



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**MEJORA DE LAS PRESTACIONES DEL SERVICIO MÉDICO
APLICANDO TELEMEDICINA, EN LA ZONA RURAL DE LA
PROVINCIA DE CAYLLOMA – AREQUIPA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
LAIME SONCCO WILBER APOLINAR**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

AREQUIPA – PERÚ

2017

DEDICATORIA:

A dios, por darme la vida y concederme la dicha de tener a mis padres, quienes me han brindado su amor, paciencia y apoyo en toda la vida.

A mis hermanas Sandra, Isabel quienes me apoyaron siempre ya que por ellos mi sacrificio y trabajo.

AGRADECIMIENTO:

Primero agradecer a muchas personas por el apoyo en el logro de mi carrera, sin las cuales no hubiese hecho realidad este sueño tan anhelado como es la culminación de mi carrera universitaria.

Ante todo a dios por darme la vida para lograr esta meta y mis padres que siempre estuvieron a mi lado incondicionalmente con sacrificio durante mi formación profesional.

INTRODUCCION

Las telecomunicaciones han coincidido con la telemedicina, recomiendan los servicios de telemedicina como procedimiento para dispensar atención médica en los países en desarrollo, donde la infraestructura suele ser rudimentaria o inexistente. La prestación de servicios de telemedicina puede suponer un costo considerable, si bien los gastos iniciales no tienen por qué resultar excesivos. Sería aconsejable abordar la cuestión con cautela, estableciendo proyectos piloto como primer paso, en colaboración quizá con otros sectores económicos que se enfrenten a problemas similares de suministro de servicios, y que desearían participar como asociados. Asimismo, en la presente sección se examinan diversos medios de financiación nacional e internacional, y se analizan las posibles cuestiones que pueden surgir en torno al suministro de telemedicina. Se describen tanto los costos como los beneficios, y se presenta una serie de estudios prácticos a fin de ilustrar las posibles aplicaciones. Igualmente, se expone la manera en que, por medio de las telecomunicaciones y la informática, resulta posible proporcionar asistencia sanitaria y servicios médicos a poblaciones que por motivos geográficos, económicos, etc., habían sido privadas de dichos beneficios. Ya se trate de servicios sencillos, de costo mínimo, o complejos, cuyo costo sería considerable, de lo que no cabe duda es que si se suministraran por medios tradicionales, su costo sería prohibitivo. Así pues, la

Telemedicina se perfila como un medio eficaz que ayudará a las autoridades sanitarias a cumplir con sus responsabilidades asistenciales, y que avivará el

potencial humano de su personal, fomentando de este modo de desarrollo.

En general, el diseño de suficiencia profesional desarrollara un modelo basado en servicio de telemedicina soportados por una red de Telecomunicaciones. Dicho mejoramiento permite reducir los tiempos de atención e incrementa la productividad de las áreas de la red asistencial.

RESUMEN

El estudio realizado en el presente proyecto, ha evidenciado que la provincia de Caylloma a pesar de ser un territorio extenso y con considerable población, evidencia carencias básicas como son limitación de los sistemas de comunicación y que necesitan atención inmediata por partes de autoridades. Consiste en realizar un mejoramiento de una red de telemedicina para los centros rurales que pertenecen a la red de salud de Caylloma entre los “Puestos de Salud” y los “Centros de Salud, ubicados en el tramo Chivay – Canocota – Tuti – Callalli - Sibayo. Se busca el mejoramiento de los servicios asistenciales y en la atención de la salud.

Primero se realizará en describir el problema que intenta resolver el mejoramiento acerca de la comunicación asistencial de la red de salud como punto de partida.

Segundo se verificará de forma factible de los requerimientos de operación de una red de telemedicina según conceptos brindados en el primer punto.

Tercero se evaluará los requerimientos técnicos para el diseño de los servicios de telemedicina y características principales de la especificación técnica de los equipos de telemedicina.

ABSTRACT

The study carried out in the present project has shown that the province of Caylloma, despite being an extensive territory with considerable population, evidences basic shortcomings such as limitation of the communication systems and that need immediate attention by parts of authorities. It consists of making an improvement of a telemedicine network for the rural centers that belong to the health network of Caylloma between the "Health Posts" and the "Health Centers, located in the Chivay - Canocota - Tuti - Callalli - Sibayo section. The improvement of health services and health care is sought.

First, it will be done in describing the problem that tries to solve the improvement about the healthcare communication of the health network as a starting point.

Second, it will be feasible to verify the operating requirements of a telemedicine network according to the concepts provided in the first point.

Third, the technical requirements for the design of telemedicine services and the main characteristics of the technical specification of telemedicine equipment will be evaluated.

TABLA DE CONTENIDOS

CARATULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INTRODUCCIÓN	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
CAPÍTULO I: REALIDAD PROBLEMÁTICA.	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.	2
1.2 Análisis del problema.	3
1.3 Objetivo del proyecto.	3
CAPÍTULO II: DISEÑO DEL PROYECTO	4
2.1 Consideraciones para el diseño	5
2.2 Propagación de ondas espaciales	8
2.3 Parámetros de diseño de un radioenlace	10
2.3.1 Ubicación geográfica	10
2.3.2 Cálculo de altura de antenas	11
2.4 Ingeniería del proyecto	17
2.5 Proceso de diseño e implementación de un radioenlace	18
2.6 Cálculo de radio enlace y altura de antenas	20
2.6.1 Cálculo entre C.S Chivay - repetidor 1	20
2.6.2 Cálculo entre repetidor 1 - repetidor 2	21
2.6.3 Cálculo entre repetidor 2 – P.S Canocota	22
2.6.4 Cálculo entre P.S Canocota – P.S Tuti	23

2.6.5 Cálculo entre P.S Tuti – repetidor 3	24
2.6.6 Cálculo entre repetidor 3 – repetidor 4	25
2.6.7 Cálculo entre repetidor 4 – C.S Callalli	26
2.6.8 Cálculo entre C.S Callalli – P.S Sibayo	27
2.7 Cálculo de ganancias y pérdidas de potencia de enlaces inalámbricos	28
2.7.1 Cálculo de la ganancia de antena	28
2.7.2 Verificación del adecuado nivel potencia percibido por receptores	30
2.8 Análisis de los centros de salud mediante telemedicina	41
2.8.1 Gestión médica a través de la telemedicina	41
2.8.1.1 Telerradiología	42
2.8.1.2 Telepediatría	45
2.9 Ancho de banda para equipos de telemedicina	48
2.10 Plan de canalización	50
2.11 Arquitectura de la red LAN/WAN	52
2.12 Selección de equipos	53
2.12.1 Consideraciones para la selección de equipos	53
2.12.2 Equipos elegidos	56
2.13 Equipamiento general de la red	63
2.13.1 Composición de los equipos de comunicación por estación	63
2.13.2 Configuración general por estación	64
2.14 Sistema de alimentación	66
2.14.1 Descripción de los sistemas	67
2.15 Análisis De Costos	71
2.15.1 Costo de instalación de la red de telemedicina	73
2.15.2 Costo operación y mantenimiento de la red de telemedicina	74

2.16 Conclusiones	76
2.17 Recomendaciones	77
CAPÍTULO III: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
3.1 Libros	79
3.2 Páginas web	79
3.3 Manuales	79
CAPÍTULO IV: GLOSARIO DE TÉRMINOS	80
4.1 Glosario de términos	81
CAPÍTULO V: ANEXOS	83
5.1 Fórmulas para el cálculo de radioenlace	84
CAPÍTULO VI: ÍNDICES	85
6.1 Índice de figuras	86
6.2 Índice de cuadros	88

CAPÍTULO I:
REALIDAD PROBLEMÁTICA.

1.1 Descripción de la realidad problemática.

En la provincia de Caylloma, la salud de la población es un reflejo directo de la realidad social. Sin embargo, dichos promedios regionales ocultan las inequidades existentes en salud. Es lógico pensar que la gestión de salud en el Perú, reflejada en la calidad de la atención médica, es también un indicador que influye de forma directa en la situación actual del país.

Siendo el Perú un país inmerso en el desarrollo, carga con el estigma de ser un país incomunicado a nivel regional. Al Estado le cuesta llegar a lugares donde el atraso es evidente. Incluso en las principales ciudades se detecta la falta de una correcta gestión administrativa en los centros de salud.

En el país existen proyectos dedicados a resolver aquellos problemas de aislamiento y poca capacidad de la atención médica que presentan ciertas regiones.

La estrategia de dicho proyecto implica la investigación de tecnologías de comunicación, desarrollo de servicios de información y la evaluación del impacto de las TIC en la salud de las zonas rurales.

La preocupación por brindar atención médica a personas que no tengan cerca un especialista, preocupación que nos lleva directamente al terreno de la telemedicina.

1.2 Análisis del problema

Intentar resolver esta situación se ha planteado el mejoramiento del sistema en el uso de diversas herramientas y tecnologías que apoyen a una mejor y más sencilla integración de servicios que permitan establecer comunicación y tener acceso a elementos de uso común entre las personas involucradas en este ámbito.

1.3 Objetivo del proyecto

1.3.1 Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es el mejoramiento de prestaciones en servicio médico en zonas rurales, implementado con el sistema de telemedicina.

1.3.2 Objetivo específico

- Diseñar y mejorar el sistema comunicación para el uso de la telemedicina.
- Obtener mediante el sistema de comunicación las prestaciones del servicio médico.
- Mejorar el acceso de comunicación entre las personas involucradas de la red medico asistencial.

CAPÍTULO II:
DISEÑO DEL PROYECTO.

2.1 Consideraciones para el diseño

Antes de realizar los diseños de radioenlace para proveer de interconexión a los Establecimientos de Salud de la Red Caylloma tramo Chivay – Sibayo, debemos mencionar ciertas características y condiciones que se encontraron durante el estudio de factibilidad y que fueron fundamentales para la realización del mismo:

1. Para realizar los diseños de radio enlace se ha hecho uso del plano cartográfico correspondiente a la provincia de Caylloma, obtenido del Instituto Geográfico Nacional. El objetivo del uso de estos planos, fue de obtener la localización de los Centros de Salud a interconectar y tomar la altura sobre el nivel del mar de cada punto elegido. La toma de estos datos servirá para determinar la visibilidad de las rutas consideradas.

2. Uno de los pasos fundamentales es ubicar en el plano las rutas de enlace que satisfagan ciertos requerimientos:

- Las estaciones terminales a enlazar, estarán conformadas por Establecimientos de Salud que estén ubicados en la ruta Chivay – Canocota - Tuti – Callalli – Sibayo y que sean cabeceras de Micro-red dentro de la Red de Salud Caylloma, estos establecimientos son los encargados de recopilar mensualmente la información de su Micro-red para reportarla a Minsa. Con este criterio se determinó que los establecimientos a enlazar son:

- Centro Salud Chivay
- Puesto De Salud Canocota
- Puesto De Salud Tuti
- Centro De Salud Callalli
- Puesto De Salud Sibayo

Hay que recalcar que esta ruta presenta altas tasas de concentración demográfica y un alto grado de demanda de los servicios de salud por parte de los Centros y Puestos de Salud.

Además, podemos resaltar el alto nivel de potencial de desarrollo que la zona presenta, ya que se desarrollan actividades de ganadería, agricultura, minería, entre otros. Vale mencionar, el grado de importancia que tendrá en un futuro no muy lejano, la cual brindará un sin fin de oportunidades para la zona y en donde los servicios de telecomunicaciones jugará un rol importante para el desarrollo y bienestar de la Región Arequipa y del Perú.

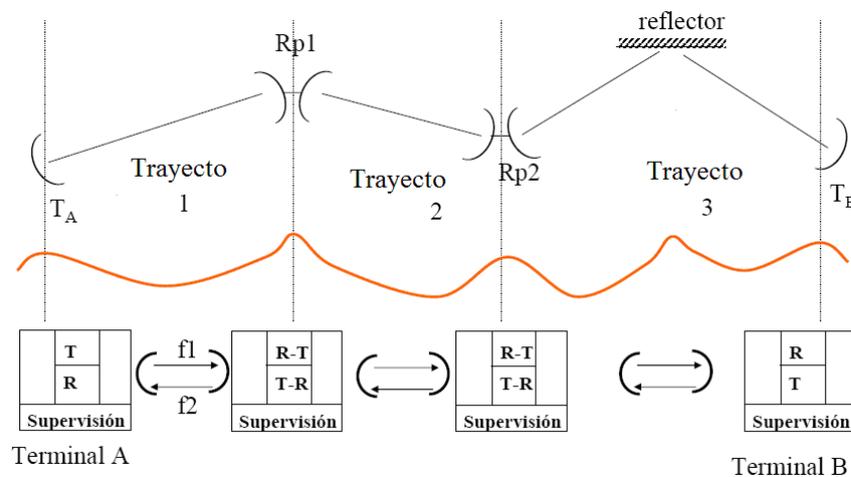
- Debe existir buena línea de vista (LoS) entre las estaciones. Este requisito ha sido impuesto por experiencias documentadas en comunicaciones rurales donde se utilizaron enlaces a 2.4Ghz. Debido a que los establecimientos de salud no cumplían con este requisito, se vio en la obligación de la inclusión de estaciones repetidoras en el enlace, de preferencia en las cercanías de algún centro poblado o lugares de fácil acceso. Las estaciones repetidoras que conformarán la red son:

- Repetidora 1
 - Repetidora 2
 - Repetidora 3
 - Repetidora 4
- Los enlaces no deberán ser mayores a 40 Km, es por este motivo no se considerarán los efectos de atenuación de la señal por la curvatura de la tierra. (considerable en enlaces mayores de 40 Km.)
3. Un factor a tomar en cuenta es el valor máximo de potencia de transmisión permisible, que está regulado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTC). Por ello cuando la distancia de separación de los puntos a conectar es extensa, existe la necesidad del uso de por lo menos 1 repetidor.
4. Para la elaboración del proyecto, se ha hecho uso de conceptos involucrados en conectividad de radioenlaces como la visibilidad directa, el cálculo de altura de torres, y zonas de Fresnel. Estos factores determinarán si la ruta elegida será realmente efectiva.
5. Están conformada por:
- Cuarto de Comunicaciones: es el lugar en donde se ubican los equipos del Radioenlace denominados IDU's (*Indoor Device Unit*).
 - Torre: es una estructura en donde se ubicarán las antenas para poder

transmitir y recibir las señales electromagnéticas y las ODU's (*Outdoor Device Unit*).

- Antenas: son las interfaces que permiten enviar las señales a través del canal aéreo. Estas antenas deben ser altamente directivas. ver figura 1.

Figura 1. Estructura de un Radioenlace

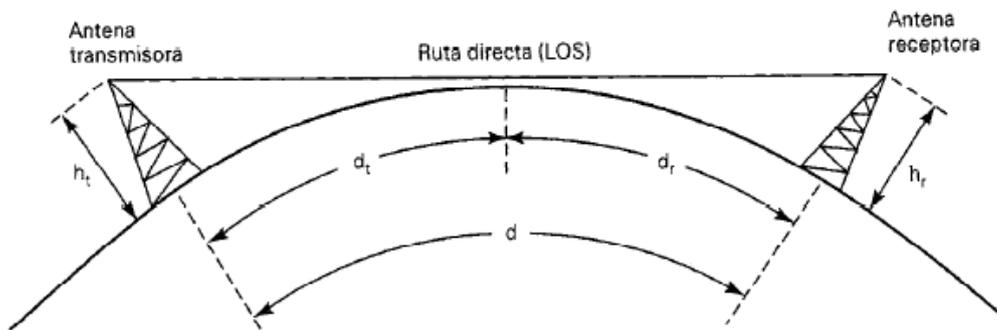


Fuente: <https://es.slideshare.net/fapablaza/sistemas-de-telecomunicaciones-cap-4-ss>

2.2 Propagación de ondas espaciales

La propagación de señales de microonda es considerada como propagación de ondas espaciales. Una señal de microonda se propaga esencialmente en línea recta entre la antena transmisora y la antena receptora, conocido como propagación en línea de vista (*Line of Sight – LOS*). Por este motivo la propagación a estas frecuencias está limitada a la curvatura de la Tierra. Ver figura 2.

Figura 2. Trayecto en Línea de Vista

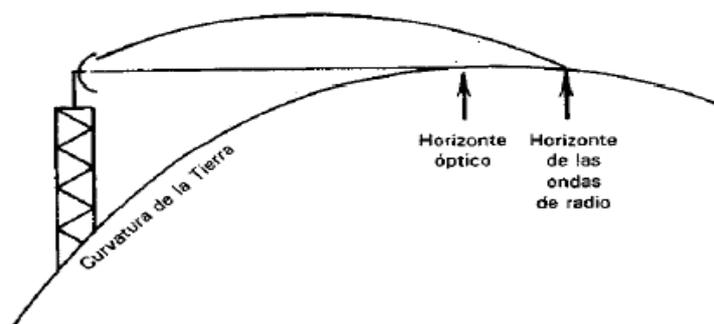


Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos104/comunicaciones-banda-vhf-y-uhf/comunicaciones-banda-vhf-y-uhf.shtml>

La curvatura de la Tierra presenta un horizonte en la propagación de las ondas espaciales, llamado horizonte de radio u horizonte radioeléctrico.

El horizonte de radio es el conjunto de puntos sobre la superficie terrestre en los que las radiaciones directas de un transmisor de microondas se vuelven tangentes con la superficie. Bajo condiciones normales de propagación, el índice de refracción de la atmósfera decrece gradualmente con la altura, y ello causa que las ondas sigan una trayectoria ligeramente curvada, en sentido paralelo a la superficie de la Tierra. Por este motivo, el horizonte radioeléctrico se extiende más allá del horizonte verdadero u horizonte óptico, siendo este último la visión directa entre la antena de transmisión y la antena de recepción. Ver figura 3.

Figura 3. Horizonte de Radio y Horizonte Óptico



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos104/comunicaciones-banda-vhf-y-uhf/comunicaciones-banda-vhf-y-uhf.shtml>

2.3 Parámetros de diseño de un radioenlace

Los parámetros de diseño de un radioenlace son los siguientes:

2.3.1 Ubicación geográfica

Es necesario obtener las coordenadas geográficas de las estaciones terminales, a partir de dichos datos se realiza el trazado de perfil del terreno en cartas topográficas, preferiblemente en escala 1:100000, para comprobar si existen obstáculos o no a lo largo del trayecto del enlace, es decir si existe o no línea de vista. Además a partir de las coordenadas geográficas se obtiene la distancia del enlace. Al perfil del terreno obtenido de las cartas topográficas se debe añadir la altura de la vegetación (en el caso del oriente ecuatoriano se tiene una altura promedio de la vegetación de 10 metros). La distancia entre dos puntos de la Tierra se calcula mediante la siguiente expresión:

Fórmula.1. Distancia entre dos puntos de la Tierra1

$$d = \sqrt{\left[111.32(\text{Latitud}_{P1} - \text{Latitud}_{P2})\right]^2 + \left[111.32(\text{Longitud}_{P1} - \text{Longitud}_{P2})\right]^2 + \left[\frac{(H_{P1} - H_{P2})}{1000}\right]^2}$$

Donde:

d: Distancia entre dos puntos de la Tierra (Km).

LatitudP1: Latitud punto 1

LatitudP2: Latitud punto 2

LongitudP1: Longitud punto 1

LongitudP2: Longitud punto 2

HP1: Altura punto 1

HP2: Altura punto 2

2.3.2 Cálculo de altura de antenas

En el cálculo de la altura de antenas intervienen la altura de las estaciones, alturas de los obstáculos y otros parámetros indicados a continuación:

- **Factor K.** La refracción atmosférica produce que el rayo entre la antena transmisora y receptora se desvíe, alejándose o acercándose de la Tierra. Esta desviación se corrige mediante la adición del Factor K. En general se usa $K = 4/3$, debido a que el horizonte de radio se encuentra más o menos a cuatro tercios del horizonte óptico.

- **Curvatura de la Tierra (C)** A la altura de cada punto del trayecto se debe añadir la irregularidad de la Tierra, incluyendo Factor K . Esto se denomina tierra ficticia con un radio KRo y está dado por la siguiente ecuación:

Fórmula 2. Curvatura de la Tierra

$$C [m] = \frac{d_1 [km] \times d_2 [km]}{2 \times K \times Ro [km]} \times \frac{1000 [m]}{1 [km]}$$

Donde:

C: Curvatura ficticia de la Tierra (m)

d₁: Distancia desde el transmisor hasta el punto del trayecto considerado (km)

d₂: Distancia desde el receptor hasta el punto del trayecto considerado (km)

K: Coeficiente de curvatura de la Tierra (a dimensional)

Ro: Radio de la Tierra (6.370 km)

- **Zona de Fresnel (R₁)** Se denomina elipsoide de Fresnel al lugar geométrico de todos los puntos en los cuales existe una diferencia de camino con respecto a la propagación en línea recta entre la antena de transmisión y la de recepción. Normalmente se calcula el radio de la primera zona de Fresnel, debido a que en este se concentra la mayor cantidad de energía. El cálculo de la primera zona de Fresnel se realiza mediante la siguiente expresión:

Fórmula 3. Radio de la Primera Zona de Fresnel

$$R_1 [m] = 17,3 \times \sqrt{\frac{d_1 [km] \times d_2 [km]}{f [GHz] \times (d_1 + d_2) [km]}}$$

Donde:

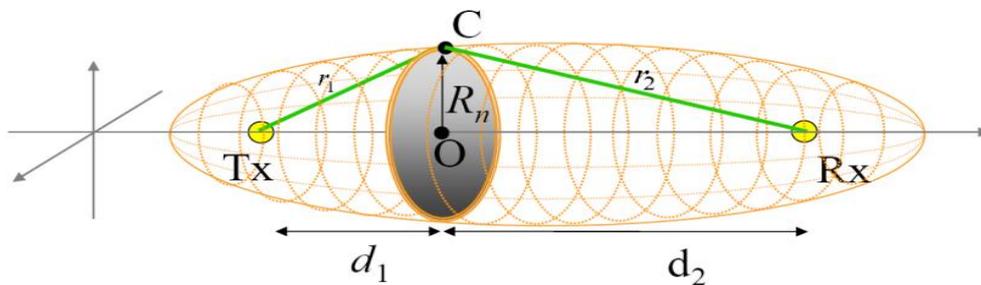
R_1 : Radio de la Primera Zona de Fresnel (m)

f: Frecuencia (GHz)

d_1 : Distancia del Transmisor al obstáculo (km)

d_2 : Distancia del Transmisor al obstáculo (km)

Figura 4. Radio de la Primera Zona de Fresnel



Fuente: <https://es.slideshare.net/MariaBerthaColqueTorrico/radioenlaces-microondas>

➤ Cálculo de altura de Antenas

El cálculo de altura de las antenas se realiza mediante la siguiente expresión:

Fórmula 4. Altura de Antenas 1

$$d_2 [\text{km}] \times (H_3 - H_1) = d_1 [\text{km}] \times (H_2 - H_3)$$

Donde:

d_1 : Distancia del punto 1 al obstáculo (km)

d_2 : Distancia del punto 2 al obstáculo (km)

Fórmula 5. Altura de Antena de Transmisión

$$H_1 [\text{m}] = H_a [\text{m}] + h_a [\text{m}]$$

Donde:

H_1 : Altura de la estación transmisora (m)

H_a : Altura de la estación transmisora (msnm)

h_a : Altura de la antena transmisora (msnm)

Fórmula 6. Altura de Antena de Recepción

$$H_2 [\text{m}] = H_b [\text{m}] + h_b [\text{m}]$$

Donde:

H_2 : Altura de la estación transmisora (m)

H_b : Altura de la estación receptora (msnm)

h_b : Altura de la antena receptora (msnm)

Fórmula 7. Altura de Antenas 2

$$H_3 [m] = C[m] + H[m] + D[m]$$

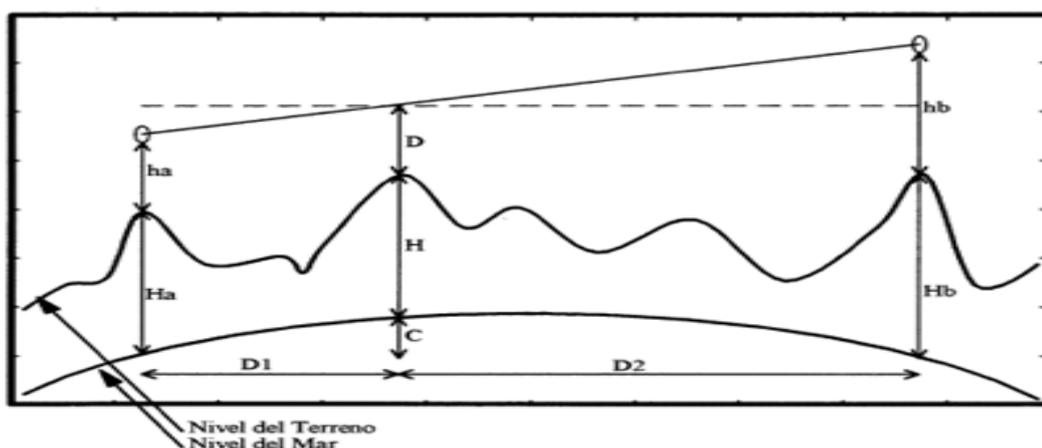
Donde:

C : Curvatura de la Tierra en el obstáculo (m)

H : Altura del obstáculo (msnm)

D : Despejamiento de la primera zona de Fresnel (m)

Figura 5. Altura de Antenas



Fuente: <http://www.radioenlaces.es/articulos/perdidas-en-obstaculos/>

- **Valor de Despejamiento (D)** El Despejamiento es la diferencia entre el radio de la primera zona de Fresnel y la altura del obstáculo más pronunciado. El propósito del cálculo de Despejamiento es la comprobación de la liberación del cien por ciento del radio de la primera zona de Fresnel en el obstáculo más pronunciado. La comprobación del despeje del radio de la primera zona de Fresnel se realiza de la siguiente manera:

Fórmula 8. Despejamiento de la Zona de Fresnel

$$D = h_1[m] + d_1[km] \times \left[\frac{(h_2[m] - h_1[m])}{d[km]} \right] - h_o[m]$$

Donde:

D: Despejamiento (m)

h₁: Altura de la antena transmisora (m)

h₂: Altura de la antena receptora (m)

d₁: Distancia del Transmisor al obstáculo (km)

d₂: Distancia del Transmisor al obstáculo (km)

h_o: Altura del obstáculo (m)

Si $D > R_1$ no existe obstrucción de la primera zona de Fresnel.

Si $D < R_1$ existe obstrucción de la primera zona de Fresnel.

En muchos casos en los cuales es imposible evadir los obstáculos, en donde se usa repetidores pasivos o activos, tomando en cuenta la optimización de recursos económicos. Para este caso se realiza el cálculo de altura de las antenas para cada trayecto.

2.4 Ingeniería del proyecto

En el presente capítulo se realizará el diseño de la red de microondas basado en la norma 802.11b, que satisfaga la demanda de tráfico en el departamento de AREQUIPA.

De acuerdo a las necesidades de la región, se plantea una red de microondas que utiliza 9 estaciones para interconectar 5 Centros de Salud ubicados en la ruta Chivay-Canocota-Tuti-Callalli-Sibayo (Caylloma). Se utilizará la banda de 2.4 GHz.

La capacidad de la red será de 11Mbps aunque esta velocidad, eso dependerá de cuan congestionada se encuentre la red además de otros factores que se detallarán más adelante.

➤ Plan de enrutamiento

De acuerdo a la configuración de la red, las rutas del radio-enlace pueden clasificarse de la siguiente forma:

Cuadro 1. Plan de Enrutamiento

TRAMO	DISTANCIAS (Km)
Centro Salud Chivay- Repetidor 1	6.41
Repetidor 1 – Repetidor 2	2.19
Repetidor 2 – P.S Canocota	0.62
Puesto De Salud Canocota – P.S Tuti	3.58
Puesto De Salud Tuti – Repetidor 3	5.13
Repetidora 3 – Repetidor 4	4.9
Repetidora 4 – C.S Callalli	1.73
Centro De Salud Callalli – P.S Sibayo	2.51
TOTAL	27.07

Fuente: Elaboración propia

Con el objeto de mantener una alta calidad en la transmisión, se adopta sistemas con diversidad de espacio de acuerdo a su necesidad. En la configuración de la red se consideran 9 estaciones:

- 5 Estaciones terminales
- 4 Estaciones repetidoras

2.5 Proceso de diseño e implementación de un radioenlace

➤ Levantamiento del perfil del terreno

El levantamiento del perfil del terreno se realiza con el propósito de verificar si existe línea de vista entre las estaciones terminales, caso contrario se escogerá los lugares en lo que se podrá instalar repetidores para evadir dichos obstáculos, seleccionando la mejor ruta entre las estaciones terminales.

El levantamiento del perfil del terreno se realiza mediante la utilización de cartas topográficas con escala 1:100000, para este radioenlace se utilizan las cartas topográficas CAYLLOMA. El trazado del perfil del terreno se realiza incluyendo la curvatura ficticia de la tierra, utilizando $K = 4/3$.

➤ Ubicación geográfica de las estación

Las estaciones se encuentran ubicada en el departamento de Arequipa, en la provincia de Caylloma, Las coordenadas geográficas y la altura sobre el nivel del mar se indican en las tablas siguientes:

Tabla 1. Coordenadas Geográficas

Estación 1	
CENTRO SALUD CHIVAY	
Latitud	15° 38' 0,03" S = 15,63341°
Longitud	71° 35' 59,6" 0 = 71,5999°
Altura	3636,8 msnm

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 2. Coordenadas Geográficas

Estación 2	
REPETIDOR 1	
Latitud	15° 35' 2,8" S = 15,58412°
Longitud	71° 34' 14,6" 0 = 71,57071°
Altura	4295 msnm

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 3. Coordenadas Geográficas

Estación 3	
REPETIDOR 2	
Latitud	15° 33' 58,2" S = 15,56617°
Longitud	71° 33' 47,0" 0 = 71,56304°
Altura	4019,4 msnm

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 4. Coordenadas Geográficas

Estación 4	
PUESTO DE SALUD CANOCOTA	
Latitud	15° 33' 38,1" S = 15,56058 °
Longitud	71° 33' 49,3" 0 = 71,5637 °
Altura	3742,3 msnm

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 5. Coordenadas Geográficas

Estación 5	
PUESTO DE SALUD TUTI	
Latitud	15° 31' 53,4" S = 15,53149 °
Longitud	71° 32' 57,4" 0 = 71,54929 °
Altura	3811,2 msnm

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 6. Coordenadas Geográficas

Estación 6	
REPETIDOR 3	
Latitud	15° 30' 58,3" S = 15,51621 °
Longitud	71° 30' 14,6" 0 = 71,50404 °
Altura	4115,1 msnm

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 7. Coordenadas Geográficas

Estación 7	
REPETIDOR 4	
Latitud	15° 30' 32,0" S = 15,50888
Longitud	71° 27' 32,2" 0 = 71,45893 °
Altura	3979,4 msnm

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 8. Coordenadas Geográficas

Estación 8	
CENTRO DE SALUD CALLALI	
Latitud	15° 30' 19,8" S = 15,50551 °
Longitud	71° 26' 35,5" 0 = 71,44319
Altura	3863,4 msnm

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 9. Coordenadas Geográficas

Estación 9	
PUESTO DE SALUD SIBAYO	
Latitud	15° 29' 25,9" S = 15,49052 °
Longitud	71° 27' 38,5" 0 = 71,4607 °
Altura	3816,2 msnm

Fuente: Google Earth Pro

2.6 Cálculo de radio enlace y altura de antenas

2.6.1 Cálculo entre C.S Chivay - repetidor 1

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 1 (P1)	P.S. CHIVAY	
LATITUD	15,63341	
LONGITUD	71,5999	
ALTURA P1	3636,8	msnm
DISTANCIA 1 (P1-OBS)	6,26	Km
FRECUENCIA	2,4	GHz
DISTANCIA TOTAL (P1-P2)	6,41	Km

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 2 (P2)	REPETIDOR 1	
LATITUD	15,58412	
LONGITUD	71,5704	
ALTURA P2	4295	msnm
DISTANCIA 2(OBS-P2)	0,15	Km
ALTURA OBSTACULO (P1-P2)	4289	msnm

A.- DISTANCIA ENTRE LOS P1-P2 (d)	
d=	6,42839404 Km
B.- CURVATURA DE LA TIERRA	
C(m)=	0,05527865 M
C.- ZONA DE FRESNEL (R1)	
R1(m)=	4,274095912 M
D.- VALOR DE DESPEJAMIENTO (D)	
D=	-9,4024961 M
E.- CALCULO DE LAS ALTURAS DE ANTENA	
H3(m)=	4298,457775 m
ha(altura antena P1)=	20 m
hb(altura antena P2)=	18,83296105 m
hb(redondeado)=	19 m
F.- AZIMUT (Φ)	
Φ =	30,90046521 °
G.- ANGULO DE ELEVACION	
E=	5,862772335 °

SI $D < R1$ SI EXISTE OBSTRUCCION
SI $D > R1$ NO EXISTE OBSTRUCCION

SI hb SALE NEGATIVO SOLO SE TOMA
MAYOR A 10m DE ALTURA DE LA ANTENA

2.6.2 Cálculo entre repetidor 1 - repetidor 2

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 1 (P1)	REPETIDOR 1	
LATITUD	15,58412	
LONGITUD	71,5704	
ALTURA P1	4295	msnm
DISTANCIA 1 (P1-OBS)	0,25	Km
FRECUENCIA	2,4	GHz
DISTANCIA TOTAL (P1-P2)	2,19	Km

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 2 (P2)	REPETIDOR 2	
LATITUD	15,56617	
LONGITUD	71,56304	
ALTURA P2	4019,4	msnm
DISTANCIA 2(OBS-P2)	1,94	Km
ALTURA OBSTACULO (P1-P2)	4221	msnm

A.- DISTANCIA ENTRE LOS P1-P2 (d)	
d=	2,177156866 Km
B.- CURVATURA DE LA TIERRA	
C(m)=	0,028551805 M
C.- ZONA DE FRESNEL (R1)	
R1(m)=	5,255200548 M
D.- VALOR DE DESPEJAMIENTO (D)	
D=	42,53881279 M
E.- CALCULO DE LAS ALTURAS DE ANTENA	
H3(m)=	4263,567365 M
ha(altura antena P1)=	19 M
hb(altura antena P2)=	-147,189886 m
hb(redondeado)=	20 M
F.- AZIMUT (Φ)	
Φ =	22,29499545 °
G.- ANGULO DE ELEVACION	
E=	-7,172667304 °

SI $D < R1$ SI EXISTE OBSTRUCCION
SI $D > R1$ NO EXISTE OBSTRUCCION

SI hb SALE NEGATIVO SOLO SE TOMA
MAYOR A 10m DE ALTURA DE LA ANTENA

2.6.3 Cálculo entre repetidor 2 – P.S Canocota

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 1 (P1)	REPETIDOR 2	
LATITUD	15,56617	
LONGITUD	71,56304	
ALTURA P1	4019,4	msnm
DISTANCIA 1 (P1-OBS)	0,0425	Km
FRECUENCIA	2,4	GHz
DISTANCIA TOTAL (P1-P2)	0,62	Km

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 2 (P2)	P.S CANOCOTA	
LATITUD	15,56058	
LONGITUD	71,5637	
ALTURA P2	3742,3	msnm
DISTANCIA 2(OBS-P2)	0,5775	Km
ALTURA OBSTACULO (P1-P2)	3991	msnm

A.- DISTANCIA ENTRE LOS P1-P2 (d)

d=	0,685137455 Km
----	----------------

B.- CURVATURA DE LA TIERRA

C(m)=	0,001444883 M
-------	---------------

C.- ZONA DE FRESNEL (R1)

R1(m)=	2,221851847 M
--------	---------------

D.- VALOR DE DESPEJAMIENTO (D)

D=	9,405241935 M
----	---------------

SI $D < R1$ EXISTE OBSTRUCCION
SI $D > R1$ NO EXISTE OBSTRUCCION

E.- CALCULO DE LAS ALTURAS DE ANTENA

H3(m)=	4000,406687 m
--------	---------------

ha(altura antena P1)=	20 m
-----------------------	------

hb(altura antena P2)=	-271,743628 m
-----------------------	---------------

hb(redondeado)=	20 m
-----------------	------

SI hb SALE NEGATIVO SOLO SE TOMA
MAYOR A 10m DE ALTURA DE LA ANTENA

F.- AZIMUT (Φ)

Φ =	6,733623326 °
----------	---------------

G.- ANGULO DE ELEVACION

E=	-24,08156232 °
----	----------------

2.6.4 Cálculo entre P.S Canocota – P.S Tuti

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 1 (P1)	P.S CANOCOTA	
LATITUD	15,56058	
LONGITUD	71,5637	
ALTURA P1	3742,3	msnm
DISTANCIA 1 (P1-OBS)	2,59	Km
FRECUENCIA	2,4	GHz
DISTANCIA TOTAL (P1-P2)	3,58	Km

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 2 (P2)	P.S TUTI	
LATITUD	15,53149	
LONGITUD	71,54929	
ALTURA P2	3811,2	msnm
DISTANCIA 2(OBS-P2)	0,99	Km
ALTURA OBSTACULO (P1-P2)	3797	msnm

A.- DISTANCIA ENTRE LOS P1-P2 (d)		
d=	3,614489058 Km	
B.- CURVATURA DE LA TIERRA		
C(m)=	0,150947802 M	
C.- ZONA DE FRESNEL (R1)		
R1(m)=	9,450753772 m	
D.- VALOR DE DESPEJAMIENTO (D)		
D=	-4,85335196 M	<p>SI D<R1 SI EXISTE OBSTRUCCION</p> <p>SI D>R1 NO EXISTE OBSTRUCCION</p>
E.- CALCULO DE LAS ALTURAS DE ANTENA		
H3(m)=	3802,0043 M	
ha(altura antena P1)=	20 M	
hb(altura antena P2)=	5,980846769 m	<p>ACA TOMAMOS LA ANTENA DE 10m</p>
hb(redondeado)=	6 M	
F.- AZIMUT (Φ)		
Φ =	26,35193933 °	
G.- ANGULO DE ELEVACION		
E=	1,102567572 °	

2.6.5 Cálculo entre P.S Tuti – repetidor 3

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 1 (P1)	P.S TUTI	
LATITUD	15,53149	
LONGITUD	71,54929	
ALTURA P1	3811,2	msnm
DISTANCIA 1 (P1-OBS)	1,71	Km
FRECUENCIA	2,4	GHz
DISTANCIA TOTAL (P1-P2)	5,13	Km

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 2 (P2)	REPETIDOR 3	
LATITUD	15,51621	
LONGITUD	71,50404	
ALTURA P2	4115,1	msnm
DISTANCIA 2(OBS-P2)	3,42	Km
ALTURA OBSTACULO (P1-P2)	3892	msnm

A.- DISTANCIA ENTRE LOS P1-P2 (d)

d=	5,325348708 Km
----	----------------

B.- CURVATURA DE LA TIERRA

C(m)=	0,34428179 M
-------	--------------

C.- ZONA DE FRESNEL (R1)

R1(m)=	11,92320217 M
--------	---------------

D.- VALOR DE DESPEJAMIENTO (D)

D=	20,5 M
----	--------

SI $D < R1$ SI EXISTE OBSTRUCCION
SI $D > R1$ NO EXISTE OBSTRUCCION

E.- CALCULO DE LAS ALTURAS DE ANTENA

H3(m)=	3912,844282 m
--------	---------------

ha(altura antena P1)=	10 m
-----------------------	------

hb(altura antena P2)=	-18,9671546 m
-----------------------	---------------

hb(redondeado)=	30 m
-----------------	------

SI hb SALE NEGATIVO SOLO SE TOMA
MAYOR A 10m DE ALTURA DE LA ANTENA

F.- AZIMUT (Φ)

Φ =	71,34122586 °
----------	---------------

G.- ANGULO DE ELEVACION

E=	3,39022645 °
----	--------------

2.6.6 Cálculo entre repetidor 3 – repetidor 4

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 1 (P1)	REPETIDOR 3	
LATITUD	15,51621	
LONGITUD	71,50404	
ALTURA P1	4115,1	msnm
DISTANCIA 1 (P1-OBS)	0,0939	Km
FRECUENCIA	2,4	GHz
DISTANCIA TOTAL (P1-P2)	4,9	Km

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 2 (P2)	REPETIDOR 4	
LATITUD	15,50888	
LONGITUD	71,45893	
ALTURA P2	3979,4	msnm
DISTANCIA 2(OBS-P2)	4,8061	Km
ALTURA OBSTACULO (P1-P2)	4127	msnm

A.- DISTANCIA ENTRE LOS P1-P2 (d)	
d=	5,089317359 Km
B.- CURVATURA DE LA TIERRA	
C(m)=	0,026567472 M
R1(m)=	3,389000554 M
D.- VALOR DE DESPEJAMIENTO (D)	
D=	-14,5004551 M
E.- CALCULO DE LAS ALTURAS DE ANTENA	
H3(m)=	4141,527023 m
ha(altura antena P1)=	30 m
hb(altura antena P2)=	-20,7493013 m
hb(redondeado)=	20 m
F.- AZIMUT (Φ)	
Φ =	80,7705778 °
G.- ANGULO DE ELEVACION	
E=	-1,586336837 °

SI $D < R1$ SI EXISTE OBSTRUCCIONA
SI $D > R1$ NO EXISTE OBSTRUCCION

SI hb SALE NEGATIVO SOLO SE TOMA
MAYOR A 10m DE ALTURA DE LA ANTENA

2.6.7 Cálculo entre repetidor 4 – C.S. Callalli

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 1 (P1)	REPETIDOR 4	
LATITUD	15,50888	
LONGITUD	71,45893	
ALTURA P1	3979,4	msnm
DISTANCIA 1 (P1-OBS)	0,0362	Km
FRECUENCIA	2,4	GHz
DISTANCIA TOTAL (P1-P2)	1,73	Km

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 2 (P2)	C.S CALLALLI	
LATITUD	15,50551	
LONGITUD	71,44319	
ALTURA P2	3863,4	msnm
DISTANCIA 2(OBS-P2)	1,6938	Km
ALTURA OBSTACULO (P1-P2)	3981	msnm

A.- DISTANCIA ENTRE LOS P1-P2 (d)	
d=	1,795638009 Km
B.- CURVATURA DE LA TIERRA	
C(m)=	0,003609629 M
C.- ZONA DE FRESNEL (R1)	
R1(m)=	2,102339162 m
D.- VALOR DE DESPEJAMIENTO (D)	
D=	-4,02728324 M
E.- CALCULO DE LAS ALTURAS DE ANTENA	
H3(m)=	3985,030893 m
ha(altura antena P1)=	20 m
hb(altura antena P2)=	-550,700424 m
hb(redondeado)=	10 m
F.- AZIMUT (Φ)	
Φ =	77,91518709 °
G.- ANGULO DE ELEVACION	
E=	-3,836055873 °

SI D<R1 SI EXISTE OBSTRUCCIONA
SI D>R1 NO EXISTE OBSTRUCCION

SI hb SALE NEGATIVO SOLO SE TOMA
MAYOR A 10m DE ALTURA DE LA ANTENA

2.6.8 Cálculo entre C.S Callalli – P.S Sibayo

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 1 (P1)	C.S CALLALLI	
LATITUD	15,50551	
LONGITUD	71,44319	
ALTURA P1	3863,4	msnm
DISTANCIA 1 (P1-OBS)	1,75	Km
FRECUENCIA	2,4	GHz
DISTANCIA TOTAL (P1-P2)	2,51	Km

DATOS	UBICACIÓN	UNID.
PUNTO 2 (P2)	P.S SIBAYO	
LATITUD	15,49052	
LONGITUD	71,4607	
ALTURA P2	3816,2	msnm
DISTANCIA 2(OBS-P2)	0,76	Km
ALTURA OBSTACULO (P1-P2)	3824	msnm

A.- DISTANCIA ENTRE LOS P1-P2 (d)	
d=	2,56635453 Km
B.- CURVATURA DE LA TIERRA	
C(m)=	0,078296703 M
C.- ZONA DE FRESNEL (R1)	
R1(m)=	8,12885622 m
D.- VALOR DE DESPEJAMIENTO (D)	
D=	6,491633466 M
E.- CALCULO DE LAS ALTURAS DE ANTENA	
H3(m)=	3830,56993 m
ha(altura antena P1)=	10 m
hb(altura antena P2)=	-4,2305573 m
hb(redondeado)=	10 m
F.- AZIMUT (Φ)	
Φ =	49,43375524 °
G.- ANGULO DE ELEVACION	
E=	-1,077307605 °

SI $D < R1$ SI EXISTE OBSTRUCCION
SI $D > R1$ NO EXISTE OBSTRUCCION

SI hb SALE NEGATIVO SOLO SE TOMA MAYOR
A 10m DE ALTURA DE LA ANTENA

2.7 Cálculo de ganancias y pérdidas de potencia de los enlaces inalámbricos

Una vez definida las rutas de los radioenlaces, se debe corroborar que las potencias recibidas como transmitidas de los equipos que conforman los radioenlaces se encuentren en los rangos permitidos por sus especificaciones de funcionamiento, para que puedan operar correctamente.

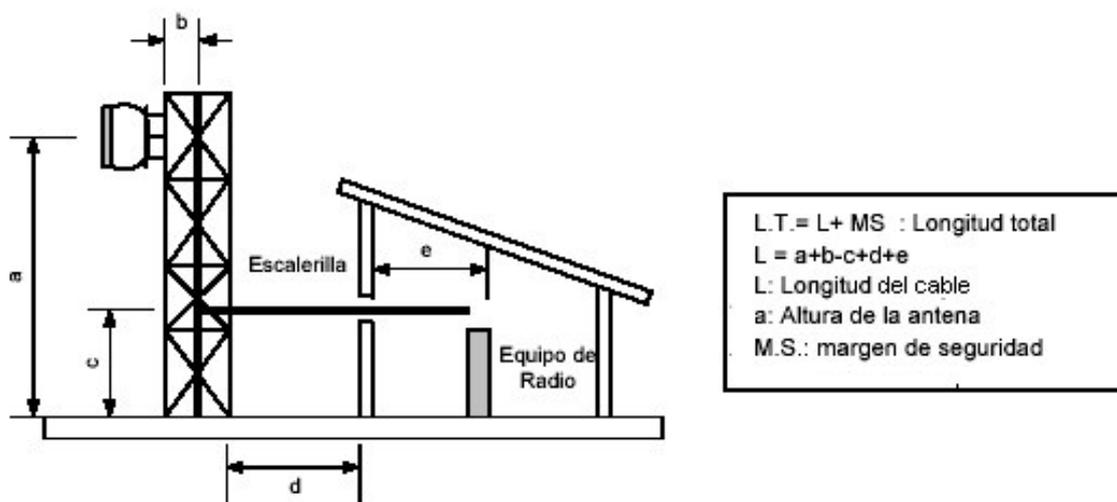
2.7.1 Cálculo de la ganancia de antena

Primero se hallará a cuánto ascienden las pérdidas debido al recorrido de la señal en el tramo del cable en la línea de transmisión. Estas pérdidas están especificadas por el fabricante dependiendo el tipo de cable que se utilice. Como se verá se seleccionó un cable coaxial Helix de la marca Andrew cuya atenuación producida a la frecuencia de 2.4 GHz llega al valor de 0.125 dB/m.

En la figura 3.6, se muestra el criterio que se utilizó para establecer la longitud del cable para los diferentes enlaces y las pérdidas que se producen. Las alturas de las torres se determinaron de manera que **se asegure el 70% de la 1ra zona de Fresnel** para todos los enlaces.

En el Figura 6 se detalla el cálculo de longitud de cable coaxial para todas las estaciones.

Figura 6. Recorrido de cable coaxial



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2. Cálculo de longitud de cable coaxial para las estaciones

ESTACION	ALTURA ANTENA	a	b	c	d	e	L	M.S.	L.T.	FACTOR DE ATENUACION	ATENUACION (dB)
C.S. CHIVAY	20 m	20	1	2	5	3	27	4	31	0,125 dB/m	3,875 dB
REPETIDOR 1	19 m	19	1	2	5	3	26	4	30	0,125 dB/m	3,75 dB
REPETIDOR 2	20 m	20	1	2	5	3	27	4	31	0,125 dB/m	3,875 dB
P.S. CANOCOTA	20 m	20	1	2	5	3	27	4	31	0,125 dB/m	3,875 dB
P.S. TUTI	10 m	10	1	2	5	3	17	4	21	0,125 dB/m	2,625 dB
REPETIDOR 3	30 m	30	1	2	5	3	37	4	41	0,125 dB/m	5,125 dB
REPETIDOR 4	20 m	20	1	2	5	3	27	4	31	0,125 dB/m	3,875 dB
C.S. CALLALLI	10 m	10	1	2	5	3	17	4	21	0,125 dB/m	2,625 dB
P.S. SIBAYO	10 m	10	1	2	5	3	17	4	21	0,125 dB/m	2,625 dB

Fuente: Elaboración propia

Al momento de calcular la ganancia de las antenas, se debe cumplir con el valor máximo de potencia de radioenlaces en espacio abierto especificado por el MTC, este valor es la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente: PIRE, cuyo valor se da en **dBm**. Sin embargo, por tratarse de radioenlaces en

zonas rurales se puede dar la prestación de servicios de telecomunicaciones (previa concesión y autorización del Ministerio) en la banda de 2.4 GHz utilizando antenas direccionales de mayor ganancia que permitan superar los 36 dBm de PIRE.

El PIRE es igual a:

Formula 9.

$$\text{PIRE} = \text{Pout} - \text{At} + \text{Gtx}$$

Donde:

- Pout : Potencia de salida del equipo transmisor en dBm
- Gtx : Ganancia de la antena de transmisión en dBi
- At : Atenuación del cable de transmisión

Por lo mencionado anteriormente y como se verá más adelante la antena direccional a utilizar tendrá una ganancia de 24 dBi.

2.7.2 Verificación del adecuado nivel de Potencia percibido por receptores

Parte fundamental del diseño es verificar si la señal enviada llegará al receptor con el nivel necesario que permita reconocer la información transmitida y así poder procesarla; para ello el equipo receptor define el nivel de potencia que como mínimo debe recibir (sensibilidad), en nuestro caso la sensibilidad del equipo a utilizar es de **- 81 dBm**.

Fórmula 10.

$$P_b = 92.4 + 20 \text{ Log } (F) + 20 \text{ Log } (d)$$

Donde:

- P_b : Perdida de espacio libre en dB
- F : Frecuencia en GHz
- d : Distancia en Km

Formula 11.

$$P_r = P_{out} - A_t + G_{tx} + G_{rx} - P_b - A_r$$

Donde:

- P_r : Potencia recibida en la entrada del receptor en dBm
- P_{out} : Potencia de salida del transmisor en dBm
- A_t, A_r : Atenuación del cable en la transmisión y recepción
- G_{tx}, G_{rx} : Ganancia de las antenas

Margen de desvanecimiento (Fm): es la diferencia entre la potencia recibida por el equipo y la sensibilidad que éste soporta. Como consecuencia del diseño se tomaron los siguientes valores de potencia y consideraciones del enlace:

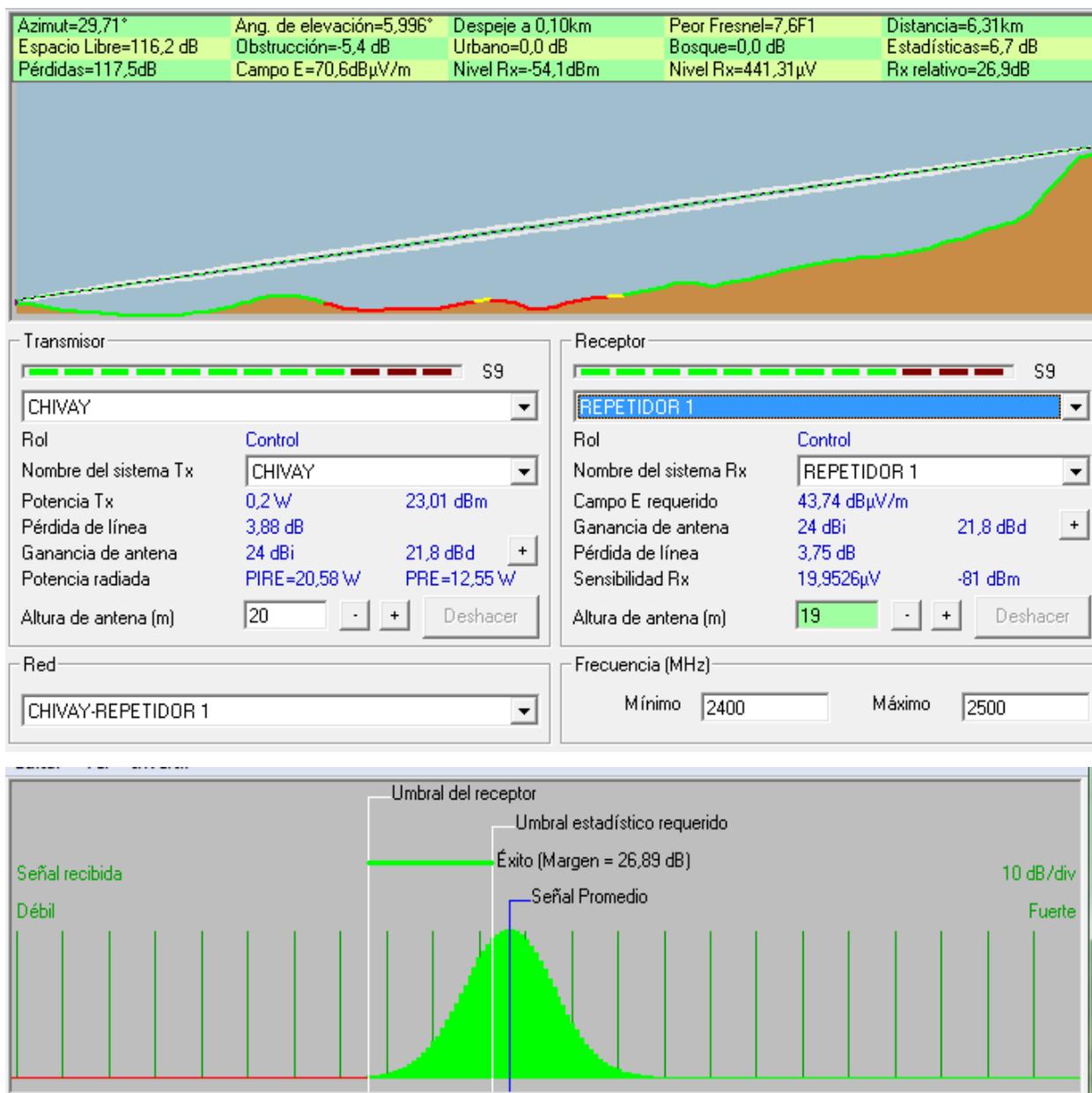
- P_{out} : 23 dBm
- G_{tx} : 24 dBi
- **Sensibilidad** : Menor a -81 dBm (según especificaciones del equipo)
- **Pérdidas por cableado** : Depende del enlace
- **Pérdida adicional por el tipo de terreno** : 10 %

- **Polarización** : direccional
- **Clima** : Áreas montañosas y clima seco

Estos valores aseguran un Margen de Desvanecimiento mayor a 20 dB para todos los enlaces.

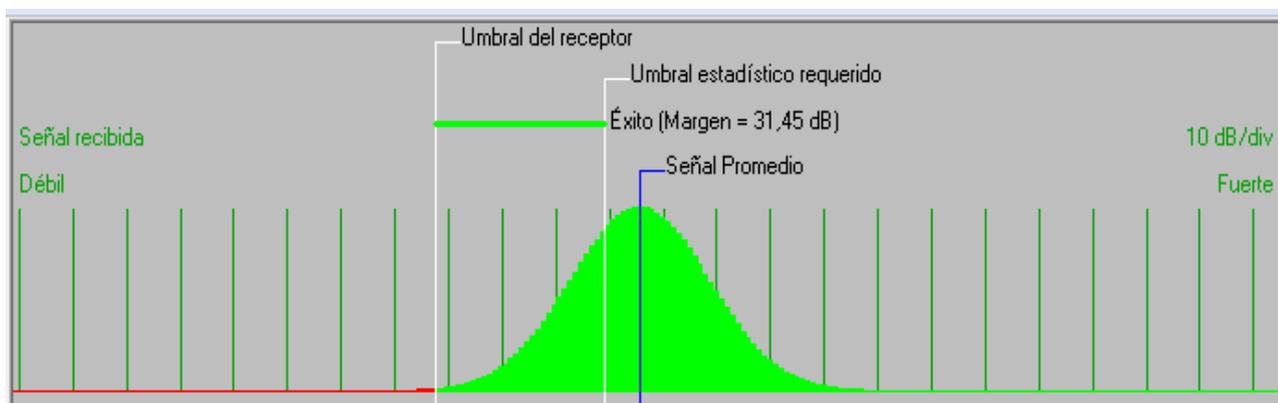
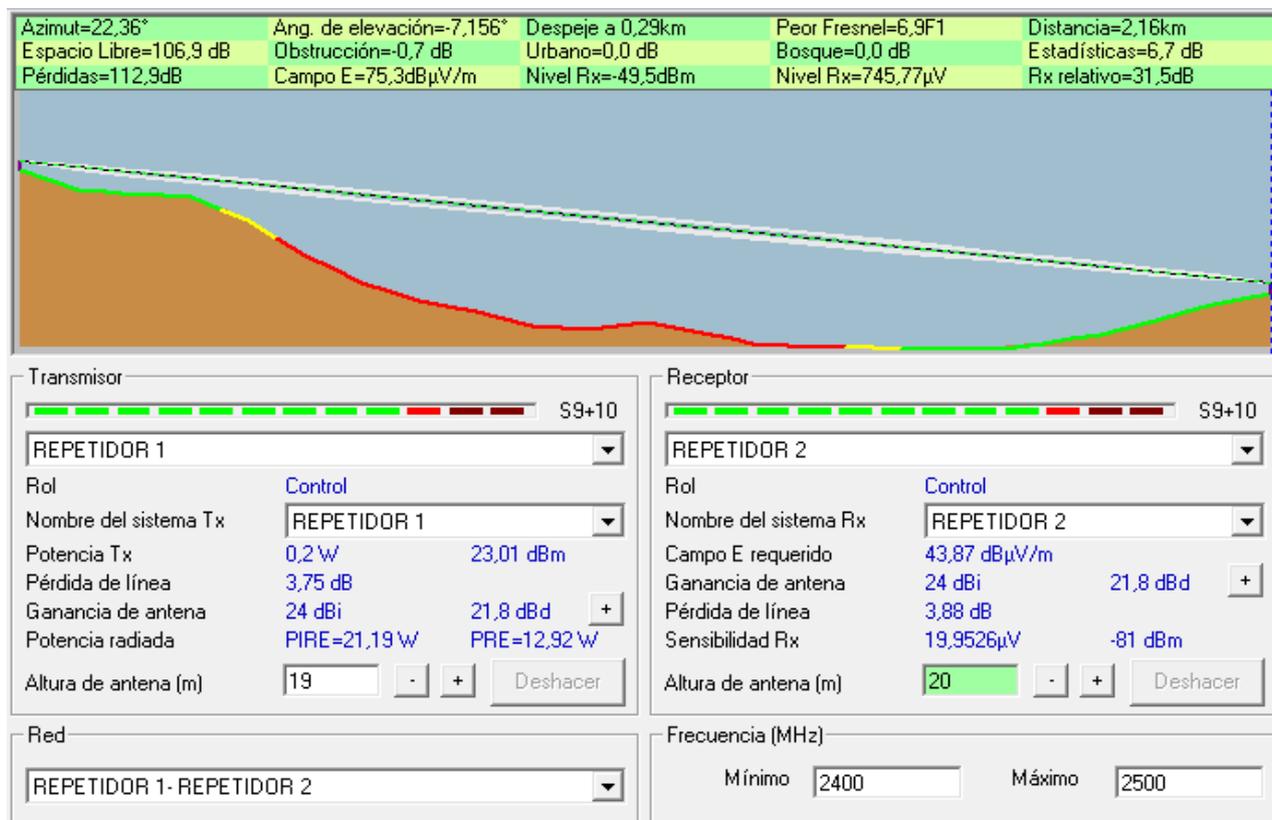
A continuación presentaremos los resultados de la simulación de cada enlace, donde se podrán apreciar las pérdidas espacio libre, azimut, nivel de recepción o Pr (nivel Rx), PIRE, margen de desvanecimiento (Rx Relativo) y el trazado del perfil.

ENLACE CENTRO SALUD CHIVAY- REPETIDOR 1



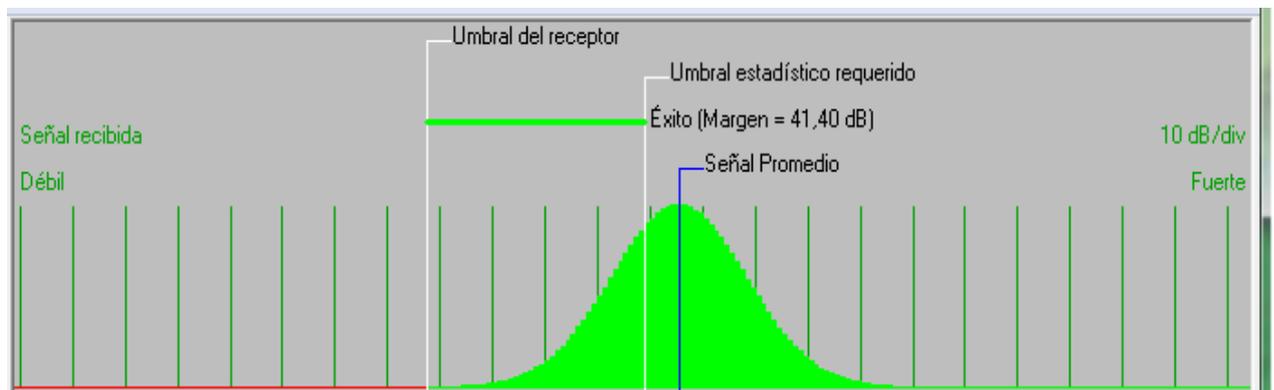
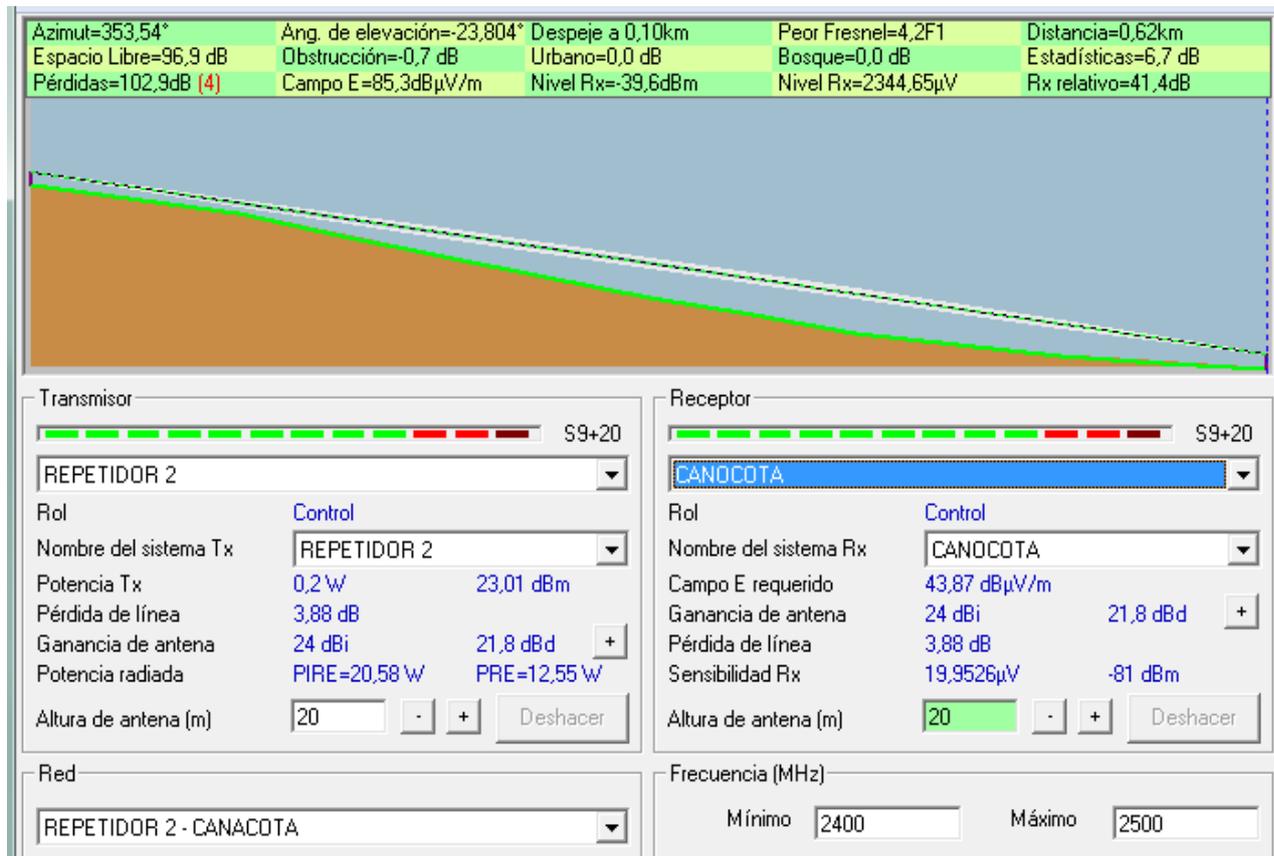
- **PIRE** = 20.58 W / 43.13 dBm
- **Pérdidas de espacio libre** = 116.2 dB
- **Pr** = -54.1 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 26.89 dB

ENLACE REPETIDOR 1 – REPETIDOR 2



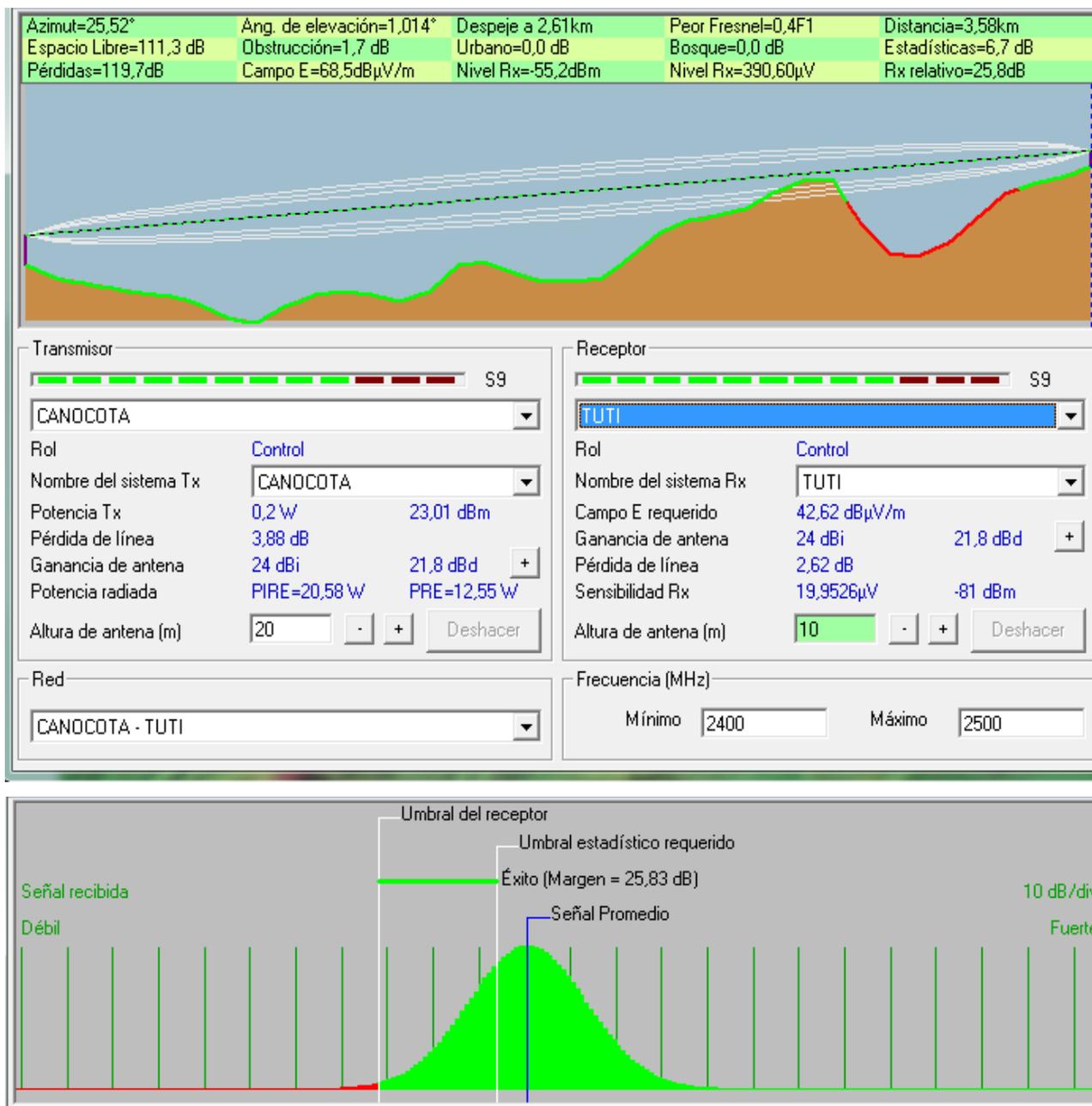
- **PIRE** = 21.19W / 43.26dBm
- **Pérdidas de espacio libre** = 106.9 dB
- **Pr** = -49.5 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 31.45 dB

ENLACE REPETIDOR 2 – P.S CANOCOTA



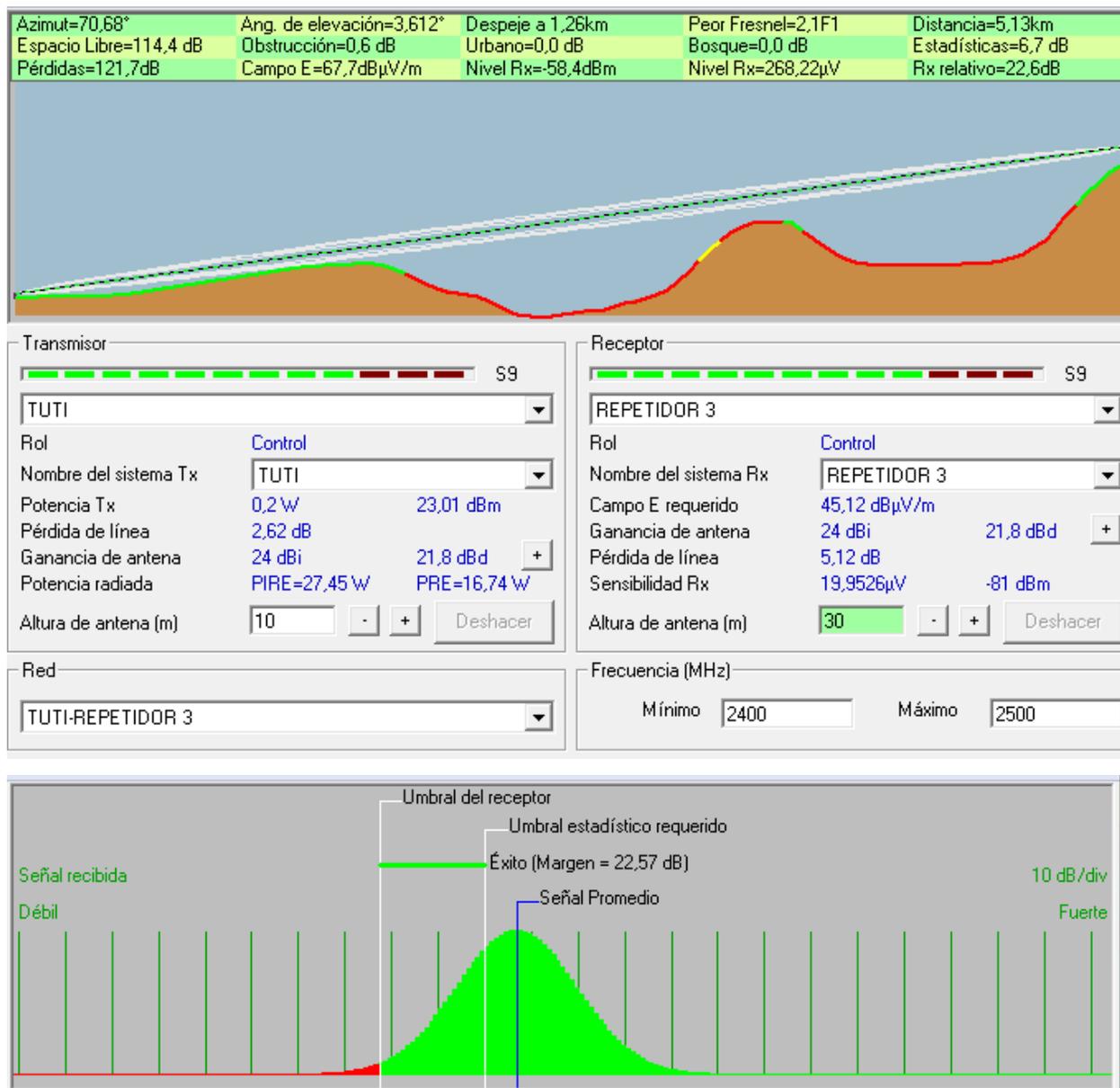
- **PIRE** = 20.58W / 43.13dBm
- **Pérdidas de espacio libre** = 96.9 dB
- **Pr** = -39.6 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 41.40 dB

ENLACE PUESTO DE SALUD CANOCOTA – P.S TUTI



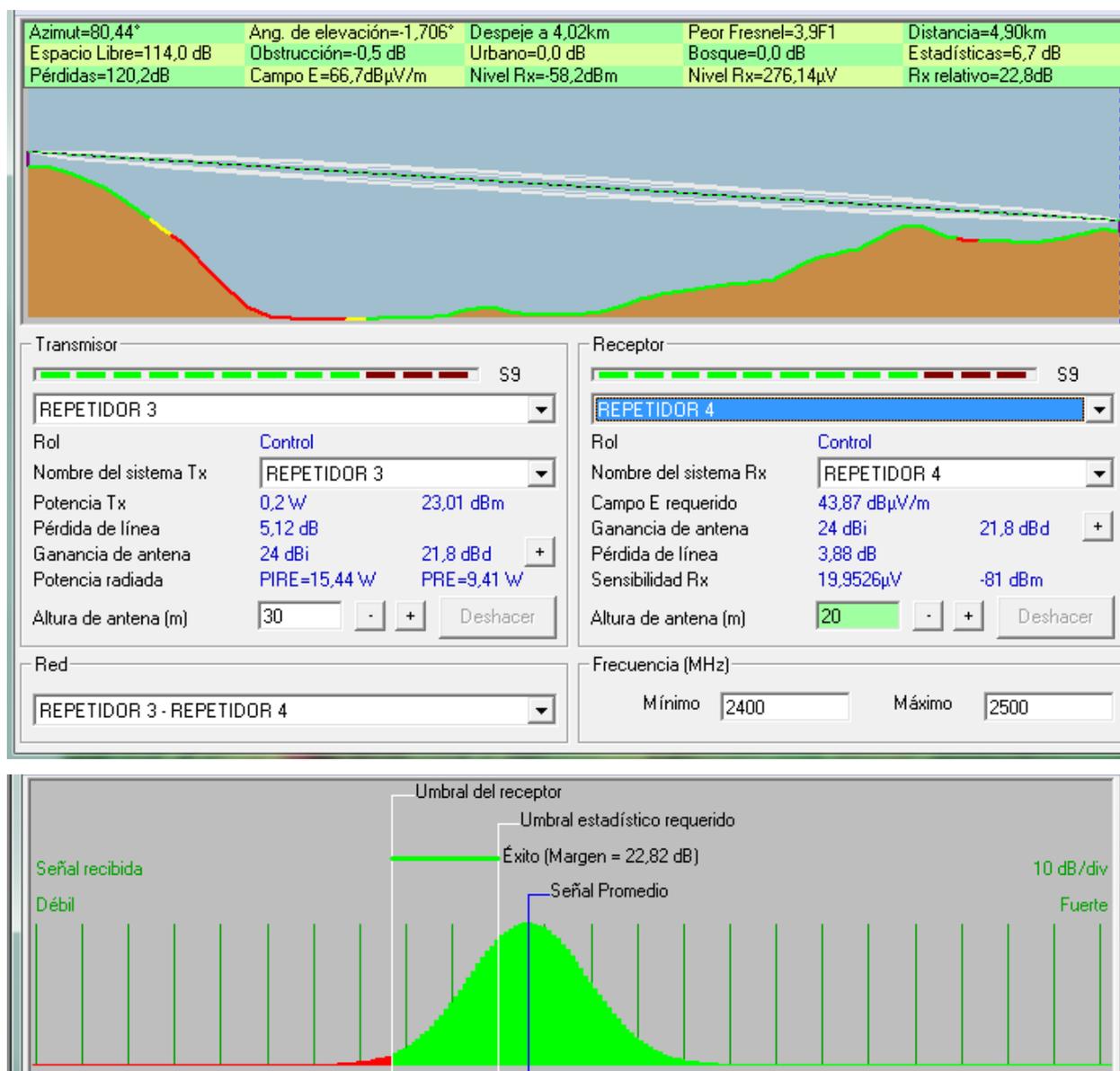
- **PIRE** = 20.58W / 43.13dBm
- **Pérdidas de espacio libre** = 111.3 dB
- **Pr** = -55.2 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 25.83 dB

ENLACE PUESTO DE SALUD TUTI – REPETIDOR 3



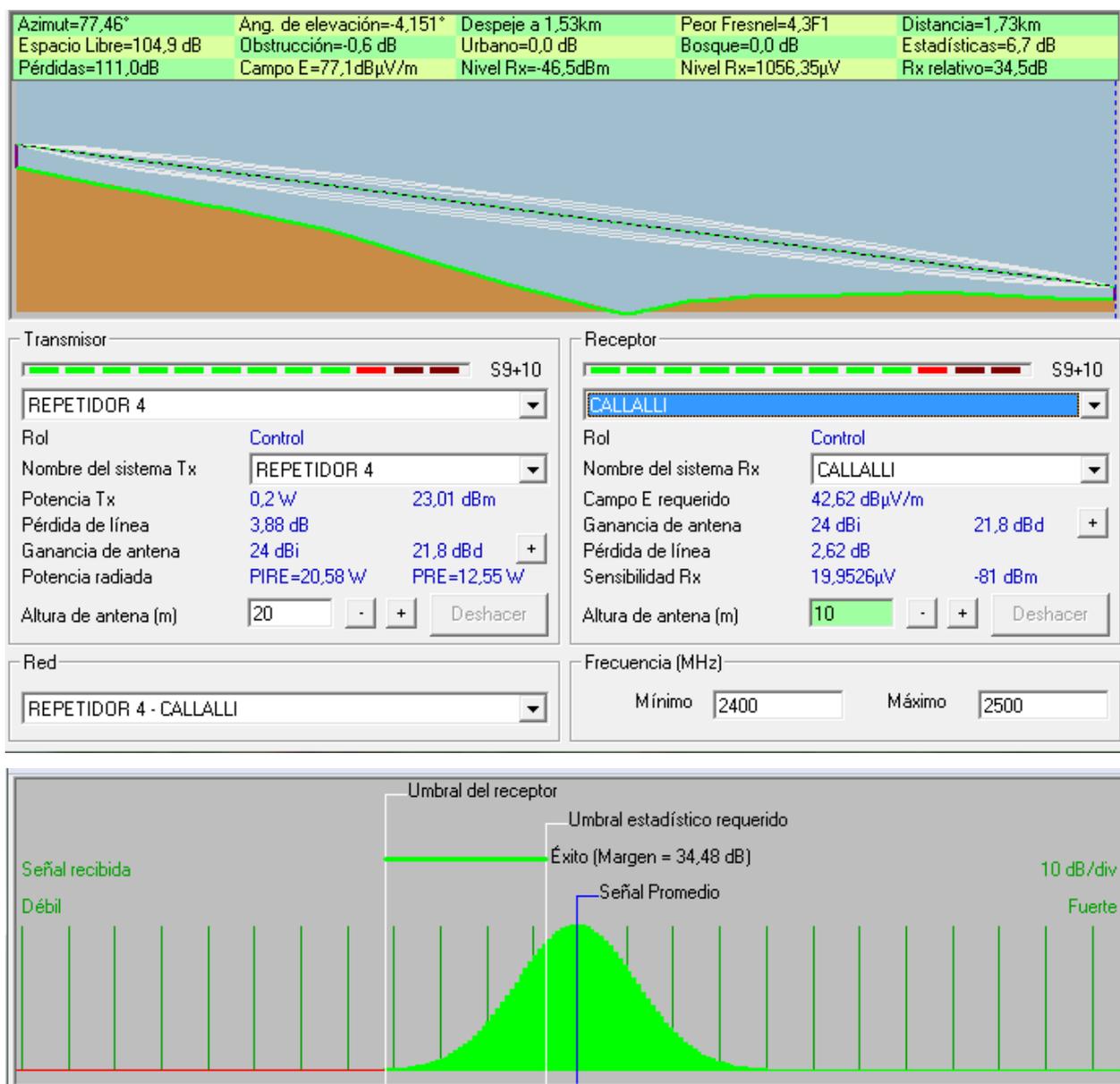
- **PIRE** = 27.45 W / 44.38dBm
- **Pérdidas de espacio libre** = 114.4 dB
- **Pr** = -58.4 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 22.57 dB

ENLACE REPETIDORA 3 – REPETIDOR 4



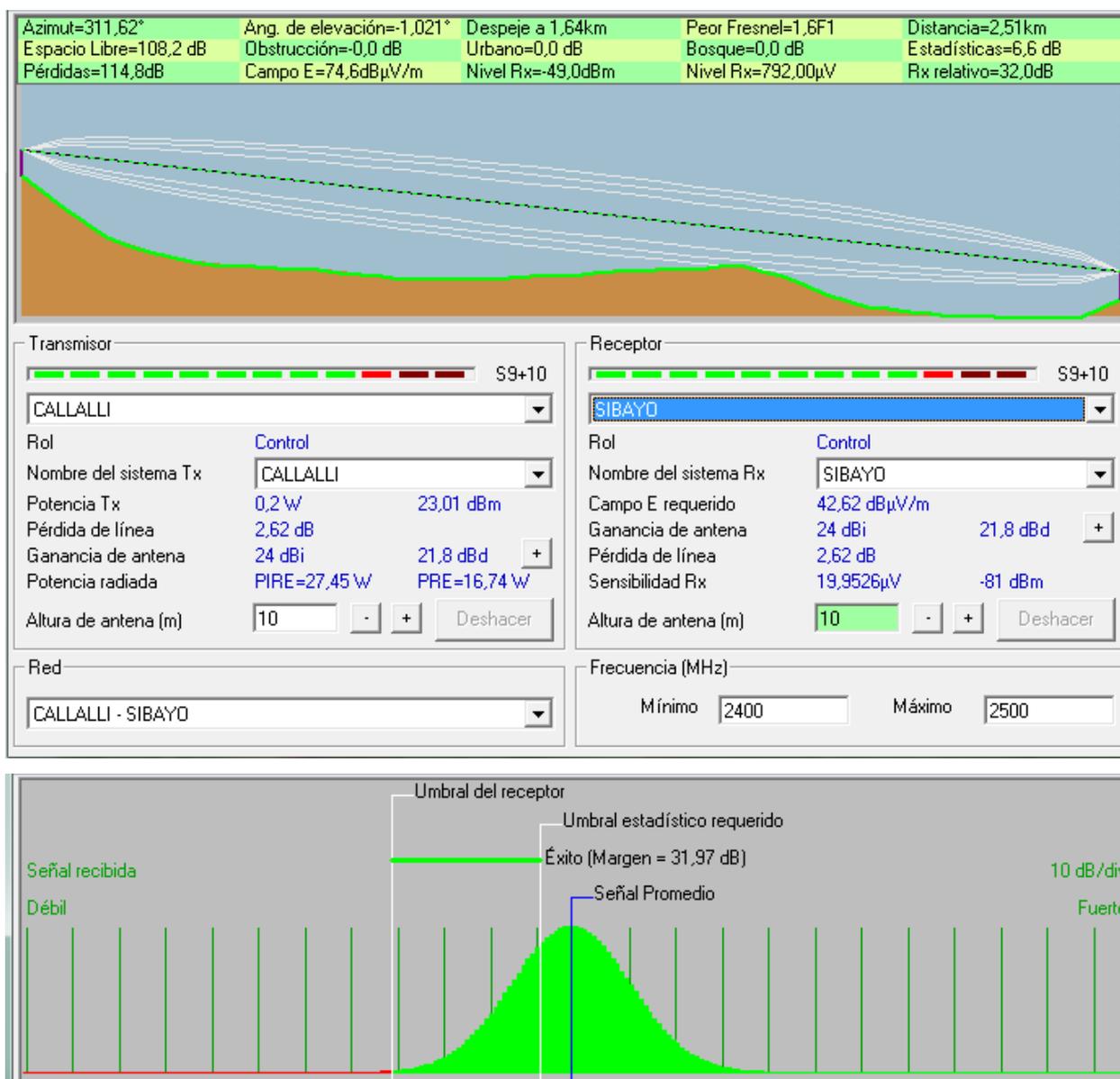
- **PIRE** = 15.44 W / 41.88dBm
- **Pérdidas de espacio libre** = 114 dB
- **Pr** = -58.2 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 22.82 dB

ENLACE REPETIDORA 4 – C.S CALLALLI



- **PIRE** = 20.58 W / 43.13 dBm
- **Pérdidas de espacio libre** = 104.9 dB
- **Pr** = -46.5 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 34.48 dB

ENLACE CENTRO DE SALUD CALLALLI – P.S SIBAYO



- **PIRE** = 27.45 W / 43.13 dBm
- **Pérdidas de espacio libre** = 108.2dB
- **Pr** = -49dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 31.97 dB

2.8 Análisis de los centros de salud mediante telemedicina

En la década de los noventa los sistemas sanitarios necesitaban nuevas formas de organización y buscaban alternativas a los modos tradicionales de proporcionar servicios sanitarios, intentando dar respuesta a las exigencias de satisfacer una mayor demanda de dichos servicios, con mejor calidad, y compatible con las limitaciones existentes de recursos.

Las TIC, como ya hemos visto, se han convertido en el soporte eficaz del cambio suministrando herramientas muy poderosas que hacen viable modelos organizativos donde el paciente es el eje de todas las actuaciones tales como la equidad en el acceso, la continuidad asistencial o el acercamiento de la atención a su entorno.

2.8.1 Gestión médica a través de la telemedicina

Por lo tanto, se puede decir que las necesidades del paciente actual, que, en muchos casos, son las que la telemedicina viene a cubrir mejor, son:

- Un acceso rápido al sistema sanitario.
- Un acceso cómodo al mismo, tanto en el sentido de confortabilidad como en el sentido de evitar un gasto innecesario de tiempo y recursos.
- Una comunicación tanto directa como indirecta para consulta entre diferentes especialistas implicados en su cuidado.

2.8.1.1 Telerradiología

La Telerradiología es la transmisión de imágenes radiológicas desde el lugar donde se realiza la adquisición de las imágenes hasta otro, a distancia, donde son interpretadas.

La Telerradiología suministra un medio de obtención rápida de diagnóstico y el retorno del informe de examen radiológico adquirido localmente o transmitido a un radiólogo desde cualquier parte del mundo.

Los sistemas de Telerradiología elementales tienen tres partes principales:

- Una estación de envío de imágenes,
- Una red de transmisión, y
- Una estación de revisión de imágenes recibidas.

Las imágenes tienen que estar digitalizadas por cualquiera de los procedimientos expuestos en el anexo de estructura de los sistemas de información. En resumen, es mediante cámara de TV digital, escáner digital con mecanismos de carga acoplado o escáner digital láser.

Una vez digitalizada la imagen se enviará a un módem, que convierte los datos digitales en impulso de corriente, en ondas o en luz para transmitir mediante cable, radio, satélite o fibra óptica, respectivamente.

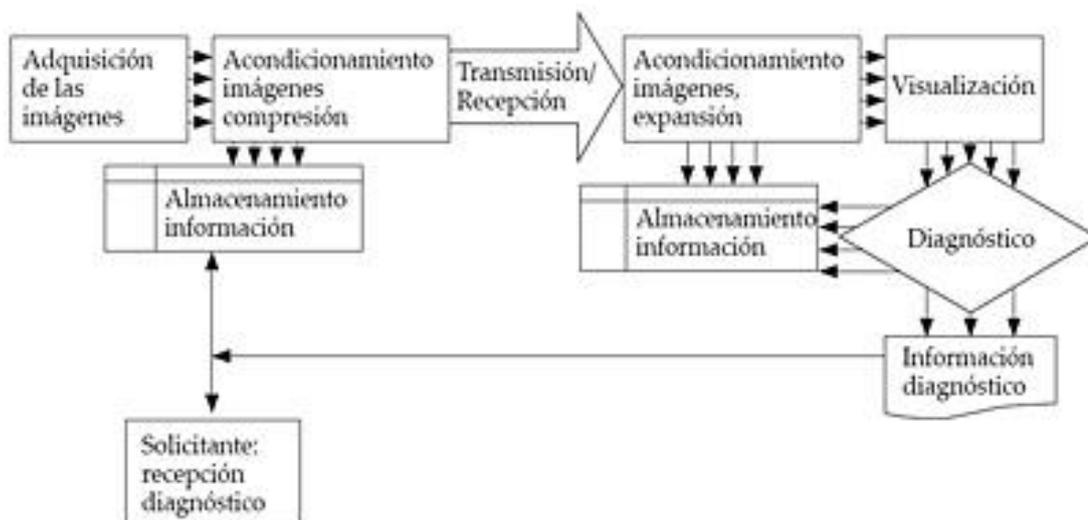
Como se expone en el citado anexo, la imagen requiere mucho ancho de banda, y una velocidad de transmisión superior a lo normal. Por tanto, se procede a comprimir las imágenes en emisión y expandirlas en recepción, según unos estándares que garanticen la calidad de la compresión/expansión.

La interpretación de las imágenes digitales, tanto como la MRI, ultrasonidos o las imágenes de rayos-X adquiridas digitalmente, radiografías computarizadas (CR) o radiografías directas, son ejecutadas en las estaciones de trabajo con monitores de alta resolución. Estas imágenes y su interpretación se almacenan en el HC del paciente al cual puede acceder su médico, previo aviso.

Las actuales innovaciones de los sistemas de *software* de los ordenadores proporcionan la capacidad de transmitir y recibir imágenes desde fuera, manteniendo la seguridad y confidencialidad de los pacientes.

En la figura 7 se representa esquemáticamente un sistema de Telerradiología.

Figura 7. Sistema de Telerradiología



Fuente: <http://www.gestion-sanitaria.com/3-telemedicina.html>

Actualmente, podemos decir que hay cuatro referencias para el uso y la utilidad de los sistemas de radiología:

- Radiólogos en alerta. El radiólogo alertado utiliza una estación de radiología portátil en casa. Las imágenes del paciente son transmitidas desde el hospital o la clínica a la casa del especialista para ser revisadas inmediatamente. Esto permite la consulta del radiólogo de manera instantánea.
- Médico en el hospital. Las imágenes tomadas de los pacientes de la UCI en el departamento de radiología pueden ser transmitidas rápidamente a la UCI para ser revisadas por el equipo responsable del cuidado del paciente.

- Atención primaria y médicos rurales. Éstos pueden enviar imágenes de pacientes tomadas en la clínica a un radiólogo localizado a una determinada distancia para su lectura y consulta.
- Médicos que requieran a distancia consulta de radiología en subespecialidades. Un radiólogo del hospital puede enviar un conjunto completo de imágenes a distancia a otro radiólogo el cual es subespecialista, por ejemplo, pediátrico.

2.8.1.2 Telepediatría

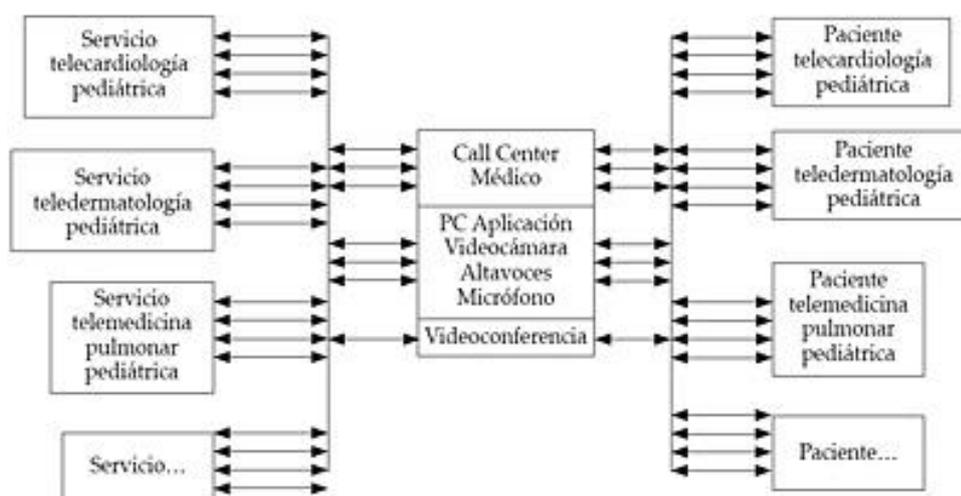
La tendencia actual a sacar de los hospitales aquellos aspectos médicos vinculados a patologías de cuidado y control continuado también se refleja en la pediatría. Es necesario controlar aquellas patologías crónicas tales como las cardíacas, asmáticas, dermatológicas... para ello se plantea como instrumento principal la telemedicina. Ésta permite desplazar el lugar de intervención al centro de atención primaria.

En el caso de la medicina rural y de difícil acceso del paciente se muestra claramente la utilidad de la telemedicina, pero ello también se lleva a cabo en plena ciudad donde los servicios pediátricos suelen estar saturados, con muy buenos especialistas pero con listas de atención y de espera muy altas puesto que los servicios materno infantiles están, entre otras cosas debido al aumento de la inmigración, saturados.

Se ha desarrollado un protocolo de actuación apropiado para cada subespecialidad pediátrica, que permite a personal de enfermería o sencillamente a cuidadores de los niños proceder a atender las necesidades diagnósticas.

En la figura 8 se puede ver esquemáticamente la concepción de un sistema de Telepediatría.

Figura 8. Sistema de Telepediatría



Fuente: <http://www.gestion-sanitaria.com/3-telemedicina.html>

Mediante sistemas de comunicaciones adaptados a las necesidades de transmisión de la información a suministrar con un PC, cámaras de calidad e instrumental médico específico de las patologías a tratar, se pueden garantizar diagnósticos correctos y, por supuesto, los cuidados necesarios.

El instrumental médico que se puede incorporar es variado. Por ejemplo, estetoscopios electrónicos, capaces de transmitir en tiempo real los sonidos de corazón y pulmón que, en el otro extremo, un médico especialista evalúa. Los antecedentes son transmitidos por la enfermera o cuidador, dejando un registro en una base de datos. Los sonidos transmitidos por el estetoscopio son similares a los obtenidos al escuchar directamente al paciente y permiten eventualmente hacer diagnósticos de neumonías, derrame, soplos cardíacos, etc.

Asimismo, es posible contar con una cámara dermatoscópica, que envía imágenes de alta definición para ser evaluadas a distancia por especialistas dermatólogos, permitiendo el seguimiento de lesiones sospechosas o la derivación en caso necesario.

Otra de las unidades que se pueden adicionar es un electrocardiógrafo que tiene la posibilidad de conectarse a través de una red a la unidad de diagnóstico de telecardiología. La actuación puede ser síncrona, puesto que partimos de una aplicación de videoconferencia, o asíncrona dadas las necesidades del paciente y la disponibilidad del servicio, en este caso podrían hablar los especialistas con el paciente o cuidadores en un horario pactado previamente.

También se puede incorporar un otoscopio, que de la misma manera que el dermatoscopio pueden realizar diagnósticos de precisión a distancia.

Otro de los equipos es un esfigmomanómetro, que en forma electrónica es capaz de transmitir la información de la presión arterial.

Las subespecialidades pediátricas que pueden utilizar estas aplicaciones son muy numerosas, las únicas limitaciones vienen por la voluntad de los especialistas y la adaptación de las subespecialidades a la telemedicina.

2.9 Ancho de banda para equipos de telemedicina

Los equipos de telemedicina por lo general dejan un reporte sobre el performance de las vías de comunicación. Este reporte por lo general es transmitido en formato PDF. El formato PDF será almacenado en la computadora que se encuentra conectada al dispositivo a través de su puerto. El formato PDF pesa alrededor de 80 Kb y es transmitido a una velocidad de alrededor los 64 Kbps, este es un estándar de ancho de banda recomendado para ser usado en telemedicina. Los equipos electrónicos se pueden conectar a las computadoras del centro de salud a través del puerto serial desde donde se podrán transmitir hacia el centro de salud central. Esta unidad de auscultación usa un ancho de banda no muy grande de 19.6 Kbps. Estos equipos electrónicos al estar conectado a la computadora también podrán transmitir sus sonidos al sitio remoto a través de videoconferencia para obtener un mejor rendimiento.

Los archivos relacionados con el envío de datos clínicos e información del paciente, involucra archivos de tipo PDF y WORD, los cuales tienen un promedio

de un peso de 1 Megabytes. Por cada estudio se tiene un envío de 6 a 10 archivos en 15 minutos.

$$V_{ef} = \frac{1 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envio}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} * \frac{10 \text{ Envio}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ Usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario}$$

$$= 88.88 \text{ Kbps}$$

El peso aproximado de una imagen es de 2048*1536 pixeles, un zoom de 3x es de 1.5 Megabytes. Se estima que se requiere un envío de 4 imágenes por usuario en 15 minutos, en la siguiente ecuación se hallará la velocidad necesaria para esta aplicación.

$$V_{ef} = \frac{2 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envio}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} * \frac{4 \text{ Envio}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ Usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario}$$

$$= 71.1 \text{ Kbps}$$

Cuadro 3. Resumen del ancho de banda de la red telemedicina

	Ancho de banda (Kbps)/unidad	Unidad de centro de salud	Ancho de banda total (Kbps)
Videoconferencia	1024	5	5120
Equipos Electrónicos	19.6	5	98
Archivos	88.88	20	1777.6
Imagen	71.1	20	1422
		Total de ancho de banda	8417.6

Fuente: Elaboración propia

2.10 Plan de Canalización

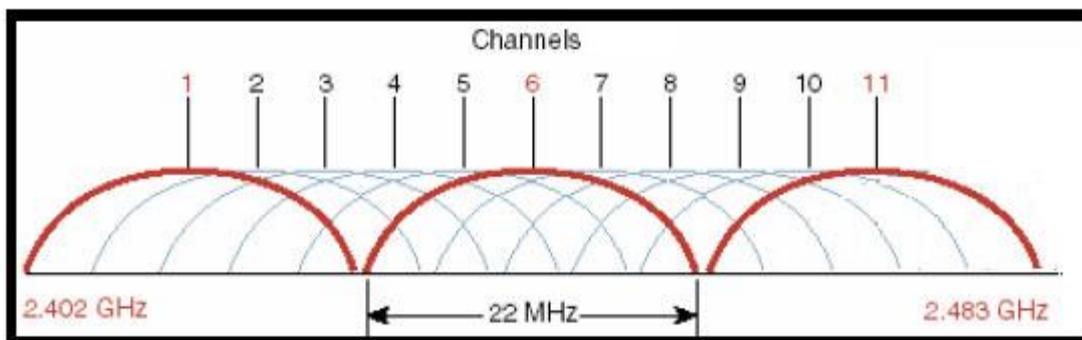
El estándar 802.11b especifica operación en la banda de 2.4 GHz permitiendo alcanzar velocidades de hasta 11 Mbps en tres canales sin sobre posición. Las implementaciones comerciales determinaron que los equipos de radio que operan en la banda de 2.4 GHz fueran más fácil de implementar y por lo tanto los productos 802.11b.

El estándar IEEE 802.11b define 11 canales (en América), donde cada canal transmitido tiene 22 MHz de ancho, con una separación entre canales de sólo 5 MHz. Esto da como resultado una sobre posición de canales, de tal manera que las señales de canales vecinos pueden interferir unas con las otras. En un sistema de 11 canales, hay sólo tres canales separados de 22 MHz que no se sobreponen (y por lo tanto, sin interferencia).

Estos canales son el 1, 6 y 11. Esta separación de canales determina el uso y la asignación de canales en un ambiente de múltiples APs tales como una oficina o campus, donde los Aps adyacentes están asignados a canales sin sobre posición.

Alternativamente, los Aps pueden ser colocados usando los Canales 1, 6, y 11 para enviar un ancho de banda de 33 Mbps a una sola área (pero 11 Mbps a un sólo cliente). El esquema de la asignación de los canales se detalla en la figura 9.

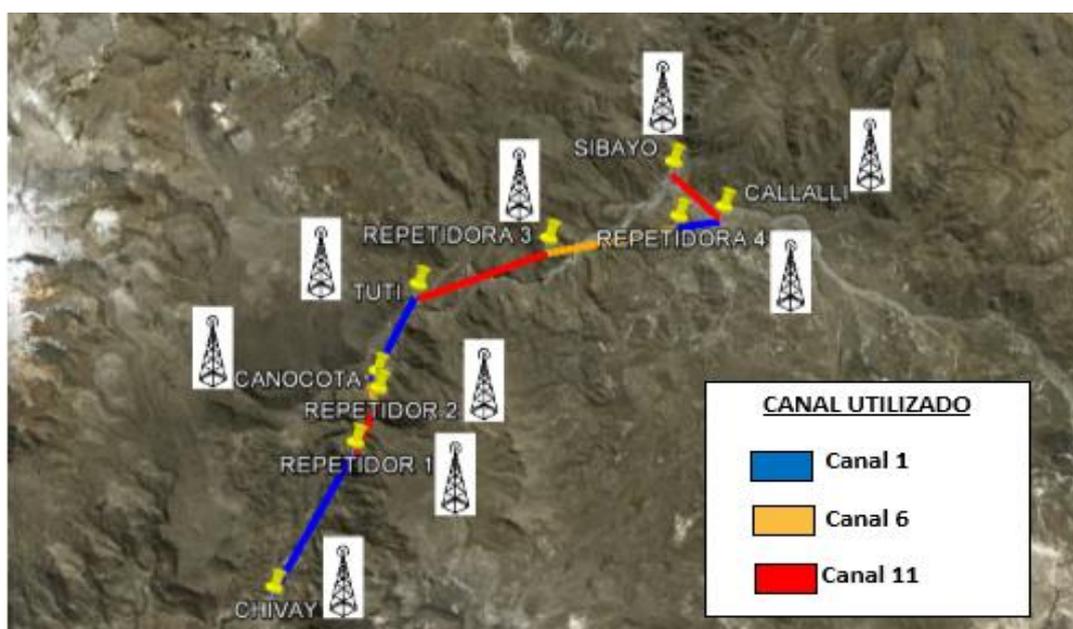
Figura 9. Distribución de canales



Fuente: https://es.wikibooks.org/wiki/Planificaci%C3%B3n_y_Administraci%C3%B3n_de_Nets/Texto_completo

En nuestro caso, debemos asegurar que no exista interferencia entre los canales utilizados en cada enlace, es por ello que planteamos la **reutilización de canales** de manera que cada estación terminal o repetidora utilice canales de transmisión diferentes a los utilizados por las estaciones adyacentes. Se muestra en la figura 10. El plan de canalización que tendrá la red:

Figura 10. REUTILIZACIÓN DE CANALES



Fuente: Elaboración Propia.

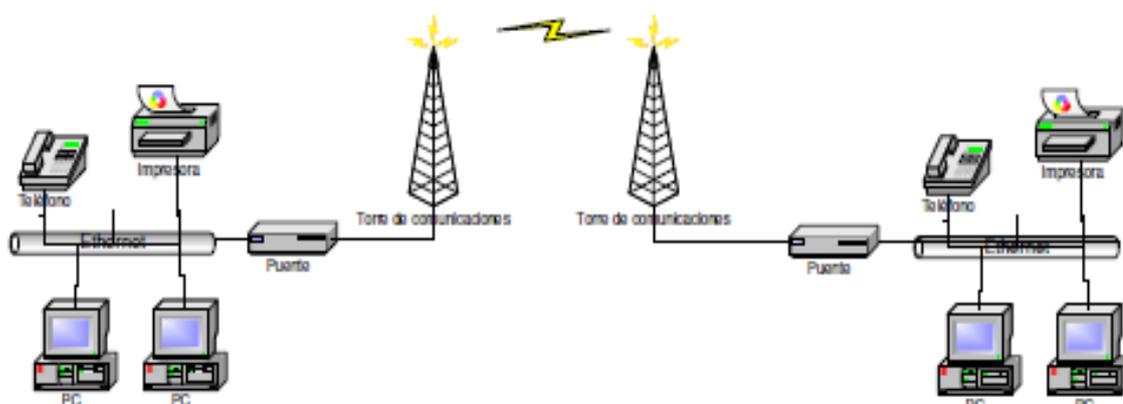
2.11 Arquitectura de la Red LAN/WAN

Una vez ya definidos los enlaces y verificado que el diseño cumpla con los requisitos para poder interconectar los establecimientos de Salud, se tiene como resultado una troncal de comunicación a través de enlaces inalámbricos digitales punto a punto de 11 Mbps bajo el estándar IEEE 802.11b, donde los establecimientos de salud representan nodos de la red.

Al momento de definir la topología se tiene que diferenciar dos tipos: topología lógica y topología física. En la red Caylloma, cada estación se interconecta con las adyacentes, por lo que se estaría hablando de una **topología física tipo bus**. Así mismo, la central administradora de la red se encontrará en la Chivay, ahí estarán ubicados el servidor de correo, servidor de red y servidor de aplicaciones, además de proveer en el futuro un punto de salida a Internet. En tal sentido se puede decir que dentro de una topología infraestructura, la red presenta **topología lógica tipo estrella**.

En la presente investigación no se incluirá el detalle de interconexión de Puestos con Centros de Salud, pero debido a que el estándar 802.11b se ajusta perfectamente a las redes Ethernet 10/100 base T, se puede adicionar concentradores en cada estación (figura 11) de manera que se pueda expandir la red. El único detalle a considerar será que no se debe sobrecargar el ancho de banda disponible, para ello primero se tendrá que hacer un estudio antes de adicionar equipos a la red.

Figura 11. Diagrama de interconexión de las redes LAN de las estaciones



Fuente: www.monografias.com/trabajos14/datos-redes/datos-redes.shtml

2.12 Selección de Equipos

2.12.1 Consideraciones para la selección de equipos

Las consideraciones que se deben tener a la hora de elegir los equipos son las siguientes:

- **Radio de cobertura:** La máxima distancia que las ondas de radiofrecuencia pueden alcanzar está en función de las características de diseño del transmisor y receptor; así mismo de la ruta por donde van a propagarse dichas ondas. La interacción con objetos sólidos, paredes e inclusive personas, afecta la propagación de energía y de esta forma disminuye el radio de cobertura del sistema inalámbrico.
- **Leyes de Diseño:** En el momento de diseñar una red LAN inalámbrica se toman en cuenta parámetros como potencia de

transmisión, alcance del enlace y frecuencia de trabajo. Estos parámetros se relacionan según lo siguiente:

- ✓ A mayor radio de cobertura, la tasa de transmisión es menor.
 - ✓ A mayor potencia de salida, el radio de cobertura es mayor, pero se incrementa a la vez el consumo de la energía de la batería de las estaciones móviles.
 - ✓ Mayor frecuencia de trabajo brinda mayor tasa de transmisión pero el radio de cobertura disminuye.
- **Rendimiento:** Al igual que los sistemas cableados, el rendimiento total de un sistema inalámbrico es producto de la capacidad y herramientas que posean los equipos. Para un mejor rendimiento los equipos deben tener la capacidad de identificar el tráfico existente sobre la red y de esta manera disminuir el tiempo de latencia y aumentar los niveles de performance.
 - **Simplicidad y facilidad de manejo:** Los usuarios no necesitan demasiada información para usar y tomar ventajas de una red LAN inalámbrica. Como el sistema operativo de red es transparente a los usuarios, todas las aplicaciones trabajan de la misma forma que en una red cableada, además todos los equipos LAN inalámbricos incorporan una variedad de herramientas de diagnóstico para dirigir los posibles problemas asociados; sin embargo, los equipos son diseñados para que los usuarios raramente hagan uso de esas herramientas.
 - **Seguridad:** puesto que la tecnología inalámbrica tiene sus raíces en aplicaciones militares, la seguridad ha sido un criterio fundamental

para el diseño de los dispositivos inalámbricos. Es extremadamente difícil para los receptores que no estén sincronizados adecuadamente, escuchar el tráfico inalámbrico. La compleja técnica de encriptación hace esto posible, de modo que ningún equipo sofisticado pueda conseguir acceder al tráfico de red. Para esto es necesario habilitar cada nodo para que trabaje en forma segura antes de que forme parte del tráfico de la red.

- **Costo:** Los gastos que involucran la implementación de una red LAN inalámbrica, incluyen tanto los costos por infraestructura (puntos de acceso inalámbricos o estaciones base a desplegar) como el número de usuarios que entrarán en la red. Los puntos de acceso se valorizan de acuerdo a la cobertura requerida y/o el número de usuarios a ser servidos, en tanto que los costos por instalación y mantenimiento de una red LAN inalámbrica es generalmente más bajo que para una red cableada por 2 razones fundamentales :
 - ✓ Las redes inalámbricas eliminan el costo directo por instalación de algún cableado y por la labor asociada a la reparación de los mismos.
 - ✓ Las redes inalámbricas hacen más sencillo la movilidad y cambios que deseen hacerse en la red, lo cual reduce indirectamente los costos por tiempo fuera de servicio de usuarios y cabecera administrativa.
- **Escalabilidad:** El diseño de una red inalámbrica puede ser elaborado de una manera simple o compleja, todo depende de las conexiones a realizar y de la topología del terreno, además puede soportar gran

número de nodos y/o conexiones con sólo agregar puntos de acceso para extender el área de cobertura.

- **Tiempo de vida:** Todos los equipos inalámbricos son diseñados y fabricados para que sus baterías desarrollen un consumo mínimo y así tener mayor duración. De esta manera los equipos transceptores siempre están en Estado de reposo y sólo se ponen en servicio cuando arriba una señal a su canal de entrada.
- **Cuidado:** La potencia de salida de un sistema LAN inalámbrico es muy baja, inclusive mucho menor que del sistema celular, por ello existe muy poca exposición de energía de radiofrecuencias en aquellas áreas que conforman el sistema inalámbrico; además las ondas de radio se atenúan rápidamente con la distancia. Todos los equipos deben cumplir con las leyes y regulaciones industriales como medida de seguridad y por lo demás se ha afirmado que no existe ningún efecto en contra de la salud que se deban a las redes LAN inalámbricas.

2.12.2 Equipos elegidos

- **Tarjeta inalámbrica**

La tarjeta inalámbrica escogida es la tarjeta PCMIA 2511CD PLUS EXT2 (figura 12) marca Senao, esta tarjeta es perfecta para uso en larga distancia donde las tarjetas normales no logran conectarse, posee 2 conectores de antena exterior tipo MMCX, que brinda máxima flexibilidad y libertad para conectar antenas direccionales con diversas ganancias y con lo que conseguiremos muchas más

prestaciones, como diversidad de espacio por ejemplo. Sus 23 dBm (200 mW) de potencia de transmisión permiten lograr enlaces de gran cobertura, casi 4 veces más que las tarjetas inalámbricas convencionales. Posee velocidades de comunicación inalámbrica de hasta 11 Mbps y es compatible con el estándar 802.11b, estándar utilizado para los enlaces inalámbricos de nuestra red.

**Figura 12. Pcmcia Card with Two Antenna Jacks 2511cd
Plus Ext2 (200mw)**



Fuente: http://www.ebay.com/itm/SENAO-NL-2511CD-PLUS-EXT2-200mW-OEM-Wireless-WIFI-card-/271016072815?_ul=BO

Una ventaja adicional, es el bajo costo que tiene en el mercado actual, lo cual la posiciona en una de las mejores tarjetas inalámbricas del mercado. Pero hoy en día estamos inmersos en un mercado tan competitivo, conformado por diversas empresas de

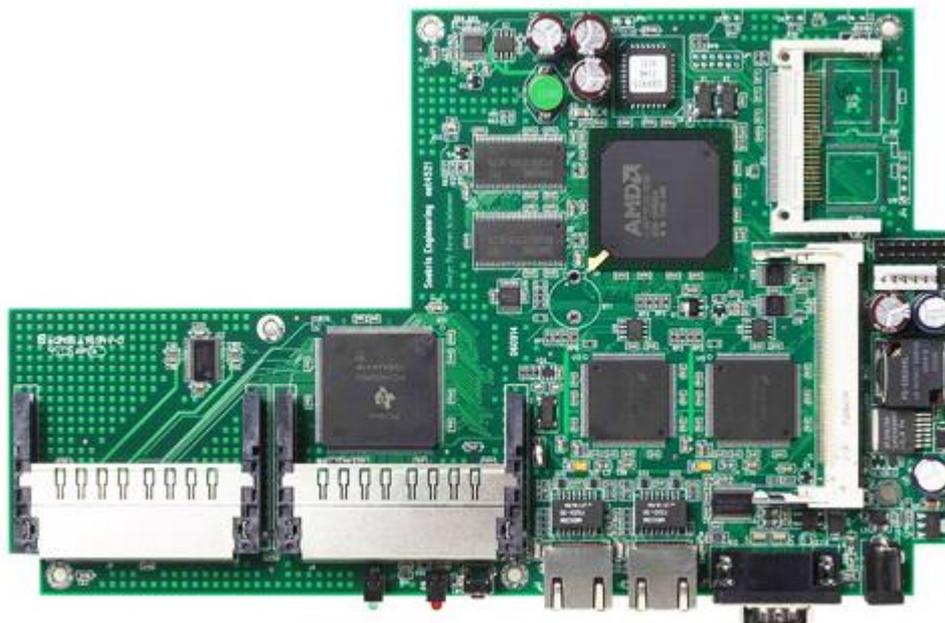
gran prestigio, con una diversidad de productos de diferentes marcas y precios, puede surgir la siguiente pregunta:

Porqué utilizamos la tarjeta inalámbrica Senao y no otras como Cisco, Orinoco, Demarc, etc. La respuesta es simple, la mayoría de Chipsets no están disponibles o tienen restricciones de licencia para utilizar sus drivers. En el caso de las tarjetas Senao, los drivers se encuentran disponibles en la web. Adicionalmente, tenemos que recalcar el bajo costo que tiene actualmente en el mercado contraponiendo las ventajas que posee como sus 200mW de potencia de transmisión y la opción de diversidad de espacio.

- **Router**

Esta avanzada computadora de comunicación (figura 13), basada en un procesador de 133Mhzx486, se caracteriza por tener bajo costo, modelo compacto y bajo consumo de potencia, características que nos confirman que es una buena elección para su uso en comunicaciones rurales.

Figura 13. Soekris Engineering Net4521 Wireless Router



Fuente: <http://bydogvind.dk/products/net4521/net4521.html>

Tiene dos puertos 10/100 Ethernet, 64 Mb de memoria SDRAM y usa un módulo de memoria de tipo CompactFlash para almacenamiento y procesamiento de datos.

Puede expandirse utilizando 2 puertos para tarjetas de tipo MiniPCI y dos adaptadores para tarjetas de red PC-Card.

Ha sido optimizada para su uso como Router inalámbrico utilizando los adaptadores PCCard, la tarjeta ha sido diseñada para una larga vida y bajo consumo de potencia.

Especificaciones técnicas:

- ✓ 100/133 Mhz AMD ElanSC520
- ✓ 16-64 Mb SDRAM, soldada en tarjeta
- ✓ 1 Mbit BIOS/BOOT Flash

- ✓ CompactFLASH Type I/II socket, 8 Mb FLASH to 4 Gb
Microdrive
- ✓ 1-2 puertos 10/100 Mbit Ethernet, RJ-45
- ✓ 1 puerto Serial, DB9.
- ✓ LED de encendido, LED de actividad, LED de Error
- ✓ Mini-PCI type III socket. (p.e. para hardware de encriptación)
- ✓ 2 ranuras PC-Card/Cardbus , para adaptadores inalámbricos
- ✓ 8 bit de propósito general I/O
- ✓ Hardware watchdog
- ✓ Tamaño de tarjeta 9.2" x 5.7"
- ✓ Alimentación externa 11-56V DC, 14 Watt máx.
- ✓ Opción para alimentación de 5V con conector interno
- ✓ Temperatura de operación 0-60 °C

Software:

- ✓ comBIOS para headless completo sobre puerto serial
- ✓ PXE memoria para arranque sin disco
- ✓ Diseñado para FreeBSD, NetBSD, OpenBSD and Linux
- ✓ Corre la mayoría de sistemas operativos en tiempo real

En este caso también surgiría la pregunta, por qué no utilizar en el proyecto bridges comerciales como Orinoco COP/ROR, Cisco 350, Dlink DWL-900+, etc. Y la respuesta es que, mientras que los bridges comerciales son mucho más baratos que los routers hechos a la medida, ellos tienen una serie de desventajas:

Primero, cada fabricante utiliza su propio protocolo de ruteo, no compatible con otras marcas (eso determina el uso de un sólo proveedor).

Segundo, la tarjeta escogida permite ilimitadas funcionalidades, tales como QoS, creación de protocolos de ruteo y expansión de la seguridad, no es necesario esperar por la actualización del firmware de seguridad, nosotros podemos realizarlo por nuestra cuenta. Esto nos da una gran flexibilidad en la red.

- **ANTENA ODU – IDU RADWIN WINLINK 1000**

Figura 14. Tipo de enlaces microondas WinLink 1000



Fuente: Radwin

Especificaciones técnicas:

- ✓ Arquitectura ODU: Unidad de exteriores ODU (Outdoor Unit) o unidad conectorizada para antena externa

- ✓ IDU: Unidad de interiores IDU (Indoor Unit) o dispositivo PoE Interfaz IDU a ODU.
- ✓ Cable de exteriores CAT-5e; longitud máxima del cable: 100m
- ✓ Radio Alcance Hasta 80 km/50 millas
- ✓ Bandas de frecuencia 2,302-2,900 GHz y 4,940-6,030 GHz
- ✓ Radios multibanda soportadas Capacidad Rendimiento neto hasta 22 Mbps full dúplex
- ✓ Ancho de banda del canal 5/10/20 MHz*
- ✓ Potencia de Tx máxima Hasta 27 dBm*
- ✓ Codificación y modulación adaptativa Soportada.

- **Cable Coaxial**

El cable elegido para los diseños de enlaces es el cable coaxial Heliax marca Andrew, caracterizado por su contextura liviana y baja atenuación. El valor del factor de atenuación del cable Heliax a la frecuencia de 2.4 Ghz es igual 12.5 dB/ 100 m.

Figura 15. Tipo de Cable coaxial Heliax



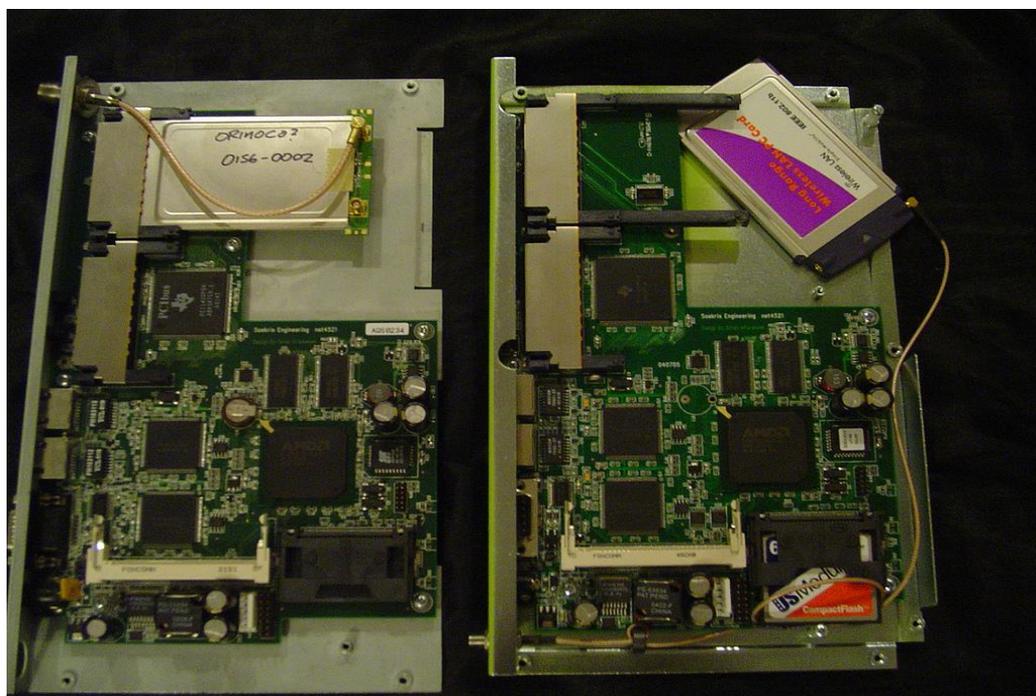
Fuente: <https://www.rfparts.com/coax/heliaxcoax.html>

2.13 Equipamiento general de la red

2.13.1 Composición de los equipos de comunicación por estación

Tanto las estaciones, terminales y repetidoras, albergarán tarjetas inalámbricas que permitirán la retransmisión con la estación siguiente, así mismo estarán equipadas con un router inalámbrico, que como vimos anteriormente, soporta hasta tres tarjetas inalámbricas (2 slots Pc-Card/Cardbus y un slot MiniPCI) permitiendo que cualquier estación pueda tener hasta 3 enlaces. En nuestra red será necesario utilizar sólo dos tarjetas por estación ya sea terminal o repetidora, la conexión de una tarjeta se muestra en la figura 16:

**Figura 16. Tarjeta De Red Inalámbrica Montada En La Placa
Del Router Oekris**



Fuente: <https://hiveminer.com/Tags/soekris>

2.13.2 Configuración general por estación

En la siguiente sección se presenta la configuración de cada una de las estaciones. Para el diseño se considera que las estaciones terminales: C.S. CHIVAY, P.S. CANOCOTA, P.S. TUTI, C.S. CALLALLI, P.S. SIBAYO, En las estaciones no existe infraestructura alguna por ello se debe realizar la construcción de toda la estación, en este caso, todas las estaciones repetidoras contarán con la caseta, el cerco perimétrico y la torre.

El diseño de la estación y la ubicación de la torre deben estar precedidos de un estudio de campo, es decir una visita al lugar donde estará ubicada cada estación para delimitar y estudiar el terreno. Se mostrará dos configuraciones básicas y generales de estaciones, una para estaciones alimentadas por energía solar (estaciones repetidoras) y la otra, para estaciones que tengan alimentación de la red AC (estaciones terminales), la diferencia entre ambas configuraciones radica en la ubicación de los paneles y la sala de energía requerida para albergar los equipos de alimentación.

Para el caso de estaciones solares, los paneles solares están ubicados a un lado de la caseta, es posible también colocarlos sobre el techo de la estación, en caso no haya espacio disponible en la estación.

- **Estación Terminal:**

En las 5 estaciones terminales se instalarán los siguientes equipos:

- ✓ 2 Equipo de Informática
- ✓ 1 Placa router inalámbrico
- ✓ 1 o 2 Tarjetas de red inalámbricas
- ✓ 1 Protector de línea
- ✓ Cables
- ✓ Elementos de red eléctrica

Como equipos de informática se define al CPU, monitor, teclado, ratón e impresora. Como elementos de la red eléctrica se toman al estabilizador, la regleta y llaves termomagnéticas.

- **Estación Repetidora:**

Las 4 estaciones repetidoras contarán con las siguientes instalaciones:

- ✓ 1 Placa router inalámbrico
- ✓ 2 Tarjetas de red inalámbricas
- ✓ 1 Protector de línea
- ✓ Cables

En este caso, la placa del router inalámbrico y las tarjetas de red se alojan en una caja de fibra de vidrio resistente al agua y a climas hostiles. Esta caja ha sido diseñada especialmente para exteriores, posee agujeros para los conectores de las antenas y es fácil de instalar. La caja puede albergar hasta 3 placas Soekris para futuras expansiones, es decir hasta 9 tarjetas de red inalámbrica.

Adicionalmente, tiene agujeros para leds indicadores provenientes de la placa, para una señalización exterior.

Las configuraciones de las estaciones son relativas, ya que para cada caso se deberá realizar el respectivo estudio de campo. En general, la instalación final se verá como en la figura 17.

Figura 17. Instalación Típica



Fuente: <https://hiveminer.com/Tags/soekris>

2.14 Sistema de alimentación

En esta sección se describirá el sistema de alimentación para cada una de las estaciones.

Los sistemas de alimentación propuestos para el proyecto se clasifican en dos tipos: el primero se compone de un equipo de alimentación DC derivado de la red AC. Y el segundo se compone de un sistema de energía DC. En EL Cuadro 4. Se muestra la distribución de las estaciones por sistema de alimentación.

Cuadro 4. Distribución De Las Estaciones Por Sistema De Alimentación

Estaciones con alimentación AC/DC	Estaciones con alimentación AC/DC
REPETIDOR 1	CS. CHIVAY
REPETIDOR 2	PS. CANOCOTA
REPETIDOR 3	PS. TUTI
REPETIDOR 4	CS. CALLALLI
	PS. SIBAYO

Fuente: Elaboración propia

Las estaciones con alimentación AC son estaciones que están conectadas a redes de distribución de energía o lugares que generan su propia energía. Hay que recalcar, que en las estaciones repetidoras aún no se cuenta con recursos de la red eléctrica, pero para fines de este estudio, podemos afirmar que las estaciones terminales cuentan con energía eléctrica generada por la empresa de seal.

2.14.1 Descripción de los sistemas

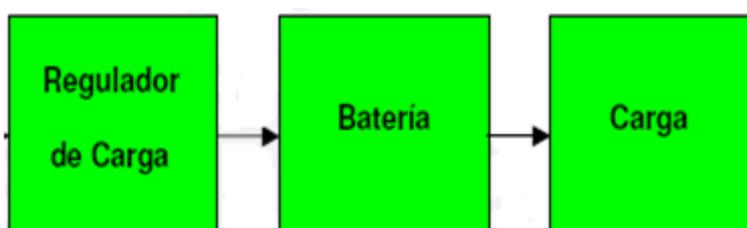
El primer sistema, el equipo de alimentación DC opera de la siguiente manera:

El cargador rectificador recibe normalmente energía de la red AC a través de un panel de transferencia automática y luego suministra energía DC al equipo de comunicación, mientras hace simultáneamente la carga en flotación del banco de baterías. Se suministra energía DC sin interrupciones a los equipos de comunicación a través de descarga de baterías. El equipo de alimentación DC consta principalmente de las baterías y el cargador rectificador.

Un banco de baterías tendrá la capacidad suficiente para suministrar energía DC a los equipos de comunicaciones por 120 horas a temperatura ambiente de 25°C.

El sistema de energía voltaico está formado por el regulador de carga de baterías y las baterías como se muestra en la figura 18:

Figura 18. SISTEMA DE ENERGÍA VOLTAICO DC



Fuente: Elaboración Propia

- **Reguladores:**

Existen diversos tipos de reguladores de carga, el diseño más simple es aquel que involucra una sola etapa de control. El regulador monitorea constantemente la tensión de batería. Cuando dicha tensión alcanza un valor para el cual se considera que la batería se encuentra cargada, (aproximadamente 48 Voltios para una batería secas de 12 Voltios nominales), el regulador interrumpe el proceso de carga.

Esto puede lograrlo abriendo el circuito entre los módulos voltaicos y la batería (control tipo serie). Cuando el consumo hace que la batería

comience a descargarse y por lo tanto a bajar su tensión, el regulador reconecta al servicio AC y vuelve a comenzar el ciclo.

En el caso de reguladores de carga cuya etapa de control opera en dos pasos, la tensión de carga a fondo de la batería puede ser algo mayor a 14,1 voltios.

Figura 19. Módulo de rectificador DC 48 VDC



Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/48v-ac-dc-telecom-rectifier-for-power-supply-48v-50a-100a-150a-200a-60347972011.html>

El regulador queda definido especificando su nivel de tensión (que coincidirá con el valor de tensión del sistema) y la corriente máxima que deberá manejar.

- **Baterías:**

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación voltaico, es la de acumular la energía que se produce durante las horas de energía AC.

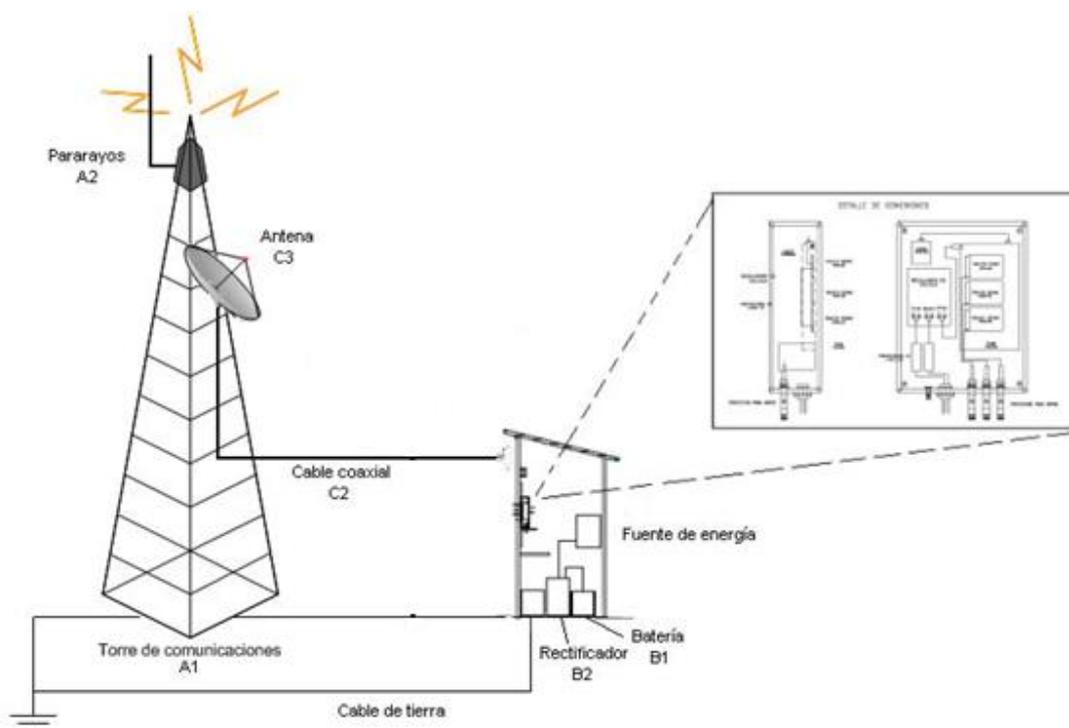
Otra importante función de las baterías, es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo voltaico puede entregar.

Figura 20. Batería 12 v 150ah de Plomo Ácido Seco



Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/high-performance-lead-acid-gel-battery-12v150ah-mf-gel-battery-front-terminal-telecommunication-battery-12v-150ah-wholesale-60371770575.html>

Figura 21. Instalación del sistema DC Power



Fuente: <https://www.slideshare.net/RODRIGOTR2000/33841146-protocoloinstalacionrbsericssongsm2106v3>

2.15 Análisis de costos

Se procede a analizar los costos iniciales que demandará desplegar la red de telemedicina propuesta en los capítulos anteriores. Para facilidad de evaluar costos, se evaluará costos de cada red a implementarse en el sistema iniciando con el principal del radio enlace IP. También se tomará en cuenta los el costo de personal de instalación de los dispositivos tanto de la parte técnica como de ingeniería. Vale la pena recordar que no se evalúa rentabilidad del proyecto e ingresos dado el carácter social de este proyecto que busca ayudar a mejorar la atención sanitaria en la provincia de Caylloma y por lo tanto este proyecto

debería ser solventado por algún ente del estado como el MINSA y apoyado por dichos entes para su implementación y funcionamiento adecuado.

Cuadro 5. EVALUACIÓN COSTOS DE RADIO ENLACE

	Precio unitario (\$)	cantidad	costo total (\$)
Equipo ODU: WL1000-ODU	1200	16	19200
Equipo IDU-C 4 puertos Ethernet + 2 E1	900	16	14400
		SUMA TOTAL	33600

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6. EVALUACIÓN COSTOS DE VIDEOCONFERENCIA IP

	Precio unitario (\$)	cantidad	costo total (\$)
Videoconferencia IP: Sony PCS-TL30	3450	5	17250
		SUMA TOTAL	17250

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. EVALUACIÓN COSTOS DE RED LAN EN CENTRO DE SALUD

	Precio unitario (\$)	cantidad	costo total (\$)
Tarjeta PCMIA 2511CD PLUS EXT2	80	18	1440
Soekris Engineering Net4521 Wireless Router	300	18	5400
Cable coaxial Heliax marca Andrew	14.89	300	4467
		SUMA TOTAL	11307

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 8. EVALUACIÓN COSTOS DE RED DC POWER

	Precio unitario (\$)	cantidad	costo total (\$)
Rectificador 48 VDC	1000	9	9000
Baterias 12v 150 AH	100	9	3600
		SUMA TOTAL	12600

Fuente: Elaboración propia

2.15.1 Costo de instalación de la red de telemedicina.

Los costos a tomar en la instalación serán mediante una contrata, para hacer instalaciones se tomaran las respectivas normas de instalación de torres y sus parámetros, bastará contar con ayuda de uno ingeniero en telecomunicaciones y 4 técnicos en telecomunicaciones. En este caso se tomara solo precio del proyecto, no el precio por personal.

Cuadro 9. EVALUACION COSTO DE INSTALACION DE LA RED DE TELEMEDICINA

	Precio unitario del enlace(\$)	Precio total (\$)
Instalación de los 8 radio enlaces de la red de telemedicina	1500	12000

Fuente: Elaboración propia

2.15.2 Costo operación y mantenimiento de la red de telemedicina.

Los costos de operación y mantenimiento de la red telemedicina, dependen del uso que se le den a los diversos elementos así como el cuidado que se tenga al usarlos. Para estos costos de operación básicamente dividirán en dos:

1. Monitoreo, se encargaran de monitorear los parámetros de radio enlace el cual constituye, la verificación de la transmisión y recepción del radio enlace, la reutilización de frecuencias, la relación señal ruido, contara de un especialista en trasmisiones o ing. De telecomunicaciones.
2. Mantenimiento, se encargaran del mantenimiento mensual de indoor y outdoor de las estaciones base de la comunicación, para poder tener un buen mantenimiento de la red ante posibles fallas del sistema para que puedan ser arreglados cuanto antes, y verificar si algún equipo no está funcionando adecuadamente, se contara con 3 técnicos de telecomunicaciones.

Cuadro 10. EVALUACIÓN COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED TELEMEDICINA

	Costo mensual(\$)
Ingeniero o monitor de la red	1300
Personal técnico eléctrico	570
Personal técnico telecomunicaciones	680
Personal técnico mantenimiento	470
Total	3020

Fuente: Elaboración propia

En los siguientes cuadros se mostrara el presupuesto final de la inversión del proyecto y el presupuesto mensual para el manejo de las operaciones y mantenimiento de la red de telemedicina.

Cuadro 11. EVALUACIÓN COSTO TOTAL DE INVERSION DE LA RED TELEMEDICINA

	Precio (\$)
Costo de Radio Enlace	33600
Costo de Videoconferencia IP	17250
Costo de la Red LAN	11307
Costo de la Red DC	12600
Instalación del proyecto de la red de telemedicina	12000
COSTO TOTAL PROYECTO	86757

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 12. EVALUACIÓN COSTO MENSUAL PARA EQUIPO TECNICO

	Costo mensual(\$)
Equipo técnico de operaciones y mantenimiento de la red de telemedicina	3020

Fuente: Elaboración propia

2.16 CONCLUSIONES

- Se realizado y mejoro en el presente proyecto, En la provincia de Caylloma que evidencia carencias básicas como son limitación de los sistemas de comunicación y servicios básicos de atención médica inmediata.
- Se obtuvo un estudio en los servicios de medicina que son la principal carencia en los centros de salud de Caylloma.
- Se mejoró cada punto de la comunicación en base a las aplicaciones y servicios que nos da las tecnologías de la información.

2.17 RECOMENDACIONES

- Se ha desarrollado el diseño de los enlaces entre establecimientos de salud que conforman cabeceras de micro red en el tramo Chivay – Canocota – Tuti – Callalli - Sibayo, debido a que éstos son puntos de concentración de la información. Sin embargo, es imprescindible como etapa siguiente, realizar el diseño de los enlaces entre los establecimientos de salud restantes en la región, de manera que se tenga una cobertura total para la red de salud del micro red de Caylloma.
- Los presupuestos asignados para la región son escasos, no bastan para cubrir sus principales necesidades. Es por ello, que se debe buscar y fomentar la inversión privada, así como nuevos proyectos para impulsar y promover un creciente desarrollo de la región.

CAPÍTULO III:
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

3.1 LIBROS

- **CALCULO DE RADIOENLACE AUTOR: SEBASTIAN BUETTRICH, WIRE.LESS.DK. EDITADO POR: ALBERTO ESCUDERO PASCUAL, IT +46 TRADUCIDO POR: ASOCIACIÓN CIVIL NODO TAU.**
- **PRINCIPIO DE COMUNICACIONES. JOSE E. BRICEÑO MARQUEZ.**

3.2 PÁGINAS WEB

- **GESTIÓN-SANITARIA**
<http://www.gestion-sanitaria.com/3-telemedicina.html>
- **RADIOENLACES MICROONDAS EN BANDA LICENCIADA**
<http://www.telequismo.com/2012/07/radioenlaces-microondas-en-banda.html/>
- **APLICACIONES DE TELECOMUNICACIONES EN SALUD EN LA SUBREGION ANDINA**
<http://www.orasconhu.org/documentos/libro%20telemedicina.pdf>

3.3 MANUALES

- **MANUAL DE CALCULO DE COBERTURA CON RADIO MOBILE AUTOR: ISMAEL PALLEJERO.**

CAPÍTULO IV:
GLOSARIO DE TÉRMINOS.

4.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS

AC: Corriente Alterna

APs: Asignación De Canales En Un Ambiente De Múltiples

At, Ar: Atenuación del cable en la transmisión y recepción

At: Atenuación del cable de transmisión

Cámara dermatoscópica: Una Cámara Compacta avanzada usada en medicina

CR: Radiografías Computarizadas.

D: Distancia en Km

DC: Corriente Continúa

DC Power: Energía De Corriente Continua

Electrocardiógrafo: Es Un Aparato Electrónico Que Capta Y Amplía La
Actividad Eléctrica Del Corazón

Estetoscopios electrónicos: Llamado Fonendoscopio, Es Un Aparato Acústico
Usado En Medicina

Esfigmomanómetro: Instrumento Para Medir La Fuerza Y Frecuencia Del
Pulso.

F: Frecuencia en GHz

Factor K: La refracción atmosférica

Gtx: Ganancia de la antena de transmisión en dBi

Gtx, Grx: Ganancia de las antenas

IDU's: (*Indoor Device Unit*).

LOS: línea de vista (*Line of Sight – LOS*)

MINSA: Ministerio de Salud del Perú

MTC: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

ODU's: (*Outdoor Device Unit*).

Otoscopio: Instrumento para explorar el órgano del oído

Pb: Perdida de espacio libre en dB

PIRE: Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

Pr: Potencia recibida en la entrada del receptor en dBm

Pout: Potencia de salida del equipo transmisor en dBm

QoS: Calidad De Servicio

Rectificador DC: Es El Elemento O Circuito Que Permite Convertir La Corriente
AC A DC

UCI: Unidad De Cuidados Intensivos

Watchdog: Perro Guardián

CAPÍTULO V:
ANEXOS.

5.1 FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL RADIOENLACE

Fórmula.1. Distancia entre dos puntos de la Tierra¹

Fórmula 2. Curvatura de la Tierra

Fórmula 3. Radio de la Primera Zona de Fresnel

Fórmula 4. Altura de Antenas 1

Fórmula 5. Altura de Antena de Transmisión

Fórmula 6. Altura de Antena de Recepción

Fórmula 7. Altura de Antenas 2

Fórmula 8. Despejamiento de la Zona de Fresnel

Fórmula 9. PIRE Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

Fórmula 10. Pb Perdida de espacio libre

Fórmula 11. Pr Potencia recibida en la entrada del receptor

CAPÍTULO VI:

ÍNDICES.

6.1 ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Estructura De Un Radioenlace	8
Figura 2. Trayecto En Línea De Vista	9
Figura 3. Horizonte De Radio Y Horizonte Óptico	10
Figura 4. Radio De La Primera Zona De Fresnel	13
Figura 5. Altura De Antenas	15
Figura 6. Recorrido De Cable Coaxial	29
Figura 7. Sistema De Telerradiología	44
Figura 8. Sistema De Telepediatría	46
Figura 9. Distribución De Canales	51
Figura 10. Reutilización De Canales	51
Figura 11. Diagrama De Interconexión De Las Redes LAN De Las Estaciones	53
Figura 12. Pcmcia Card with Two Antenna Jacks 2511cd Plus Ext2 (200mw)	57
Figura 13. Soekris Engineering Net4521 Wireless Router	59
Figura 14. Tipo De Enlaces Microondas Winlink 1000	61
Figura 15. Tipo De Cable Coaxial Heliax	62

Figura 16. Tarjeta De Red Inalámbrica Montada En	
 La Placa Del Router Oekris	63
Figura 17. Instalación Típica	66
Figura 18. Sistema De Energía Voltaico Dc	68
Figura 19. Módulo De Rectificador DC 48 VDC	69
Figura 20. Batería 12 V 150ah De Plomo Ácido Seco	70
Figura 21. Instalación Del Sistema DC Power	71

6.2 ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Plan De Enrutamiento	17
Cuadro 2. Cálculo De Longitud De Cable Coaxial Para Las Estaciones	29
Cuadro 3. Resumen Del Ancho De Banda De La Red Telemedicina	49
Cuadro 4. Distribución De Las Estaciones Por Sistema De Alimentación	67
Cuadro 5. Evaluación Costos De Radio Enlace	72
Cuadro 6. Evaluación Costos De Videoconferencia Ip	72
Cuadro 7. Evaluación Costos De Red Lan En Centro De Salud	72
Cuadro 8. Evaluación Costos De Red Dc Power	73
Cuadro 9. Evaluación Costo de instalación de la red de telemedicina	73
Cuadro 10. Evaluación Costo operación y mantenimiento de red	75
Cuadro 11. Evaluación Costo total de la inversión de la red	75
Cuadro 12. Evaluación Costo mensual para equipo técnico	75