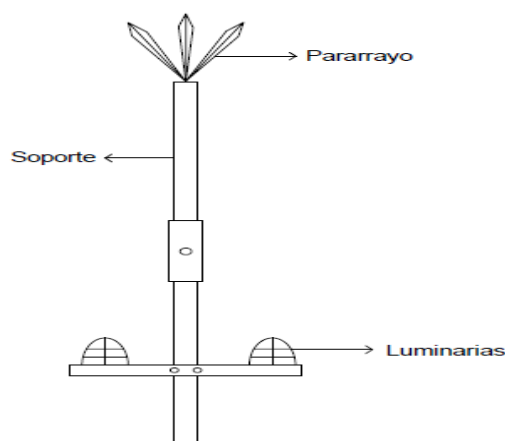
es necesario llevar a cabo el diseño de un sistema de protección eléctrica que debe ser instalado en cada estación. El sistema integral de protección eléctrica que ha sido diseñado consta de un pozo de puesta a tierra (PAT) que rodeará a toda la instalación; un pararrayos pasivo ionizante Franklin que se encargará de capturar la descarga atmosférica; una barra máster para poner al mismo potencial los equipos de comunicación, energía y el PAT; y protectores de línea (Checca, 2017).

La estructura del subsistema de protección eléctrica, entre los elementos cuenta con el uso de un pararrayos tipo Franklin para cada torre, el soporte para éste deberá cumplir lo siguiente:

Un tubo inferior de acero ISO 65 de  $\Phi 1\frac{1}{2}$ " de 1.5 metros de longitud con las siguientes características:

- Un ángulo de  $2'' \times 3/16'' \times 600\text{mm}$  para soporte de luces de balizaje, esto incluye una abrazadera U-bolt para tubo de  $\Phi 1\frac{1}{2}$ ".
- Una plancha base triangular de 359mm de lado, soldado al tubo inferior.
- Un tubo superior de acero ISO 65 de  $\Phi 1\frac{1}{4}$ " de 1.3 metros de longitud.
- Perno de embone de  $\frac{1}{2}$ " galvanizado, para la unión del tubo inferior y superior.

**Figura 3.19:** Esquema soporte de pararrayo

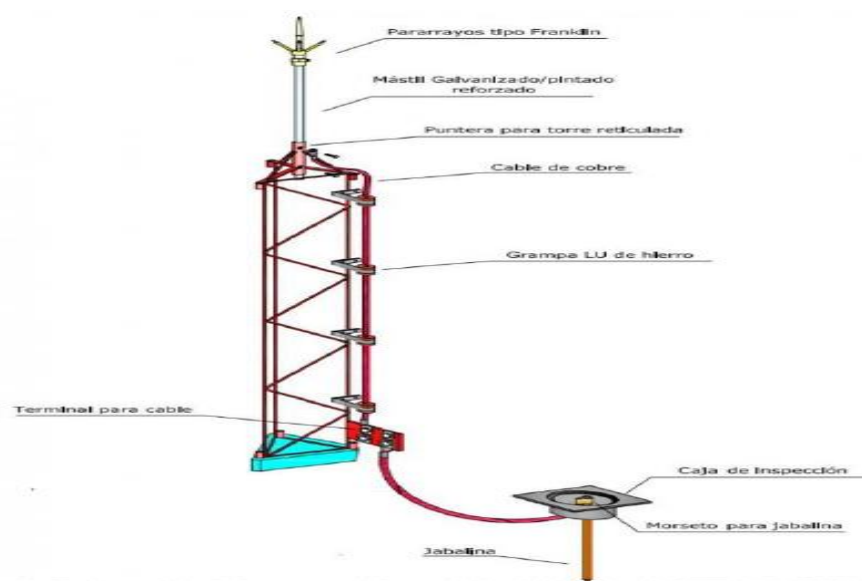


FUENTE: (Cahui, 2015)

### 3.6.7 Diseño del subsistema de infraestructura

Los elementos básicos que forman el subsistema de infraestructura son, la torre metálica, los cables para sujetar las bases de concreto. Dependiendo del diseño de la red se pueden requerir torres de mayor o menor altura, con el fin de asegurar los enlaces. Para este diseño se plantea trabajar con torres venteadas, esto por su bajo costo respecto a las auto soportadas y porque brindan prestaciones suficientes para los requerimientos de la red en cuestión. Cabe recalcar que la altura mínima sobre el nivel del suelo a la que ha de colocarse cualquier antena debe ser 15 metros, excepto en el caso en que una estación final esté apuntando a un repetidor colocado en un cerro y se tenga la certeza de que la línea de vista está despejada, en este caso las alturas mínimas en estaciones finales y repetidores serán de 6 metros. En general, la altura máxima de torre puede ser de 25 metros, debiendo evitarse llegar a este valor; en la red de telemedicina diseñada para la Red de Chucuito, la altura máxima de la torre es de 25m.

**Figura 3.20:** Esquema soporte de pararrayo.



FUENTE: (Checca, 2017)

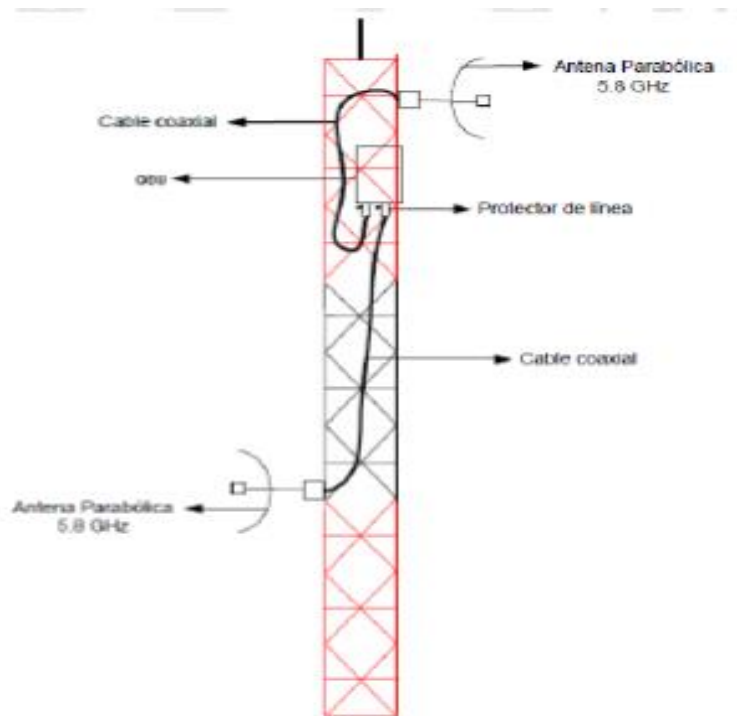
### 3.6.8 Instalación de red IP

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 montara 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 (Checca, 2017).

El subsistema de telecomunicaciones se inicia con la antena directiva la misma que se encuentra adherida a la torre a través de un soporte; de la antena sale el cable coaxial que antes de llegar al ODU pasa por un protector de línea. Del ODU baja el cable ethernet (del tipo para exteriores) para de este modo llegar al cliente.

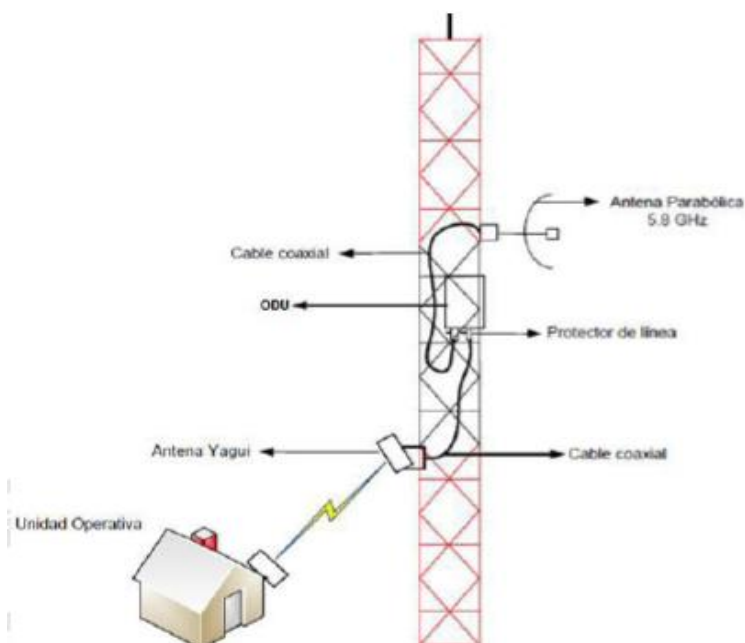
En el caso que el cliente se encuentre a una distancia  $34$  mayor a  $100$  m desde la torre, será necesario implementar otro sistema Wi-Fi (con menores requerimientos) que permita llegar a la estación cliente a través del radio enlace (Checca, 2017).

**Figura 3.21:** Esquema de una estación final A y B.



FUENTE: (Checca, 2017).

**Figura 3.22:** Esquema para una repetidora.



FUENTE: (Checca, 2017)



Para una estación repetidora el sistema queda estructurado como se muestra:

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 alojara este software serán los siguientes:

-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 recibir 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 (Checca, 2017).

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.

#### 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 18AWG (Checca, 2017).

#### 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 (Checca, 2017).

#### 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 usada 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 (Checca, 2017).

### **3.6.9 Red para dispositivos de telemedicina**

Básicamente, se contará con seis e-health platform para medir más de 20 parámetros biométricos como pulso, frecuencia respiratoria, oxígeno en la sangre, señales de electrocardiograma, presión arterial, señales de electromiografía muscular, niveles de glucosa, respuesta cutánea galvánica, capacidad pulmonar, ondas de ronquido, posición del paciente, flujo de aire y parámetros de escala corporal (peso, masa ósea, grasa corporal, masa muscular, agua corporal, grasa visceral, tasa metabólica basal e índice de masa corporal) y estos datos serán enviados mediante la red a los especialistas situados en el centro de salud de Chucuito para dar un diagnóstico a cada paciente y de ser necesario un tratamiento (Cooking Hacks, 2013).

### **3.6.10 Red LAN dentro del centro de salud de Churo**

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 su 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:

### **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 (Checca, 2017).

-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 conectaran 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 dúplex.

-Control de pérdidas de datos.

### **Firewall**

Es un cortafuego de la red que brindara 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 establece 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 (Checca, 2017).

### **Gateway de Voz**

Para definir el Gateway a usar, se debe tener en cuenta que se brinda servicio a 6 abonados dentro de la Red de Chucuito 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 (Checca, 2017).

### **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.

El teléfono VoIP elegido es el GrandStream GXP-2000 dado que cuenta con VAD y además cuenta con PoE lo cual ayudara a mejorar el desempeño ya que se evitará energizar el equipo mediante toma eléctrica y se evitara tener problema durante posibles fallas eléctricas que se presenten en el establecimiento donde son instaladas (Checca, 2017).

### 3.7 Variables

Las variables, dimensión e indicadores se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla 3.5:** Tabla de variables, dimensión e indicadores

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>- Hoja de preguntas</p>	<p>-Realización, impresión y entrega de las hojas de encuesta.</p>	<p>-Hojas en buen estado.</p> <p>-Disponibilidad de cada encuestado.</p> <p>-Correcta explicación del objetivo de la encuesta.</p> <p>-Conocimiento de los factores climáticos, en caso que sean al aire libre.</p>
<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>-Respuestas favorables para la aprobación del diseño de la red.</p>	<p>-Concientización por parte de la población sobre los beneficios que trae la implementación del diseño.</p>	<p>-Buena disposición y comodidad por parte de los pobladores encuestados.</p> <p>-Tener conocimiento acerca del beneficio de la red.</p>

Elaboración propia

### 3.8 Análisis de los resultados

De la tabla 4.6 y figura 4.6 respecto a la pregunta ¿La atención médica que se ofrece durante la telemedicina es comparable a la atención presencial? nos da a conocer que la población es consciente de las carencias y la falta de eficiencia en la atención medica primaria que se tiene en la localidad de Chucuito, así como sus limitaciones en el diagnostico inmediato y el posterior tratamiento de los pacientes.

De la tabla 4.8 y figura 4.8 respecto a la pregunta ¿La telemedicina es una tecnología que se debería implementar en las zonas rurales de país? muestra el deseo latente de la población por la mejora en la atención medica primaria utilizando esta tecnología a beneficio de la salud poblacional.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Resultados del sistema de telemedicina

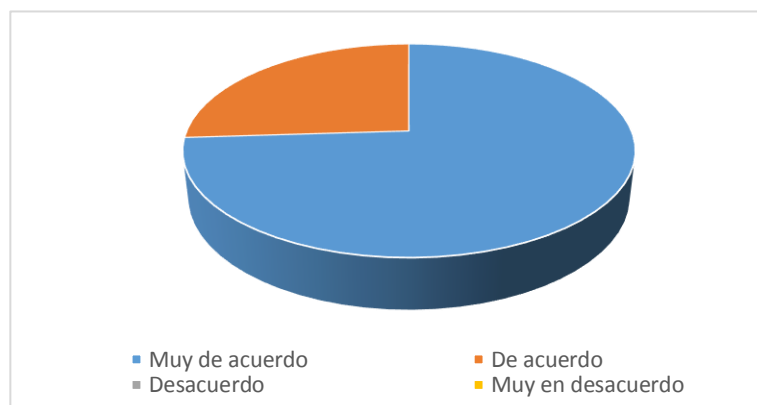
Los resultados fueron obtenidos a partir de las encuestas a los cien ciudadanos de la localidad de Chucuito.

**Tabla 4.1:** Resultados a la pregunta 1

Muy de acuerdo	74	74.00%
De acuerdo	26	26.00%
Desacuerdo	0	0.00%
Muy en desacuerdo	0	0.00%
TOTAL	100	100.00%

Elaboración propia.

**Figura 4.1:** Resultados a la pregunta 1



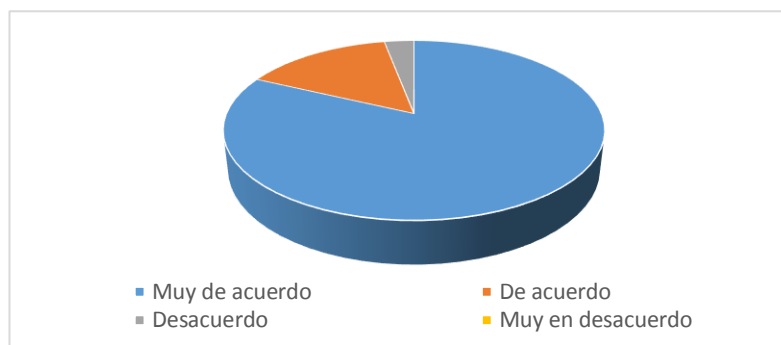
Elaboración propia

**Tabla 4.2:** Resultados a la pregunta 2

Muy de acuerdo	82	82.00%
De acuerdo	15	15.00%
Desacuerdo	3	3.00%
Muy en desacuerdo	0	0.00%
TOTAL	100	100.00%

Elaboración propia

**Figura 4.2:** Resultados a la pregunta 2



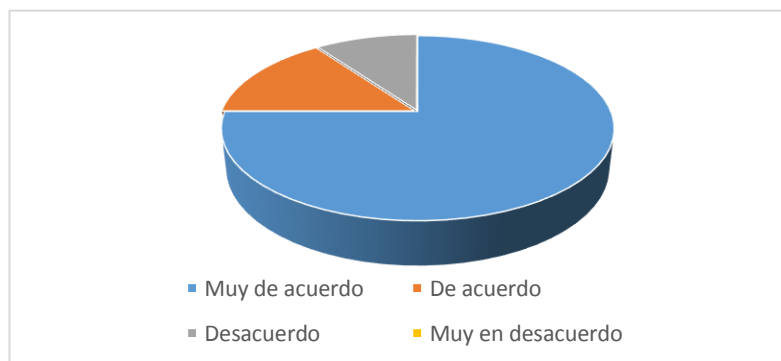
Elaboración propia.

**Tabla 4.3** Resultados a la pregunta 3

Muy de acuerdo	75	75.00%
De acuerdo	15	15.00%
Desacuerdo	10	10.00%
Muy en desacuerdo	0	0.00%
TOTAL	100	100.00%

Elaboración propia.

**Figura 4.3:** Resultados a la pregunta 3



Elaboración propia.

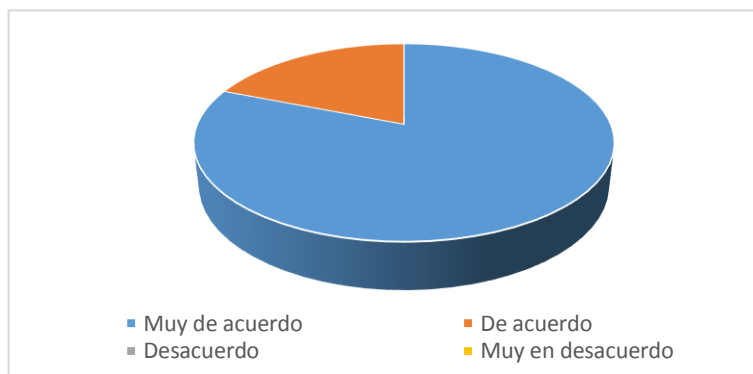


**Tabla 4.4:** Resultados a la pregunta 4

Muy de acuerdo	81	81.00%
De acuerdo	19	19.00%
Desacuerdo	0	0.00%
Muy en desacuerdo	0	0.00%
TOTAL	100	100.00%

Elaboración propia.

**Figura 4.4:** Resultados a la pregunta 4



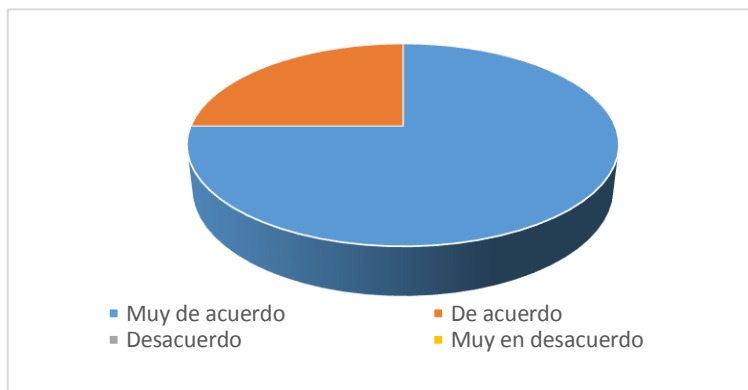
Elaboración propia

**Tabla 4.5:** Resultados a la pregunta 5

Muy de acuerdo	75	75.00%
De acuerdo	25	25.00%
Desacuerdo	0	0.00%
Muy en desacuerdo	0	0.00%
TOTAL	100	100.00%

Elaboración propia

**Figura 4.5:** Resultados a la pregunta 5



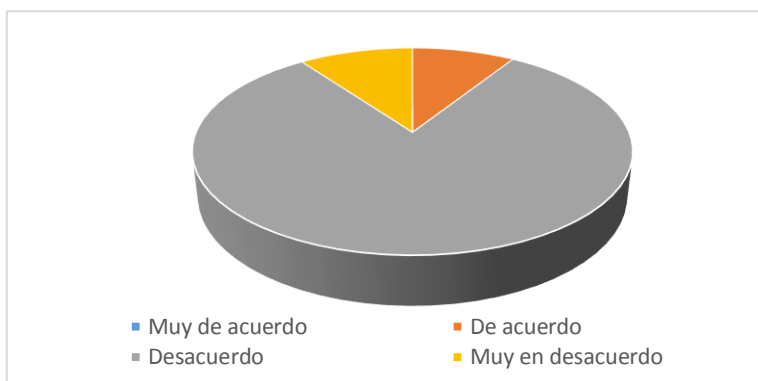
Elaboración propia

**Tabla 4.6:** Resultados a la pregunta 6

Muy de acuerdo	0	0.00%
De acuerdo	9	9.00%
Desacuerdo	81	81.00%
Muy en desacuerdo	10	10.00%
TOTAL	100	100.00%

Elaboración propia

**Figura 4.6:** Resultados a la pregunta 6



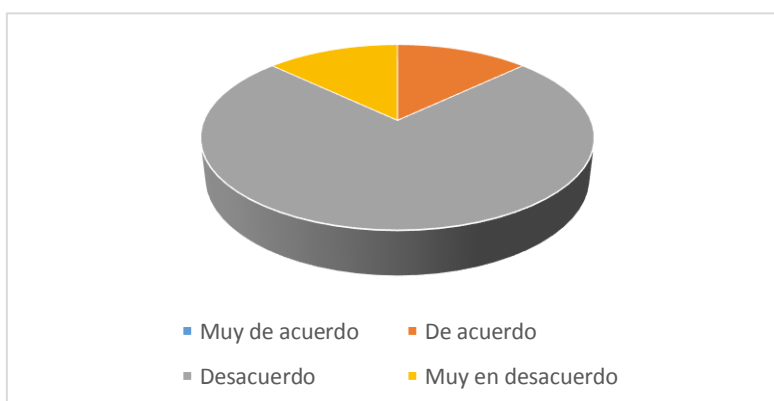
Elaboración propia

**Tabla 4.7:** Resultados a la pregunta 7.

Muy de acuerdo	0	0.00%
De acuerdo	13	13.00%
Desacuerdo	74	74.00%
Muy en desacuerdo	13	13.00%
TOTAL	100	100.00%

Elaboración propia

**Figura 4.7:** Resultados a la pregunta 7



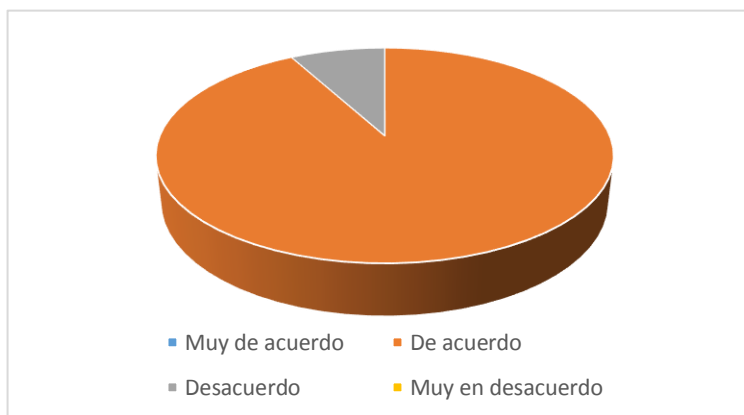
Elaboración propia

**Tabla 4.8:** Resultados a la pregunta 8.

Muy de acuerdo	0	0.00%
De acuerdo	92	92.00%
Desacuerdo	8	8.00%
Muy en desacuerdo	0	0.00%
TOTAL	100	100.00%

Elaboración propia

**Figura 4.8:** Resultados a la pregunta 8.



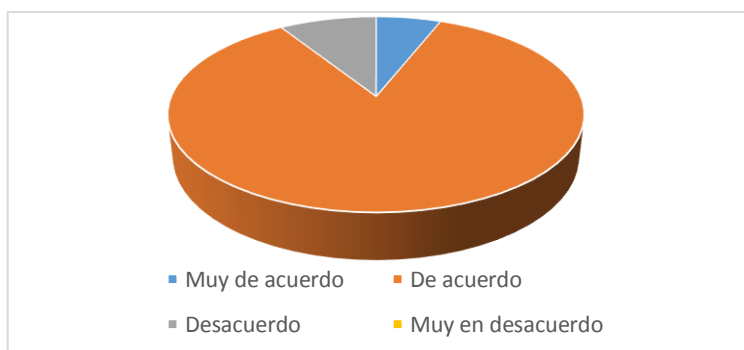
Elaboración propia.

**Tabla 4.9:** Resultados a la pregunta 9.

Muy de acuerdo	6	6.00%
De acuerdo	85	85.00%
Desacuerdo	9	9.00%
Muy en desacuerdo	0	0.00%
TOTAL	100	100.00%

Elaboración propia

**Figura 4.9:** Resultados a la pregunta 9

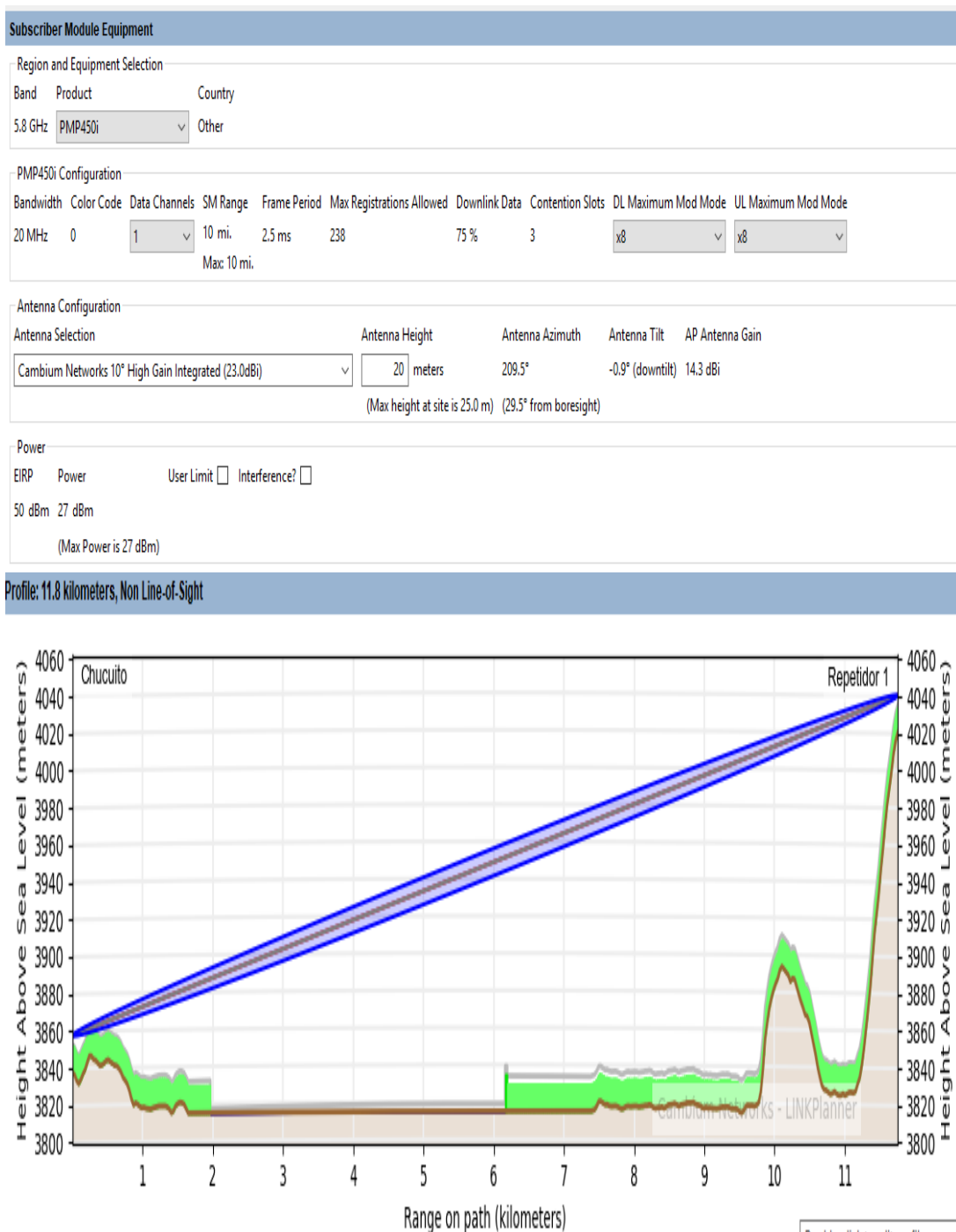


Elaboración propia.

### 4.1.2 Resultados del radio enlace para la red de telemedicina

Radio enlace entre el Centro de Salud de Chucuito y el Repetidor 1

**Figura 4.10:** Radioenlace entre Chucuito y Repetidor 1



Elaboracion propia

Radio enlace entre el Repetidor 1 y el Repetidor 2

Figura 4.11: Radioenlace entre el Repetidor 1 y Repetidor 2

**Subscriber Module Equipment**

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country
5.8 GHz	PMP450i	Other

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Data Channels	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots	DL Maximum Mod Mode	UL Maximum Mod Mode
20 MHz	0	1	10 mi. Max: 10 mi.	2.5 ms	238	75 %	3	x8	x8

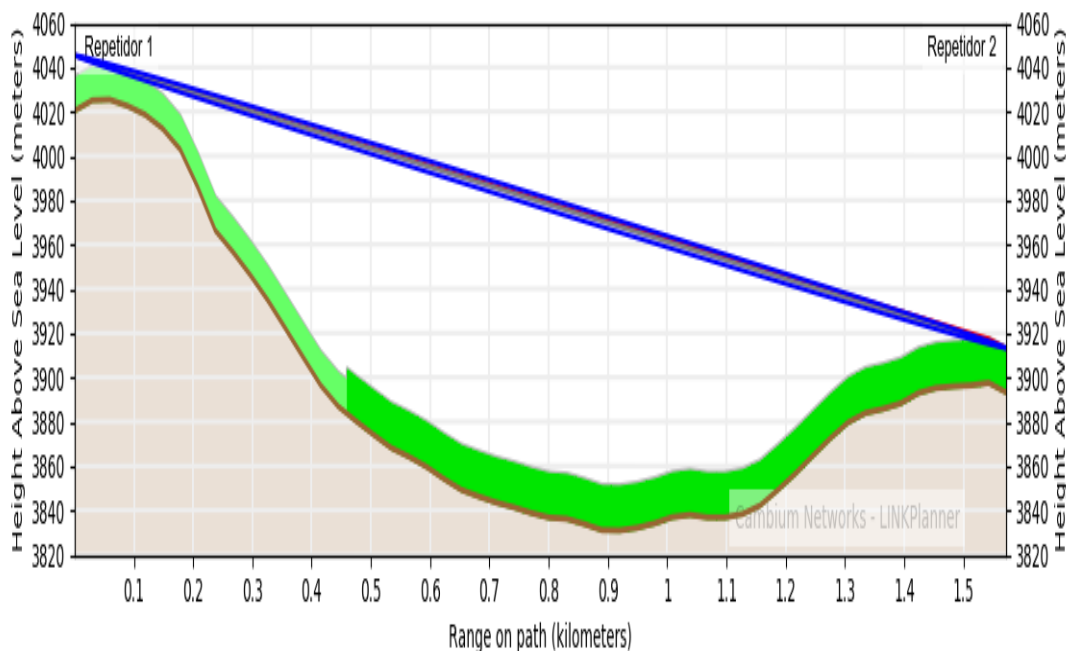
Antenna Configuration

Antenna Selection	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt	AP Antenna Gain
Cambium Networks 10° High Gain Integrated (23.0dBi)	20 meters (Max height at site is 25.0 m)	209.3° (29.3° from boresight)	8.3° (uptilt)	14.5 dBi

Power

EIRP	Power	User Limit	Interference?
50 dBm	27 dBm (Max Power is 27 dBm)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

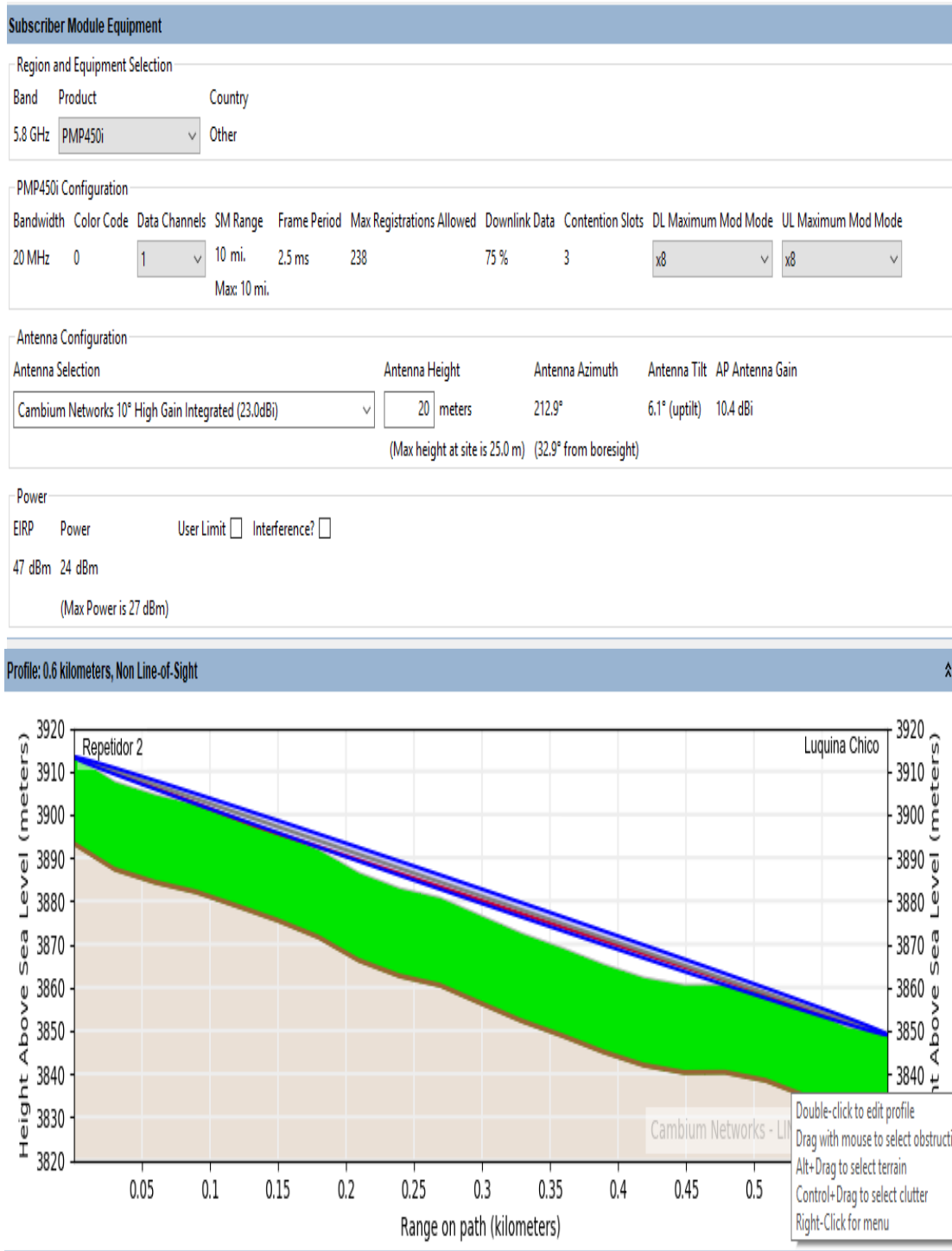
**Profile: 1.6 kilometers, Non Line-of-Sight**



Elaboración propia

Radio enlace entre el Repetidor 2 y Luquina Chico

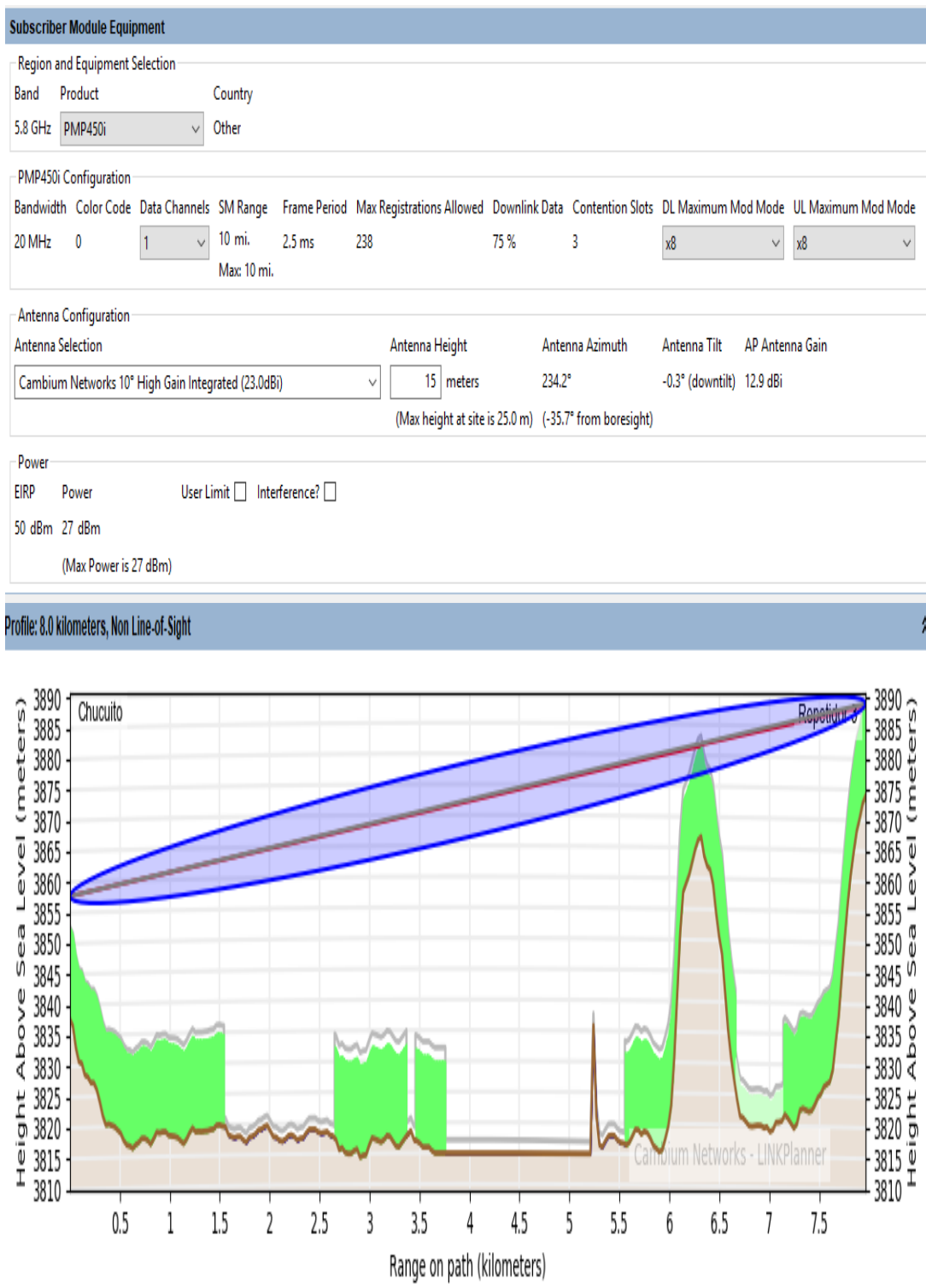
Figura 4.12: Radioenlace entre Repetidor 2 y Luquina Chico



Elaboración propia

Radio enlace entre el Centro de Salud de Chucuito y el Repetidor 3

Figura 4.13: Radioenlace entre Chucuito y el Repetidor 3



Radio enlace entre el Repetidor 3 y Cochiraya

Figura 4.14: Radioenlace entre el Repetidor 3 y Cochiraya

**Subscriber Module Equipment**

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country
5.8 GHz	PMP450i	Other

---

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Data Channels	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots	DL Maximum Mod Mode	UL Maximum Mod Mode
20 MHz	0	1	10 km Max: 7 mi.	2.5 ms	238	75 %	3	x8	x8

---

Antenna Configuration

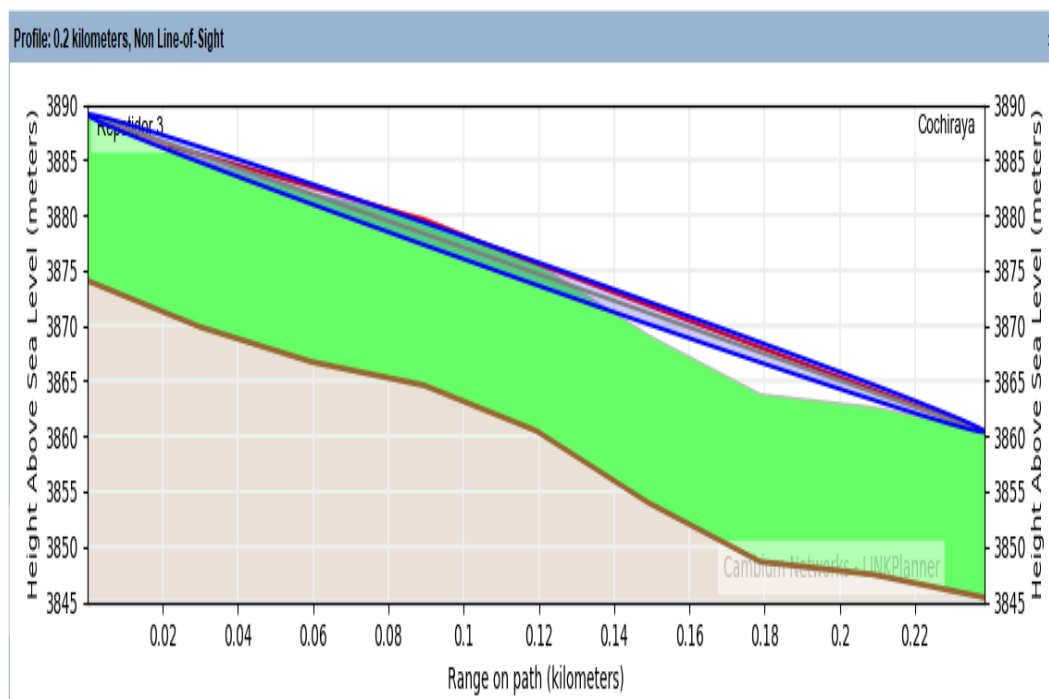
Antenna Selection	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt	AP Antenna Gain
Cambium Networks 10° High Gain Integrated (23.0dBi)	15 meters (Max height at site is 25.0 m)	237.1° (-32.9° from boresight)	7.3° (uptilt)	11.6 dBi

---

Power

EIRP Power User Limit  Interference?

50 dBm 27 dBm  
(Max Power is 27 dBm)



Elaboracion propia



Radio enlace entre Chucuito y el Repetidor 4

Figura 4.15: Radioenlace entre Chucuito y el Repetidor 4

**Subscriber Module Equipment**

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country
5.8 GHz	PMP450i	Other

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Data Channels	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots	DL Maximum Mod Mode	UL Maximum Mod Mode
20 MHz	0	1	10 mi. Max: 10 mi.	2.5 ms	238	75 %	3	x8	x8

Antenna Configuration

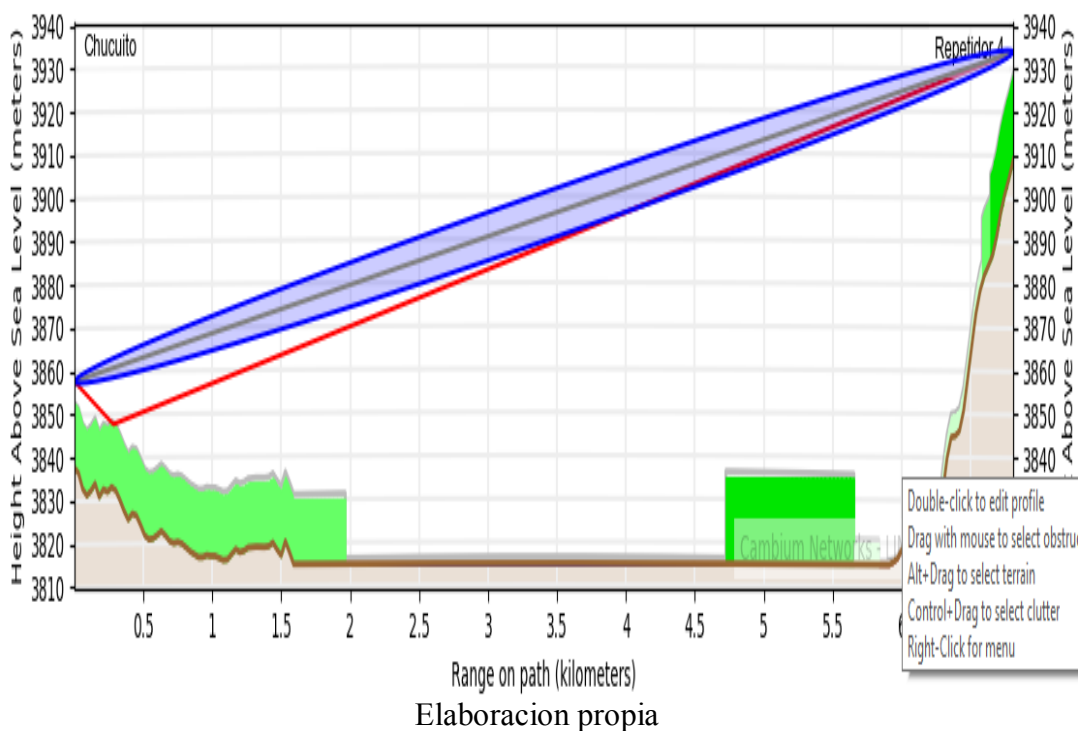
Antenna Selection	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt	AP Antenna Gain
Cambium Networks 10° High Gain Integrated (23.0dBi)	20 meters (Max height at site is 25.0 m)	226.8° (-43.2° from boresight)	7.3° (uptilt)	6.8 dBi

Power

EIRP	Power	User Limit	Interference?
40 dBm	17 dBm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(Max Power is 27 dBm)

Profile: 6.8 kilometers, Line-of-Sight



Radio enlace entre el Repetidor 4 y Tacasaya

Figura 4.16: Radioenlace entre Repetidor 4 y Tacasaya

**Subscriber Module Equipment**

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country
5.8 GHz	PMP450i	Other

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Data Channels	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots	DL Maximum Mod Mode	UL Maximum Mod Mode
20 MHz	0	1	10 mi. Max: 10 mi.	2.5 ms	238	75 %	3	x8	x8

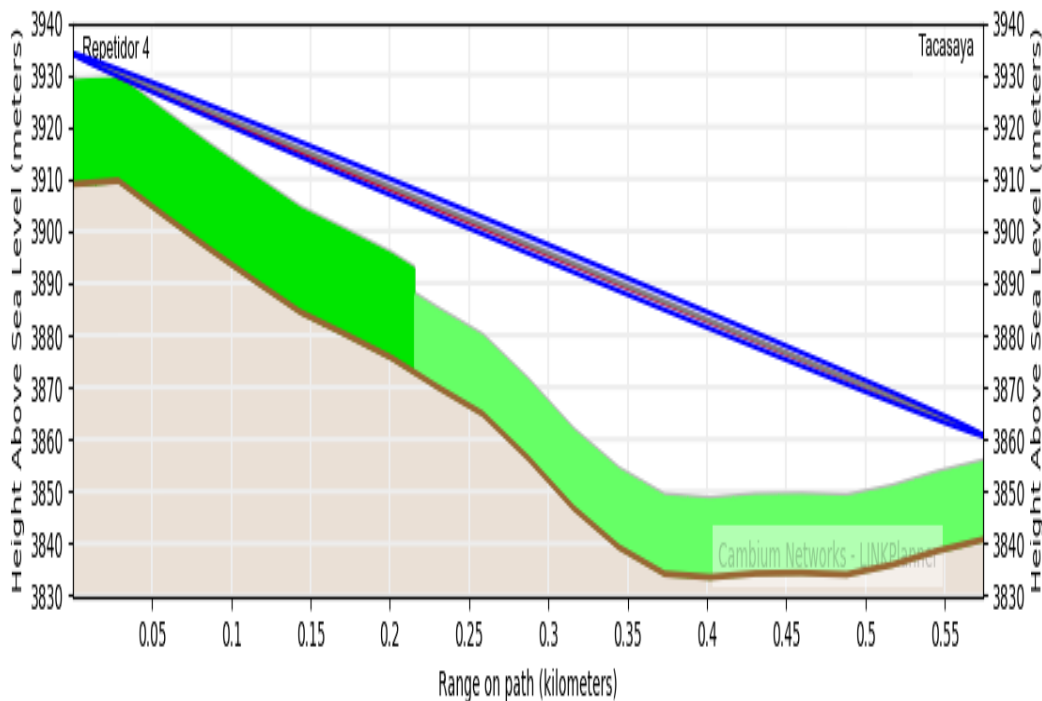
Antenna Configuration

Antenna Selection	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt	AP Antenna Gain
Cambium Networks 10° High Gain Integrated (23.0dBi)	20 meters (Max height at site is 25.0 m)	226.8° (-43.2° from boresight)	7.3° (uptilt)	6.8 dBi

Power

EIRP	Power	User Limit	Interference?
40 dBm	17 dBm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(Max Power is 27 dBm)			

Profile: 0.6 kilometers, Line-of-Sight



Elaboracion propia

Radio enlace entre el Chucuito y el Repetidor 5

Figura 4.17: Radioenlace entre Chucuito y el Repetidor 5

**Subscriber Module Equipment**

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country
5.8 GHz	PMP450i	Other

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Data Channels	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots	DL Maximum Mod Mode	UL Maximum Mod Mode
20 MHz	0	1	10 mi. Max: 10 mi.	2.5 ms	238	75 %	3	x8	x8

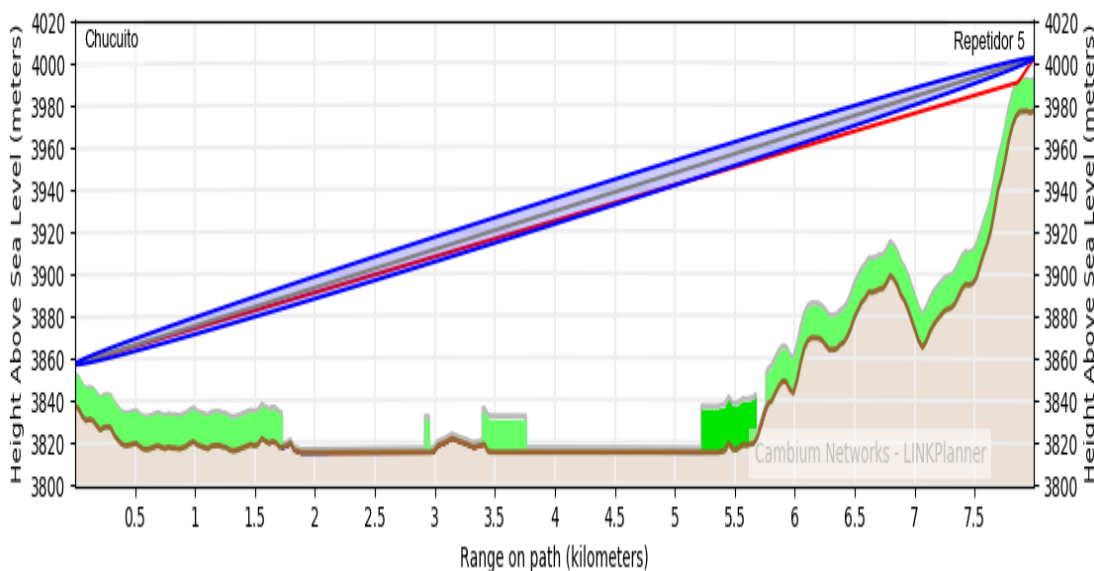
Antenna Configuration

Antenna Selection	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt	AP Antenna Gain
Cambium Networks 10° High Gain Integrated (23.0dBi)	25 meters (Max height at site is 25.0 m) (-42.9° from boresight)	227.1°	-1.1° (downtilt)	11.1 dBi

Power

EIRP	Power	User Limit	Interference?
50 dBm	27 dBm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Profile: 8.0 kilometers, Line-of-Sight



Elaboracion propia

Radio enlace entre el Repetidor 5 y Repetidor 6

Figura 4.18: Radioenlace entre Repetidor 5 y Repetidor 6

**Subscriber Module Equipment**

---

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country
5.8 GHz	PMP450i	Other

---

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Data Channels	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots	DL Maximum Mod Mode	UL Maximum Mod Mode
20 MHz	0	1	10 mi. Max: 10 mi.	2.5 ms	238	75 %	3	x8	x8

---

Antenna Configuration

Antenna Selection	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt	AP Antenna Gain
Cambium Networks 10° High Gain Integrated (23.0dBi)	20 meters (Max height at site is 25.0 m)	227.1° (-42.9° from boresight)	0.5° (uptilt)	6.4 dBi

---

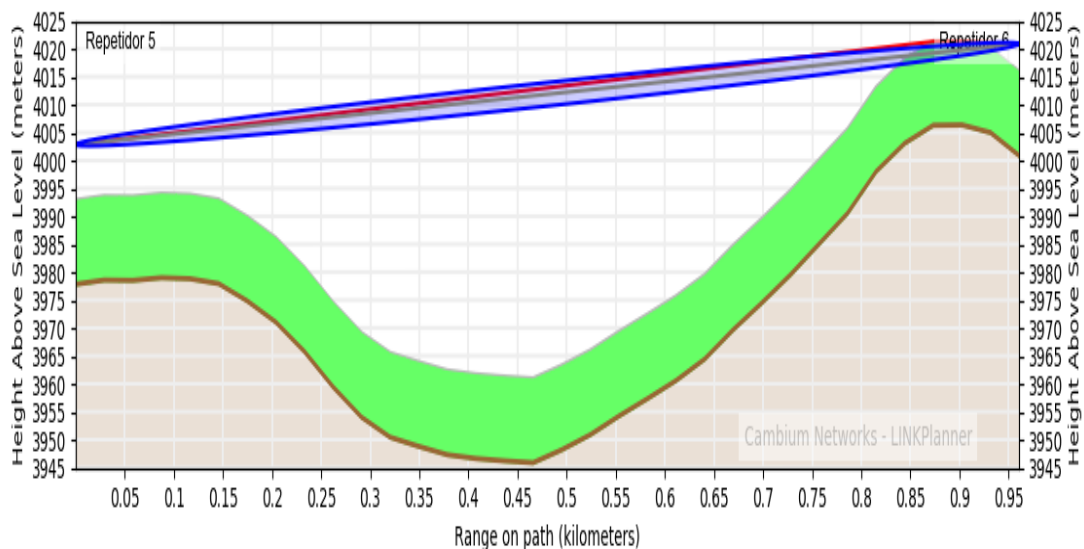
Power

EIRP Power User Limit  Interference?

50 dBm 27 dBm  
(Max Power is 27 dBm)

---

Profile: 1.0 kilometers, Non Line-of-Sight



Elaboracion propia

Radio enlace entre el Repetidor 6 y Repetidor 7

Figura 4.19: Radioenlace entre el Repetidor 6 y Repetidor 7

**Subscriber Module Equipment**

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country
5.8 GHz	PMP450i	Other

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Data Channels	SM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots	DL Maximum Mod Mode	UL Maximum Mod Mode
20 MHz	0	1	10 mi. Max: 10 mi.	2.5 ms	238	75 %	3	x8	x8

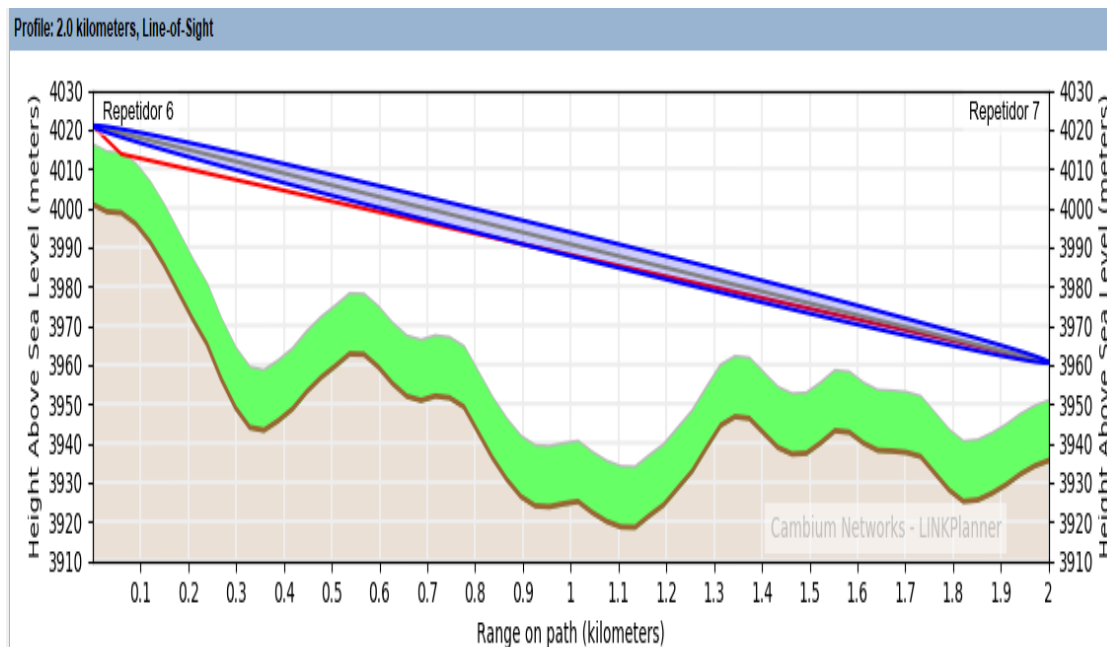
Antenna Configuration

Antenna Selection	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt	AP Antenna Gain
Cambium Networks 10° High Gain Integrated (23.0dBi)	25 meters (Max height at site is 25.0 m)	227.1°	1.7° (uptilt) (-42.9° from boresight)	14.8 dBi

Power

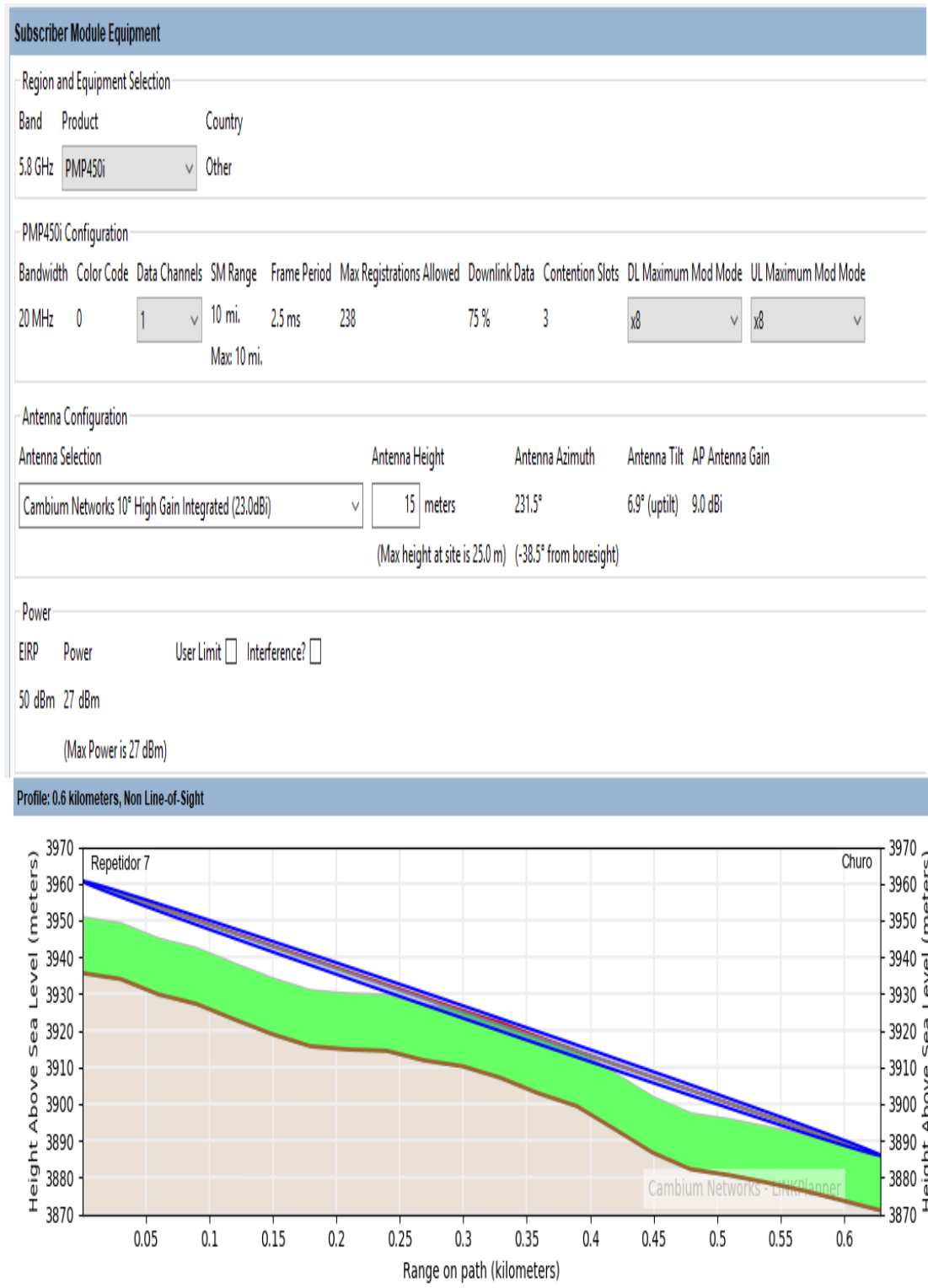
EIRP Power User Limit  Interference?

42 dBm 19 dBm  
(Max Power is 27 dBm)



Radio enlace entre el Repetidor 7 y Churo

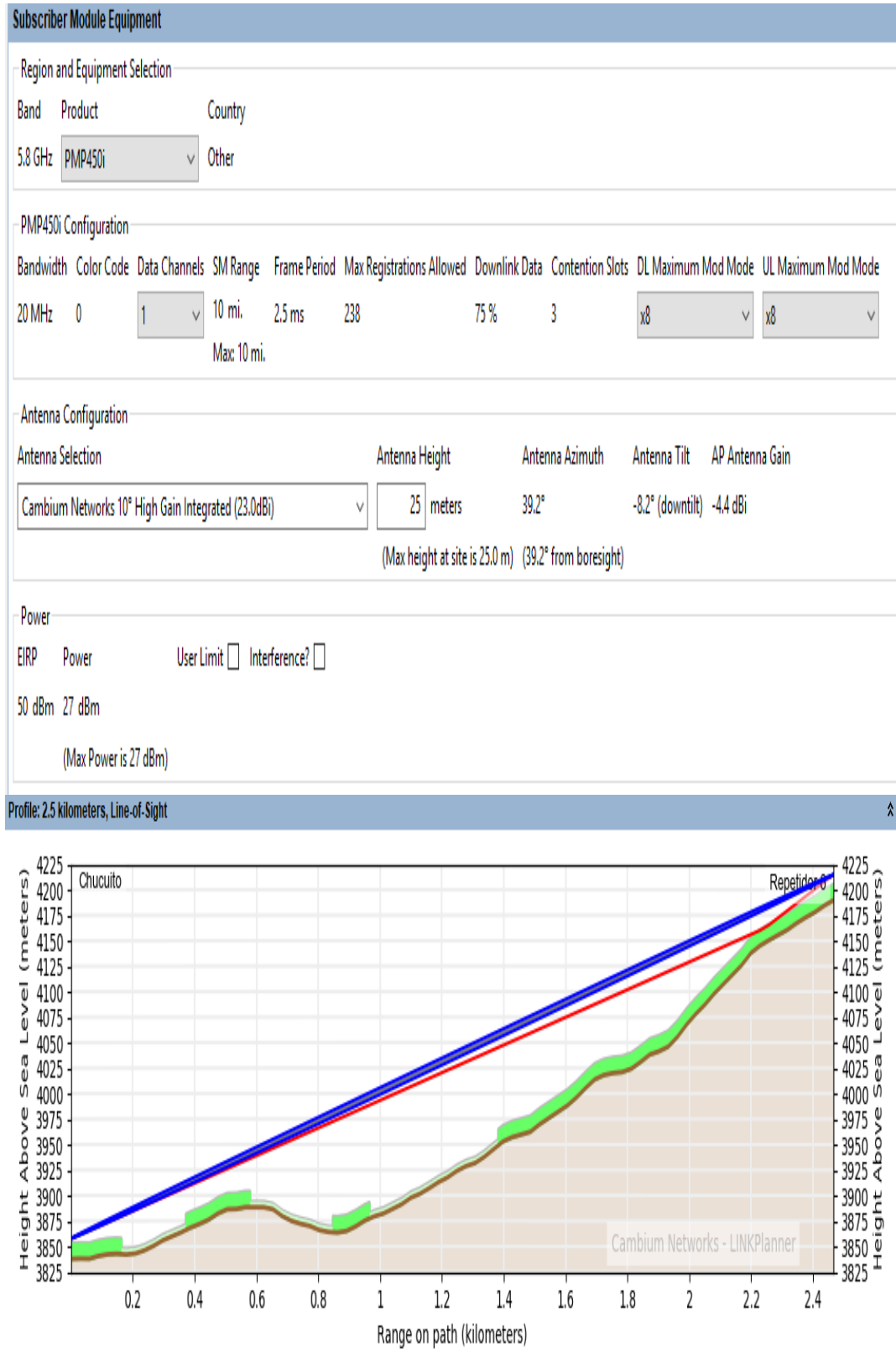
Figura 4.20: Radioenlace entre el Repetidor 7 y Churo



Elaboracion propia

Radio enlace entre Chucuito y Repetidor 8

Figura 4.21: Radioenlace entre Chucuito y el Repetidor 8



Elaboracion propia

Radio enlace entre Repetidor 8 y Repetidor 9

Figura 4.22: Radioenlace entre Repetidor 8 y el Repetidor 9

**Subscriber Module Equipment**

---

Region and Equipment Selection

Band	Product	Country
5.8 GHz	PMP450i	Other

---

PMP450i Configuration

Bandwidth	Color Code	Data Channels	SIM Range	Frame Period	Max Registrations Allowed	Downlink Data	Contention Slots	DL Maximum Mod Mode	UL Maximum Mod Mode
20 MHz	0	1	10 mi. Max: 10 mi.	2.5 ms	238	75 %	3	x8	x8

---

Antenna Configuration

Antenna Selection	Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt	AP Antenna Gain
Cambium Networks 10° High Gain Integrated (23.0dBi)	25 meters (Max height at site is 25.0 m)	38.9° (38.9° from boresight)	-7.7° (downtilt)	-4.5 dBi

---

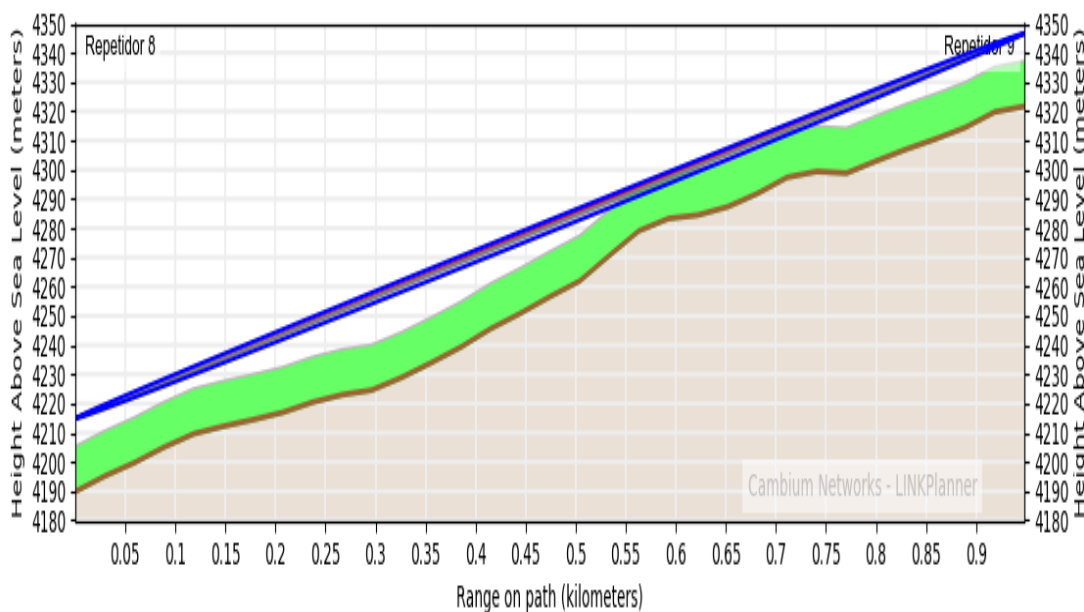
Power

EIRP Power User Limit  Interference?

50 dBm 27 dBm  
(Max Power is 27 dBm)

---

Profile: 0.9 kilometers, Non Line-of-Sight

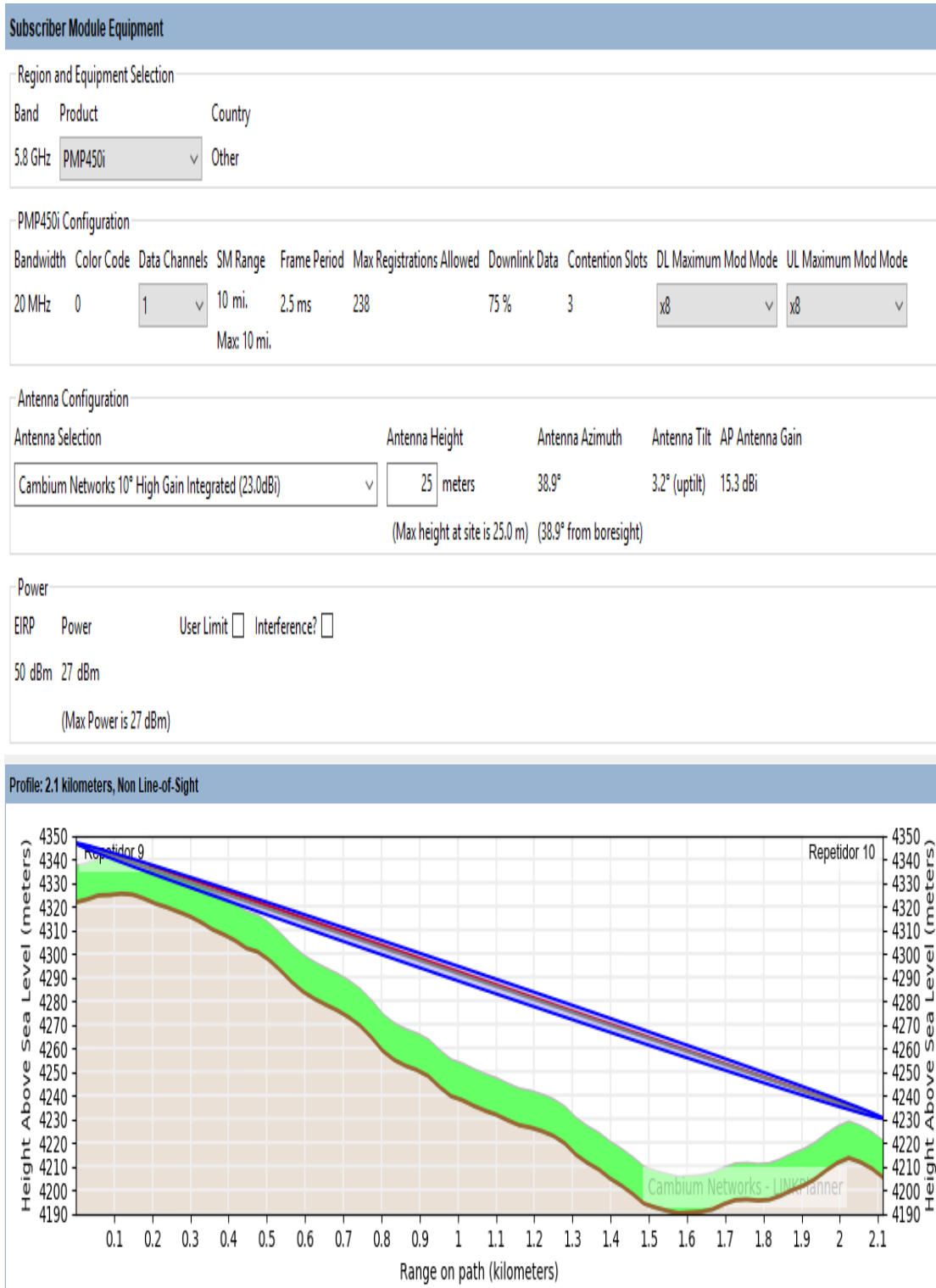


Elaboracion propia



Radio enlace entre Repetidor 9 y Repetidor 10

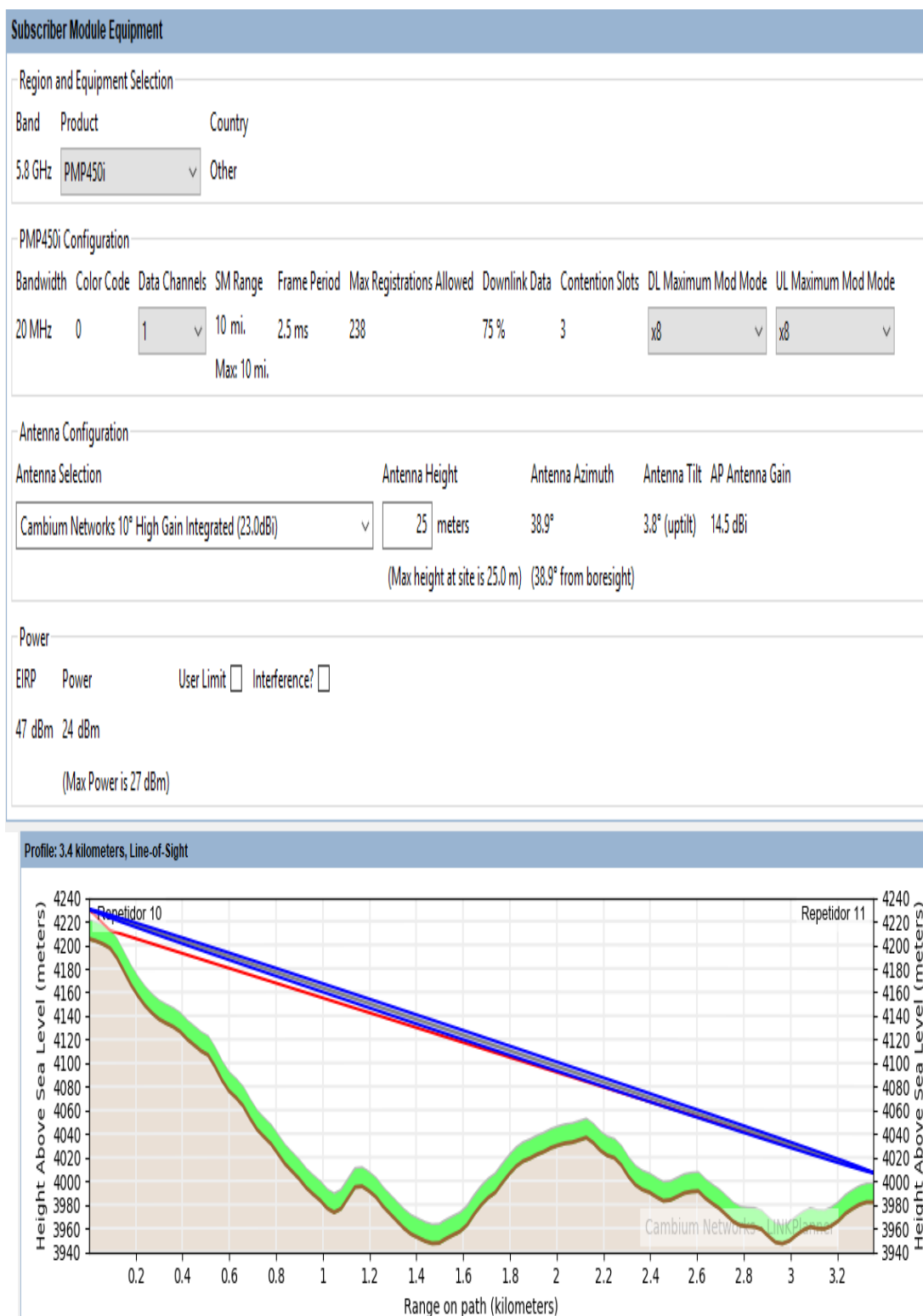
Figura 4.23: Radio enlace entre Repetidor 9 y Repetidor 10



Elaboracion propia

Radio enlace entre Repetidor 10 y Repetidor 11

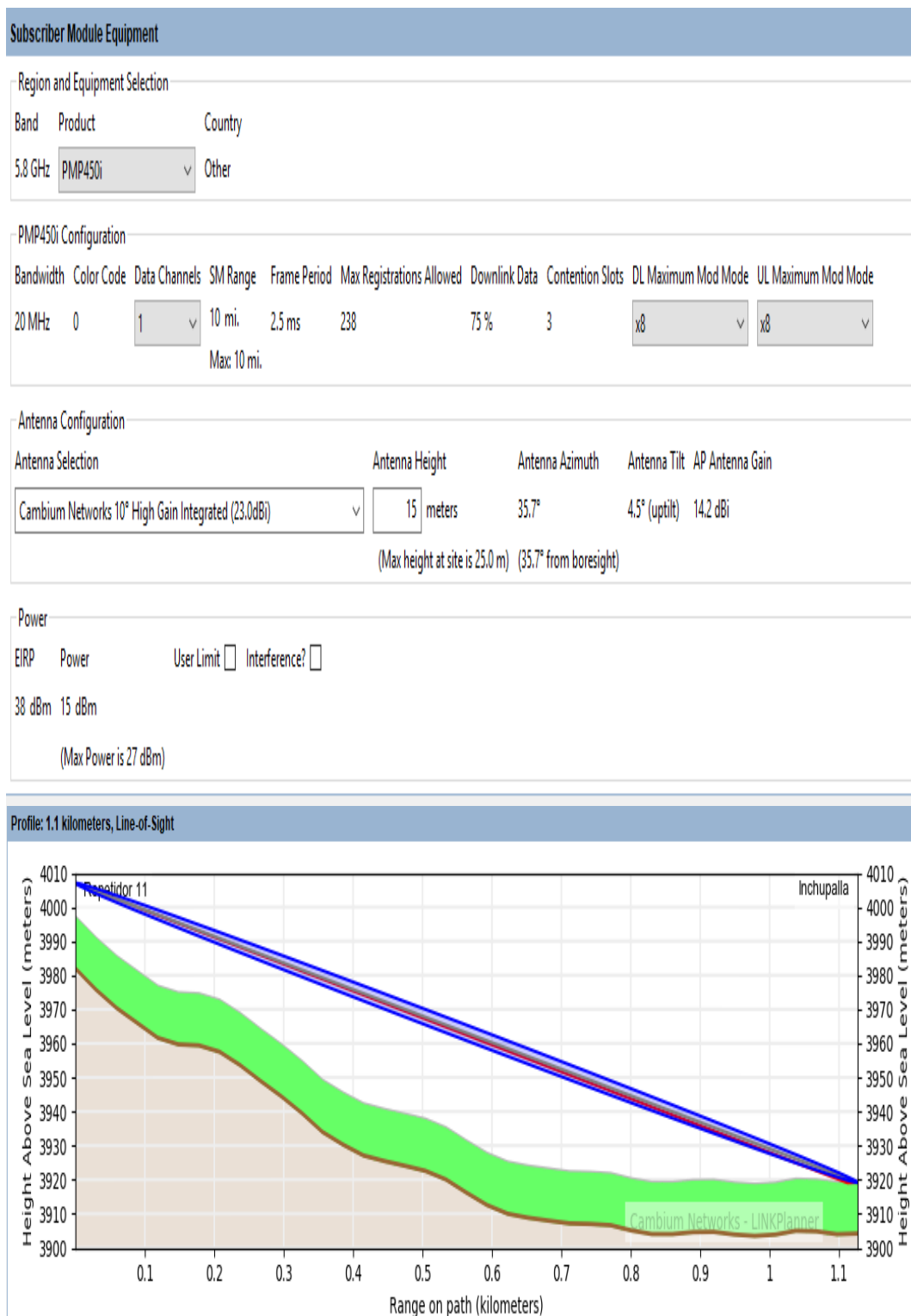
Figura 4.24: Radio enlace entre Repetidor 10 y Repetidor 11



Elaboracion propia

Radio enlace entre Repetidor 11 e Inchupalla

Figura 4.25: Radio enlace entre Repetidor 11 e Inchupalla



Elaboracion propia

### 4.1.3 Análisis de costos

#### 4.1.3.1 Costos de inversión de la red de telemedicina

**Tabla 4.10:** Costos de insumos para la red de telemedicina

Descripción	Unidad de medida	Costo unitario (s/.)	Cantidad	Costo total (s/.)
Equipo ODU: WL1000-ODUHE/HE/F58/FCC/EXT	Unidad	1200.00	17	20,400.00
Equipo IDU-C 4 puertos Ethernet + 2 E1	Unidad	900.00	17	15,300.00
Antena externa de 5.8 GHz Flat Panel	Unidad	550.00	17	9350.00
Servidor VoIP: Microtech Desktop Intel Core i5 de 3,2 GHz	Unidad	150	6	900.00
Gateway de voz Patton Smartnode 4520	Unidad	630	6	3,780.00
Teléfono VoIP GrandStream GXP-2000	Unidad	120	6	720.00
e-health sensor platform	Unidad	1800	6	10,800.00

Computadora Compaq Desktop CQ1506LA Intel Atom D525	Unidad	1600.00	6	9,600.00
Router Cisco 2821	Unidad	500.00	6	3,000.00
D-Link DFL-210 NetDefend Network Security UTM Firewall	Unidad	500.00	6	3,000.00
Teléfono VoIP GrandStream GXP- 2000	Unidad	120.00	6	720.00
Instalación del servicio de Internet de 4 Mbps	Global	120.00	6	720.00
Instalación de las 6 líneas fijas	Global	180.00	6	1080.00
Sistema de puesta a tierra	Global	600.00	17	10,200.00
Sistema de pararrayos	Global	480.00	17	8,160.00
Instalación de red de telemedicina	Global	4000.00	1	4000.00
COSTO TOTAL				101,730.00

Elaboración propia

#### 4.1.4. 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 les 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 4.11:** Costos de servicio de telefonía e internet mensual

SERVICIOS	COSTO MENSUAL S/.
Internet 4 Mbps	720.00
6 líneas fijas	1080.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>1800.00</b>

Elaboración propia

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 evaluara el

sistema y vera si se podría presentar posibles fallas en el futuro o si algún equipo no está funcionando adecuadamente.

**Tabla 4.12:** Costos de personal y operación de la red de telemedicina

<b>TABLA DE COSTOS DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES DE LA RED DE TEELEMEDICINA</b>	
<b>CARGO</b>	<b>COSTO MENSUAL S/.</b>
Administrador de red	700.00
Personal para administrar red	400.00
Personal de seguridad	250.00
Mantenimiento de equipo	100.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>1450.00</b>

Elaboración propia

## 4.2 Discusión

De Toledo (2003) sostiene que los modelos de atención sanitaria europeos, tradicionalmente orientados a una atención individualizada y por episodios aislados, no están preparados para hacer frente a la demanda creada por estos pacientes, sin embargo, en este trabajo de investigación se plantea un diseño más optimo puesto que usa el internet de las cosas y la cobertura de demanda es mayor por ser una tecnología más eficiente.

Zavala (2011), la problemática que define es la atención médica ineficiente en provincias del Perú, deficiente interconexión de las redes asistenciales de EsSalud, deficiente gestión del personal médico especialista de EsSalud, en dicha tesis no existen tecnologías de vanguardia como en este trabajo de investigación es por ello que es mucho mejor la eficiencia del diseño de una red de telemedicina para el diagnóstico de pacientes en los centros de salud Chucuito – Puno utilizando internet de las cosas.

Cahui (2015), define un problema central que tiene como objeto que la atención médica se considere ineficiente en la Micro Red de Capachica. Del árbol de problemas se desprende inmediatamente la idea de implementar servicios sobre esta red de telecomunicaciones en beneficio de la capacidad de diagnóstico de las redes asistenciales de EsSalud, sin embargo, su sistema está desfasado en comparación con la tecnología del diseño de una red de telemedicina utilizando internet de las cosas.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA.** - El sistema de red de telemedicina permite una buena atención médica a partir de sistemas de e-health platform, en los centros de salud de Chucuito – Puno utilizando el internet de las cosas, avalado por los resultados que muestran hasta en un 92% de aprobación en la pregunta ocho de la encuesta ubicada en anexos.

**SEGUNDA.** - Se realizó el diseño del sistema de radio enlace IP, se cubre todo el ancho de banda necesario para que estas redes funcionen adecuadamente con distancias de entre dos a 11 kilómetros, la atenuación del espacio libre de 95.24dB hasta 129.11 dB, la atenuación en la atmosfera va desde 0.002 dB hasta 0.106 dB cumpliendo con los parámetros del DECRETO SUPREMO N° 038-2006-MTC.

**TERCERA.** - Se realizó el diseño de la red para el uso del internet de las cosas y así volver más eficiente la atención médica por medio de esta tecnología, puesto que es de vanguardia en telemedicina para el diagnóstico de los pacientes en el distrito de Chucuito localidad rural donde las tecnologías están muy desfasadas.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** 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 los centros de salud y la red de Chucuito dado que el LINKplanner evalúa solo la superficie terrestre y no casas o edificios que puedan interferir entre ambos nodos.

**SEGUNDA:** Se recomienda que se evalué la red 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 dado el clima en el departamento de Puno.

**TERCERA:** Se recomienda darle una capacitación adecuada al personal médico tanto como al personal administrativo de los centros de salud.

**CUARTA:** Se recomienda implementar un sistema de puesta a tierra para los equipos que se usen en el centro de salud de Chucuito 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.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Cahui, J. (2015). DISEÑO DE UNA RED DE TELEMEDICINA PARA LA MICRO-RED DE CAPACHICA – PUNO. Tesis para Ingeniería. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1849/Cahui\\_Pacompa\\_Jesus\\_Rolando.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1849/Cahui_Pacompa_Jesus_Rolando.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Checca, J. (2017). DISEÑO DE UNA RED DE TELEMEDICINA Y TELEFONIA IP PARA EL MONITOREO DE PACIENTES EN LOS CENTROS DE SALUD DEL DISTRITO DE ACORA UTILIZANDO 802.11AC. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3695/Checca\\_Maldonado\\_Juan\\_Rodrigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3695/Checca_Maldonado_Juan_Rodrigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cooking Hacks. (Agosto de 2013). Obtenido de e-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi [Biometric / Medical Applications]: <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>
- De Toledo, P. (2003). PROPUESTA DE UN MODELO DE SISTEMA DE TELEMEDICINA PARA LA ATENCIÓN SANITARIA DOMICILIARIA. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Obtenido de [http://oa.upm.es/362/1/PAULA\\_DE\\_TOLEDO\\_HERAS.pdf](http://oa.upm.es/362/1/PAULA_DE_TOLEDO_HERAS.pdf)
- Fernández, J. (2008). DISEÑO DE UNA RED DE VOZ SOBRE IP PARA UNA EMPRESA QUE DESARROLLA PROYECTOS DE INGENIERIA DE COMUNICACIONES. (Tesis para ingeniería). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/232/FERNA>

NDEZ\_ZARPAN\_JUAN\_DISEÑO\_RED\_VOZ\_IP\_EMPRESA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Galarza, F. (2011). DISEÑO DE UNA RED DE TELEMEDICINA PARA MONITOREO DE PACIENTES EN EL DISTRITO DE SICAYA PERTENECIENTE A LA CIUDAD DE HUANCAYO. Tesis para Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1322/GALARZA\\_CANCHUCAJA\\_FRANS\\_TELEMEDICINA\\_SICAYA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1322/GALARZA_CANCHUCAJA_FRANS_TELEMEDICINA_SICAYA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

INEI. (2017). CENSOS NACIONALES 2017. Obtenido de <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

Kopec & Salazar, A. A. (2006). APLICACIONES DE TELECOMUNICACIONES EN SALUD EN LA SUBREGION ANDINA. Kroma Industria Gráfica Ltda. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/00428339048b256f49654>

Meza, E. (2007). PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ALTERNO PARA LA INTERCONEXIÓN DEL SISTEMA DE RADARES METEOROLÓGICOS A LA SEDE DEL INAMEH. (Tesis para Ingeniería). Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. Obtenido de <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/770/1/TrabajodegradoErika.pdf>

MINSA. (Setiembre de 2019). <https://www.gob.pe/minsa/>.

MTC. (17 de Abril de 2003). DECRETO SUPREMO N° 038-2003-MTC. Obtenido de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=3648](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=3648)

MySignals. (2019). Obtenido de <http://www.my-signals.com/>

- Spreaker. (2016). Obtenido de Arduino y los dispositivos del IoT:  
<https://www.spreaker.com/user/ldelvalleh/61-arduino-y-los-dispositivos-del-iot>
- Vidal & Apolo, V. &. (2011). DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES EN LA BANDA ISM PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEMEDICINA A LA PROVINCIA DE LOJA. Tesis de ingeniería. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2495/1/TESIS%20VIVIANA%20APOLO.pdf>
- Wikipedia. (4 de Noviembre de 2019). Obtenido de Chucuito: [es.wikipedia.org/wiki/Distrito\\_de\\_Chucuito](https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Chucuito)
- Zavala, D. (2011). DISEÑO DE UNA RED DE TELEMEDICINA PARA UNA RED ASISTENCIAL EN LA CIUDAD DE LIMA. Tesis para Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/864/ZAVALA\\_BRAVO\\_DIEGO\\_RED\\_TELEMEDICINA\\_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/864/ZAVALA_BRAVO_DIEGO_RED_TELEMEDICINA_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## ANEXOS

### ANEXO 1: ENCUESTA

1. ¿La telemedicina es una muy buena alternativa para nuestra población?  
A). Muy de acuerdo B). De acuerdo C). Desacuerdo D). Muy en desacuerdo
- 2.- ¿Creo que la telemedicina beneficia al área de la salud?  
A). Muy de acuerdo B). De acuerdo C). Desacuerdo D). Muy en desacuerdo
- 3.- ¿Es confiable la atención médica aplicada a distancia a través de la tecnología de la telemedicina?  
A). Muy de acuerdo B). De acuerdo C). Desacuerdo D). Muy en desacuerdo
- 4.- ¿Se puede interactuar con los médicos y los pacientes?  
A). Muy de acuerdo B). De acuerdo C). Desacuerdo D). Muy en desacuerdo
- 5.- ¿Se puede recibir capacitación constante a través de sistema de telemedicina?  
A). Muy de acuerdo B). De acuerdo C). Desacuerdo D). Muy en desacuerdo
- 6.- ¿La atención médica que se ofrece durante la telemedicina es comparable a la atención presencial?  
A). Muy de acuerdo B). De acuerdo C). Desacuerdo D). Muy en desacuerdo
- 7.- ¿Piensa que la telemedicina trae riesgos para la salud?  
A). Muy de acuerdo B). De acuerdo C). Desacuerdo D). Muy en desacuerdo
- 8.- ¿La telemedicina es una tecnología que se debería implementar en las zonas rurales de país?  
A). Muy de acuerdo B). De acuerdo C). Desacuerdo D). Muy en desacuerdo
- 9.- ¿Recomendaría la telemedicina a sus amigos y familiares?  
A). Muy de acuerdo B). De acuerdo C). Desacuerdo D). Muy en desacuerdo

**[ANEXO 2: CENTRO DE SALUD DE CHUCUITO I-3**



**ANEXO 3: ESTABLECIMIENTO DE SALUD LUQUINA CHICO**





**ANEXO 4: CENTRO DE SALUD CHURO**



**ANEXO 5: CENTRO DE SALUD COCHIRAYA**



**ANEXO 6: ESTABLECIMIENTO DE SALUD INCHUPALLA**



PROBLEMAS GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
- ¿Es posible el diseño de una red de telemedicina para el diagnóstico de pacientes en los centros de salud Chucuito – Puno, utilizando el internet de las cosas?	-Diseñar una red de telemedicina para el diagnóstico de pacientes en los centros de salud Chucuito – Puno, utilizando el internet de las cosas.	-Es posible el diseño de una red de telemedicina para el diagnóstico de pacientes en los centros de salud Chucuito – Puno, utilizando el internet de las cosas.	- Hoja de preguntas	- Realización, impresión y entrega de las hojas de encuesta.	- Hojas en buen estado. - Disponibilidad de cada encuestado. - Correcta explicación del objetivo de la encuesta. - Conocimiento de los factores climáticos, en caso que sean al aire libre.	<b>Tipo de Investigación</b> La presente investigación es de tipo aplicada, pues consiste en el empleo práctico del conocimiento o teorías del software y la teoría de enrutamiento para resolver el problema de velocidad de transmisión de información en la red. Así también es diacrónica, pues se investiga problemas en una sucesión de momentos temporales a fin de conocer la evolución del comportamiento del problema en un periodo dado, que permita hacer inferencias, respecto al cambio y sus consecuencias. <b>Nivel de Investigación</b> La presente investigación es exploratoria, correlacional, descriptiva y explicativa. Es exploratoria, porque se examina un tema o problema de investigación poco estudiado, como es el caso de la Telemedicina. Es correlacional porque tiene como propósito medir el grado de relación entre las variables de la hipótesis planteada; así como también es descriptiva, porque no se da la manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en la realidad, su metodología es fundamentalmente descriptiva, aunque puede valerse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos. Es explicativa, por que manipula la variable independiente para ver el efecto que provoca en la variable dependiente. <b>Diseño de Investigación</b> La Investigación es de tipo experimental, ya que es un tipo de investigación que usa la lógica y los principios encontrados en las ciencias naturales. Los experimentos pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o en la vida real. Aquí se involucran un número relativamente pequeño de redes y su respuesta en parámetros bastante enfocados. Los experimentos son más efectivos para la investigación explicativa y frecuentemente están limitados a temas en los cuales se puede manipular la situación en la cual las redes se hallan. <b>POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> La investigación se llevó a cabo en la provincia de Puno distrito de Chucuito. La población o universo a la que está destinada la presente tesis es la población de Chucuito. <b>MUESTRA</b> Población de Chucuito según Censo 2017 que consta de 7019 habitantes según INEI 2017.
<b>ESPECIFICOS</b> - ¿Es posible realizar el diseño de la red de Chucuito, de sus seis centros de salud con sus especificaciones y normas? - ¿Es posible utilizar el internet de las cosas para el diseño de la red de telemedicina para el diagnóstico de los pacientes en el distrito de Chucuito?	<b>ESPECIFICOS</b> -Realizar el diseño de la red de Chucuito, de sus seis centros de salud con sus especificaciones y normas. -Utilizar el internet de las cosas para el diseño de la red de telemedicina para el diagnóstico de los pacientes en el distrito de Chucuito.	<b>ESPECIFICAS</b> -Es posible realizar el diseño de la red de Chucuito, de sus seis centros de salud con sus especificaciones y normas. -Es posible utilizar el internet de las cosas para el diseño de la red de telemedicina para el diagnóstico de los pacientes en el distrito de Chucuito.	<b>DEPENDIENTE</b> -Respuestas favorables para la aprobación del diseño de la red.	- Concientización por parte de la población sobre los beneficios que trae la implementación del diseño.	- Buena disposición y comodidad por parte de los pobladores encuestados.  - Tener conocimiento acerca del beneficio de la red.	