

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**Diseño de una red rural de telecomunicación para aplicación en
educación asistida por tecnología web en Purús -Ucayali**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero de las Telecomunicaciones**, que presenta el
bachiller:

Cynthia Karla Villena Avila

ASESOR: Ing. David Chávez Muñoz

Lima, mayo de 2014

Resumen

Debido al grado de aislamiento que presenta la localidad de Purús, se ha encontrado que su sector educativo se ve bastante afectado. Sus centros educativos retrasan el inicio de clases debido a que los materiales educativos proveídos por el Estado no llegan a tiempo, lo cual genera el ausentismo de los alumnos y profesores.

En este contexto, se plantea realizar el diseño de una red troncal y de distribución basados en tecnología *WiFi based Long Distance – WiLD*, una variante del tradicional *WiFi*, que permita a las estaciones clientes, ubicadas en los colegios, el acceso a Internet.

Mediante ello se brindará acceso a información educativa actualizada y de calidad, haciendo uso de las Tecnologías de Información y Comunicación.

Asimismo, se propone el financiamiento del proyecto a través del FITEL (Fondo de Inversión en Telecomunicaciones), lo que permitirá el beneficio de la educación de Purús.

Dedicatoria

A Dios,

A mis padres Rodolfo Villena y Ariela Avila,

A mis hermanas Pilar Villena y Milagros Villena,

A mis abuelos paternos Carlos Villena y Dominga Mantilla,

A mis abuelos maternos Pedro Avila y Consuelo Crispín,

A mis tíos y primos,

A mi novio Diego Quezada.



Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a Dios, por permitirme cumplir este sueño y darme la fuerza y salud necesaria para alcanzarlo.

A mis padres, por su constante amor, apoyo, esfuerzo y sacrificio, que al igual que yo soñaron con verme lograr este objetivo.

A mis hermanas, por sus consejos, apoyo y amor constante. Y porque siempre las tengo presentes en cada paso que doy para avanzar juntas.

A mis abuelos, porque gracias a su sabiduría influyeron en mí para lograr todos los objetivos que me propuse. A los que están conmigo y a los que están en el cielo, muchas gracias porque su presencia y enseñanzas siempre influyeron en mí.

A tíos y primos, mucha gracias por ser partícipes de mi formación personal.

A mi novio, por su apoyo constante y sacrificar su tiempo y sueños para ayudarme a cumplir el mío.

A mi asesor y profesores, por todas las enseñanzas brindadas en la maravillosa etapa universitaria que viví dentro de esta casa de estudios.

A mis amigos y a todas las personas que me apoyaron de alguna u otra manera con opiniones y conocimientos que me permitieron nutrir esta tesis.

Gracias a todos por ayudarme y motivarme a cumplir este sueño.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Tecnología WiLD – WiFi based Long Distance	2
1.1. Tecnologías Inalámbricas para comunicaciones rurales	2
1.1.1. WIFI	2
1.1.2. VHF.....	3
1.1.3. HF	4
1.1.4. WIMAX (IEE 802.16).....	5
1.1.5. VSAT	6
1.2. WiFi based Long Distance (WiLD)	7
1.2.1. Dificultades del uso de <i>WiFi</i> en enlaces de largas distancias.....	7
1.2.1.1. Capa Física	8
1.2.1.2. Capa MAC.....	9
1.2.2. Soluciones para trabajar con WiFi en enlaces de largas distancias.....	10
1.2.2.1. WiLD-EDCA	10
1.2.2.2. WiLD-MAC	12
1.2.2.3. Comparación entre WiFi, WiLD-MAC y WiLD-EDCA	13
Capítulo 2: Necesidades de Comunicación en Purús - Ucayali	15
2.1. Información general de la provincia de Purús	15
2.2. Análisis socioeconómico de la provincia de Purús	17
2.2.1. Ámbito Social	17
2.2.2. Ámbito Económico	18
2.3. Educación.....	19
2.3.1. Instituciones Educativas del Purús.....	20
2.4. Servicios de Telecomunicaciones	25
Capítulo 3: Diseño de la Red Educativa del Purús - Puerto Esperanza, Conta, Nueva Esperanza y Balta	27
3.1. Generalidades de la red.....	27
3.2. Topología y descripción de la red	27
3.3. Red Troncal	30
3.3.1. Simulación de Radioenlaces	31
3.3.2. Equipos de telecomunicaciones	33
3.3.3. Distribución de Equipos de telecomunicaciones de la Red Troncal	33
3.4. Red de Distribución.....	36
3.4.1. Simulación de Radioenlaces	36
3.4.2. Equipos de telecomunicaciones	39
3.4.3. Equipos de cómputo	39
3.4.4. Distribución de Equipos de telecomunicaciones y cómputo en la Red de Distribución.....	40
3.5. Sistemas de energía	44
3.6. Sistema de protección eléctrica	45
Capítulo 4: Plataforma Educativa basada en Moodle	46
4.1. Antecedentes.....	46
4.2. Learning Management System (LMS).....	46
4.3. LMS Comerciales.....	47
4.3.1. Blackboard	47
4.4. LMS de Software Libre	48
4.4.1. Dokeos.....	48
4.4.2. Claroline.....	49
4.4.3. Moodle	50

Capítulo 5: Análisis de Operación, Mantenimiento y Presupuesto de la red	52
5.1. Generalidades	52
5.2. Administración de la red.....	53
5.3. Operación de la red	53
5.4. Mantenimiento de la red	54
5.4.1. Mantenimiento Preventivo	54
5.4.2. Mantenimiento Correctivo	55
5.5. Presupuesto.....	56
5.5.1. Costos de Equipos e Infraestructura	56
5.5.2. Operación y Mantenimiento.....	62
5.6. Financiamiento del Proyecto.....	63
Conclusiones.....	64
Recomendaciones.....	65
Bibliografía	66



Índice de Figuras

FIGURA 1-1: COMPARACIÓN DEL THROUGHPUT ENTRE WiLD-EDCA, WiFi Y WiLD-MAC	13
FIGURA 1-2: COMPARACIÓN DEL RETARDO PROMEDIO ENTRE WiLD-EDCA, WiFi Y WiLD-MAC	13
FIGURA 2-1: NUCLEOS DINAMIZADORES DE LA PROVINCIA DE PURÚS	16
FIGURA 3-1: UBICACIÓN DE NODOS Y REPETIDORES	29
FIGURA 3-2: TOPOLOGÍA DE LA RED	30
FIGURA 3-3: SIMULACIÓN DEL ENLACE NODO PUERTO ESPERANZA – REPETIDOR SAN MARCOS	31
FIGURA 3-4: SIMULACIÓN DEL ENLACE REPETIDOR SAN MARCOS – REPETIDOR NUEVA LUZ	32
FIGURA 3-5: SIMULACIÓN DEL ENLACE REPETIDOR NUEVA LUZ – NODO BALTA	32
FIGURA 3-6: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN PASARELA.....	34
FIGURA 3-7: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN REPETIDORA SAN MARCOS	34
FIGURA 3-8: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN REPETIDORA NUEVA LUZ	35
FIGURA 3-9: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN BALTA	35
FIGURA 3-10: SIMULACIÓN DEL ENLACE NODO PUERTO ESPERANZA – C.E. PUERTO ESPERANZA.....	37
FIGURA 3-11: SIMULACIÓN DEL ENLACE NODO PUERTO ESPERANZA – C.E. CONTA	37
FIGURA 3-12: SIMULACIÓN DEL ENLACE REPETIDOR SAN MARCOS – C.E. NUEVA ESPERANZA	38
FIGURA 3-13: SIMULACIÓN DEL ENLACE NODO BALTA – C.E. BALTA.....	38
FIGURA 3-14: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN NODO PUERTO ESPERANZA....	41
FIGURA 3-15: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN NODO SAN MARCOS	42
FIGURA 3-16: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN NODO BALTA.....	43
FIGURA 3-17: ELEMENTOS DELS SITEMA DE ENERGÍA.....	44
FIGURA 3-18: SISTEMA DE ENERGÍA PARA ESTACIONES CLIENTE	45

Índice de Tablas

TABLA 1-1: MÁXIMA POTENCIA TRANSMISIBLE EN 2.4GHz POR REGIONES.....	8
TABLA 1-2: VELOCIDADES SEGÚN EL PROTOCOLO	9
TABLA 2-1: UCAYALI - SUPERFICIE, POBLACIÓN TOTAL PROYECTADA, DENSIDAD POBLACIONAL Y UBICACIÓN SEGÚN PROVINCIA, 2013	17
TABLA 2-2: IDIOMA O LENGUA CON EL QUE APRENDIO A HABLAR, 2007	19
TABLA 2-3: ÚLTIMO NIVEL DE ESTUDIOS QUE APROBÓ,2007.....	20
TABLA 2-4: INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE PURÚS – PARTE 1.....	21
TABLA 2-5: INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE PURÚS – PARTE 2.....	22
TABLA 2-6: INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE PURÚS – PARTE 3.....	23
TABLA 2-7: INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE PURÚS – PARTE 4.....	24
TABLA 2-8: COLEGIOS DE BALTA, CONTA, NUEVA ESPERANZA Y PUERTO ESPERANZA	25
TABLA 2-9: SERVICIOS CON QUE CUENTA EL HOGAR, 2007	26
TABLA 3-1: COORDENADAS DE LOS CENTROS EDUCATIVOS.....	28
TABLA 3-2: EQUIPO VSAT.....	28
TABLA 3-3: COORDENADAS DE LOS NODOS DE LA RED TRONCAL.....	30
TABLA 3-4: EQUIPOS DE LA RED TRONCAL.....	33
TABLA 3-5: ALTURA DE LAS TORRES DE LA RED TRONCAL	36
TABLA 3-6: EQUIPOS DE LA RED DE DISTRIBUCION.....	39
TABLA 3-7: ALTURA DE LAS TORRES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	40
TABLA 4-1: CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS BLACKBOARD ...	48
TABLA 4-2: CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DOKEOS	49
TABLA 4-3: CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS CLAROLINE	50
TABLA 4-4: CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS MOODLE	51
TABLA 5-1: ESTACIÓN PASARELA – EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES.....	56
TABLA 5-2: ESTACIÓN PASARELA – SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA	57
TABLA 5-3: ESTACIÓN PASARELA – TRANSPORTE, OBRA CIVIL E INSTALACIÓN	57
TABLA 5-4: PRESUPUESTO TOTAL ESTACIÓN PASARELA.....	57
TABLA 5-5: RED TRONCAL – EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES.....	58
TABLA 5-6: RED TRONCAL – SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA	58
TABLA 5-7: RED TRONCAL – TRANSPORTE, OBRA CIVIL E INSTALACIÓN.....	59
TABLA 5-8: PRESUPUESTO TOTAL RED TRONCAL	59
TABLA 5-9: RED DE DISTRIBUCIÓN – EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES....	60
TABLA 5-10: RED DE DISTRIBUCIÓN – TRANSPORTE E INSTALACIÓN	60
TABLA 5-11: PRESUPUESTO TOTAL RED DE DISTRIBUCIÓN	60
TABLA 5-12: ESTACIONES CLIENTES - EQUIPOS DE CÓMPUTO Y TELECOMUNICACIONES	61
TABLA 5-13: ESTACIONES CLIENTES - SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA.....	61
TABLA 5-14: ESTACIONES CLIENTES - TRANSPORTE, OBRA CIVIL E INSTALACIÓN	62
TABLA 5-15: PRESUPUESTO TOTAL ESTACIONES CLIENTE	62
TABLA 5-16: COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	63

Introducción

Actualmente el país presenta una de las tasas más bajas de calidad educativa de América Latina; tal como se vio reflejada en la evaluación PISA del 2013 donde el Perú se ubicó en el último lugar del ranking. La baja calidad de la educación peruana tiene mayor impacto en aquellas zonas que se encuentran alejadas de la capital del país. Este es el caso de Purús – Ucayali, donde acceder a educación de calidad se ve limitado por el aislamiento geográfico de la zona selva del país. Este es uno de los principales motivos por el cual la presencia de profesores de calidad se ve limitada. Además, muchos docentes ven afectada su economía, ya que el gasto que deben realizar para llegar es bastante alto comparado con el sueldo que reciben, razón por la cual deciden no ir al poblado.

En este contexto, se plantea el diseño de una red rural de telecomunicaciones con el objetivo de brindar educación empleando las Tecnologías de la Información y Comunicación. Lo cual permitirá mejorar la calidad educativa en la zona.

Esta red rural empleará tecnología adaptada de telecomunicación inalámbrica para implementar redes y servicios en combinación con una adecuada capacidad de transporte de información, costo, complejidad de gestión y soporte que hagan posible este sistema de educación.

Como se sabe, la tecnología *WiFi* fue diseñada para redes de área local en sus inicios y posteriormente ha sido adaptada para ser usada en redes de largas distancias, considerando además que representa una ventaja para zonas alejadas donde tener conexión cableada a Internet es casi imposible dado que no se cuenta con una adecuada Red de Acceso. En el caso en estudio, se plantea el uso de *WiLD*, *WiFi based Long Distance*, que asegure un ancho de banda suficiente que soporte el uso de las TICs en los centros educativos seleccionados para este diseño.

Capítulo 1: Tecnología WiLD – WiFi based Long Distance

1.1. Tecnologías Inalámbricas para comunicaciones rurales

En zonas rurales aisladas de países en vías de desarrollo como lo es Purús, el principal problema es la carencia de infraestructuras de comunicación que permita dotar de conectividad a estas zonas. Sumado a esta problemática, también encontramos que en muchos casos no cuentan con infraestructuras de electrificación, ni vías de acceso a estas zonas. Esto genera que el despliegue y mantenimiento de las redes se encarezca y dificulte.

En este contexto, se plantean las siguientes soluciones para zonas rurales:

1.1.1. WIFI

Nombre con que se le conoce a la familia de estándares IEEE 802.11 que trabaja en las bandas ISM para uso en redes inalámbricas de área local (WLAN). Donde las bandas no licenciadas de 2.4 GHz y 5.8 GHz le permiten a WiFi poder trabajar con ciertas limitaciones de potencia.

WiFi y Ethernet tienen un comportamiento interno parecido, pero difieren en la capa física, donde WiFi utiliza señales de radio y en la capa MAC donde usa CSMA/CA.

Por ser una tecnología conocida, su fácil configuración, el gran ancho de banda entre 1Mbps y 300 Mbps, el bajo consumo de potencia de los enrutadores (menos de 10W) y precio reducido de los equipos, permiten considerarlo como una de las mejores opciones para la transmisión de datos y voz (VoIP).

Sin embargo se debe tener en consideración que es una tecnología creada para redes de corto alcance y para su funcionamiento se requiere línea de vista entre los equipos. [GTR2011]

1.1.2. VHF

Los sistemas VHF trabajan principalmente con comunicación de voz en la banda de frecuencia de 30- 300 MHz, con un alcance limitado de 70 Km aproximadamente, debido a la potencia de transmisión y altura de las antenas, por lo que se agrupan en pequeñas redes locales. En ellas todas las radios se comunican en las mismas frecuencias, es decir, usan un canal común y pueden establecer conversaciones con todas las estaciones de la misma red. Mediante este servicio los usuarios podrán establecer comunicaciones de voz *halfduplex* (también *fullduplex* pero con equipos más caros) de alta calidad con las estaciones que forman parte de su red.

Tienen bastante tolerancia a los obstáculos vegetales o no muy profundos, sin embargo es recomendable que exista línea de vista entre la antena transmisora y la receptora, pero si debido a una obstrucción severa de la línea de vista no se pueda lograr un enlace, se podrá superar usando repetidores ubicados en zonas elevadas.

VHF trabaja para la transmisión de voz, sin embargo puede utilizarse para la transmisión de datos mediante un software como el protocolo AX.25.

Aunque la velocidad que se consigue es muy baja, puede mejorarse con la compresión que brinda el de correo, permitiendo el uso de aplicaciones de correo electrónico, mensajería y navegación en Internet a velocidades alrededor de 9600 bps, que es poco para una óptima navegación, pero suficiente para el uso de correo electrónico.

Para poder ofrecer ambos servicios (voz y datos), se eligen radios VHF convencionales que se utilizan normalmente para voz, pero que, intermitentemente, pasan a intercambiar datos entre un ordenador cliente y su servidor de referencia.

Esta tecnología de radio es muy conocida en los entornos rurales. Además la calidad se mantiene casi durante las 24 horas del día debido a que la propagación no se ve afectada por los cambios climáticos.

Sin embargo el uso de la banda VHF requiere de una licencia de servicio. Además trabaja a velocidades menores que otras tecnologías y presenta un mayor consumo de potencia (alrededor de 100W), por lo que al requerirse de mayores potencias se debe proveer al sistema de paneles solares de mayor superficie y baterías de mayor capacidad, lo que eleva el costo; sin considerar además que una radio VHF cuesta alrededor de 500 dólares. [GTR2011]

1.1.3. HF

Los sistemas HF trabajan en un rango de frecuencia de operación de 3 a 30 MHz y permite comunicaciones de cientos y hasta miles de kilómetros. Utilizan como método de propagación el de Onda Ionosférica, que indica que las ondas se transmiten y luego se reflejan hacia el punto de recepción. Por el gran recorrido de las ondas, desde el punto de transmisión hasta el punto de reflexión y luego al punto de recepción, se producen considerables pérdidas en el espacio libre y además surge el desvanecimiento multitrayecto de la señal.

Los sistemas de radio HF permiten comunicaciones en terrenos planos, elevados o montañosos, sin la necesidad de dispositivos de retransmisión, ya que no es necesaria la visibilidad directa de las antenas.

Es una solución viable para cualquier situación, ya que no requiere de estudios concretos de propagación. Sin embargo, presenta un entorno muy sensible a errores por los desvanecimientos ocasionados por las incertidumbres de la propagación ionosférica.

La banda HF está destinada a la transmisión de voz, por lo que no es recomendable para la transmisión de datos. Los sistemas con HF sólo pueden usarse a ciertas horas, dependiendo del canal, y con protocolos y modulaciones especiales.

Por otro lado, los modems de HF son caros o muy lentos, lo que no los hace muy recomendable para áreas rurales. Además el consumo de energía ligeramente mayor que VHF y mucho mayor que *WiFi* (normalmente se utilizan transceptores de 100 W). [GTR2011]

1.1.4. WIMAX (IEE 802.16)

Desarrollado para posibilitar redes inalámbricas en áreas metropolitanas sin línea de vista, viabilizar la distribución de conectividad por medios inalámbricos a distancias del orden de decenas de kilómetros en zonas semiurbanas y rurales, y soportar calidad de servicio (QoS) y usuarios con requerimientos de servicio heterogéneos. Su rango normal de operación se encuentra entre los 7 y los 10 Km, pero puede llegar hasta 50 Km sin modificaciones.

El estándar IEEE 802.16d plantea dos rangos de frecuencia de funcionamiento de los equipos. El primero corresponde a las bandas licenciadas de 10 a 66 GHz proporcionan un entorno en el que, debido a la reducida longitud de onda, es imprescindible disponer de línea de vista y su uso es para proporcionar acceso en pequeñas oficinas y casas. El segundo corresponde a las bandas por debajo de los 11 GHz, que proporcionan un entorno físico en el que no es imprescindible disponer línea de vista.

En otras palabras es un estándar que proporciona soporte para escenarios con y sin línea de vista. Se prevé su uso para proporcionar acceso en entornos metropolitanos y en enlaces a gran distancia.

Permite ofrecer acceso de banda ancha a redes IP con capacidades de hasta 120 Mbps a los abonados privados sin necesidad de llevar la red cableada hasta cada emplazamiento final.

WiMAX es orientado a conexión, por lo que las estaciones subscriptoras deben solicitar servicio a la misma. Cuando la estación base recibe una solicitud de incorporación de una nueva estación subscriptora calcula si es posible garantizarle un servicio mínimo manteniendo los compromisos con otras estaciones subscriptoras. Sólo en el caso de cumplir ambas condiciones se le concede el acceso.

No sufre el problema del nodo oculto, ni aumentan las colisiones con el número de usuarios, ya que la estación base va asignando slots a cada estación, evitando así las colisiones que conllevan una importante pérdida de paquetes.

Utiliza antenas inteligentes las cuales optimizan su patrón de radiación automáticamente en función de la demanda.

Tiene la posibilidad de asignar diferente ancho de banda a cada canal de radio, desde 1.5 MHz a 20 MHz. Esto permite la posibilidad de reutilizar frecuencias y de una mejor planificación de la celdas y hace que el número de canales no interferentes entre sí dependa únicamente del ancho de banda disponible.

En una red WiMAX se puede proporcionar QoS, lo cual es muy importante para algunas aplicaciones y para la gestión de las redes en general.

Sin embargo; los costes de las instalaciones están fuera del alcance de muchos entornos rurales (entre los 10000 y los 30000 USD por estación base), sin contar las antenas, las torres, etc. Necesitan un gran subsistema eléctrico para funcionar, muy costoso en zonas donde apenas hay energía eléctrica del orden de 1500 W en cada estación base. [GTR2011]

1.1.5. VSAT

Son redes de comunicación de datos vía satélite para el intercambio de información punto-punto, o punto-multipunto.

El componente principal de este sistema es el *hub*, que es la estación central terrestre de la red. Éste permite realizar la comunicación entre dos terminales VSAT. Esta estructura de red logra que las estaciones terminales sean simples, baratas y fáciles de instalar. Las antenas usadas tienen menor diámetro (menores de 2.4 m, típicamente 1.3 m) y los sistemas un bajo consumo de energía.

Con esta tecnología se consiguen diseñar redes muy densas con altas velocidades de transmisión si hay pocos usuarios conectados simultáneamente, permitiendo la transferencia de voz, datos y vídeo. Se suele diseñar para tener una disponibilidad de la red del 99.5 % del tiempo y con una BER (*Bit Error Rate*) de 10^{-7} .

Permite una fácil y rápida instalación en lugares de difícil acceso. Sin embargo, las inversiones iniciales son elevadas.

El punto más crítico de la red está en el satélite. Toda la red depende de la disponibilidad del transpondedor. Si éste pierde la conexión, toda la red pierde la conexión con él, pero si la empresa proveedora del servicio dispone de más de uno, en caso de perder la conexión todo el satélite bastaría con reorientar las antenas a otro satélite.

Como todo sistema basado en satélites, es sensible a interferencias provenientes tanto de la tierra como del espacio. [GTR2011]

1.2. WiFi based Long Distance (WiLD)

Debido a las necesidades de comunicación en áreas rurales de países en desarrollo, se buscó una tecnología que permitiera mitigar la falta de infraestructura alámbrica tradicional de muchos poblados, que fuera de bajo costo y de uso en redes de largas distancias, permitiendo transportar voz y datos. A partir de estas necesidades nació *WiLDNet* (Redes de larga distancia basadas en *WiFi*) como una alternativa a las soluciones de conectividad tradicionales en zonas rurales, que permite realizar enlaces de hasta 100 Km.

Como se sabe la tecnología *WiFi* fue concebida inicialmente para ser usada en redes LAN inalámbricas de corto alcance. Sin embargo, las ventajas de costos bajos, el uso de frecuencias sin licencia, las velocidades de hasta 300Mbps y el bajo consumo de potencia; hicieron que se pensara en una solución *WiFi* adaptada para trabajar en redes de largas distancias.

1.2.1. Dificultades del uso de *WiFi* en enlaces de largas distancias

WiFi fue diseñado inicialmente para ser usado en enlaces de corto alcance, pero las necesidades de comunicación a bajo costo incentivaron el desarrollo de esta adaptación; lo cual trajo consigo que trabajar con *WiFi* presentara una serie de dificultades que se manifiestan tanto en la capa física como en la capa MAC, donde el protocolo CSMA/CA usado por *WiFi* no funciona bien en largas distancias.

Entre las principales fallas tenemos tres que limitan seriamente el desempeño de la red:

- Colisiones a largas distancias
- Uso ineficiente del enlace
- Interferencia de enlace múltiple

Para sobrellevarlas se plantean dos métodos; el primero consiste en optimizar los parámetros del estándar 802.11 usando las extensiones propuestas en el estándar 802.11e; el segundo propone usar multiplexación por división del tiempo en reemplazo de CSMA/CA. [SAL2008]

1.2.1.1. Capa Física

Al analizar el estándar, no se encuentra indicio que indique que algún elemento de la capa física limite el alcance, pero sí dependerá de parámetros como la máxima potencia de transmisión (PIRE), las pérdidas por propagación, la sensibilidad en la recepción y la mínima relación señal a ruido aceptable.

- **Máxima potencia de transmisión.** El límite de potencia bajo el cual se puede transmitir depende de la normativa bajo la cual se encuentre el país con respecto a la banda de frecuencias ISM de 2.4GHz.

TABLA 1-1: MÁXIMA POTENCIA TRANSMISIBLE EN 2.4GHz POR REGIONES

Fuente: "WiLD WiFi Based long Distance" [GTR2009]

Máxima potencia transmisible	Dominio Legal	Normativa
1000 mW	USA y muchos países en desarrollo, sobre todo en áreas rurales.	FCC 15.247
100 mW	Europa	ETS 300-328
10 mW	Japón	Ordenanza MPT, artículo 49-20

Además de estas normativas la FCC, indica que la ganancia de la antena no puede sobrepasar los 6dBi en enlaces punto a multipunto; en cambio, para enlaces fijos de punto a punto se puede superar la ganancia, lo cual se logra reduciendo al máximo la potencia de salida del transmisor en 1dBm por cada 3dBi más en la antena.

- **Sensibilidad en la recepción y Margen de la Señal.** Para este parámetro es importante mantener la tasa de error de bit BER < 10⁻⁵. Dado que algunos factores externos pueden influenciar en el desempeño de la red, se debe considerar un margen de la señal por encima de la sensibilidad en recepción para que el enlace asegure estabilidad. Dado algunas experiencias no publicadas se puede determinar al margen en 20dB. [SIM2007]

Existen además algunas características de la capa física que se consideran para tener una mayor estabilidad en el enlace:

- **Velocidad.** Las velocidades según el modo de funcionamiento se muestran en la Tabla 1-2.

TABLA 1-2: VELOCIDADES SEGÚN EL PROTOCOLO

Fuente: "WiLD WiFi Based long Distance" [GTR2009]

Protocolo	Velocidades (Mbps)
802.11a	6,9,12,18,24,36,48 y 54
802.11b	1,2,5.5 y 11
802.11g	Todas las anteriores

- **Fenómenos meteorológicos.** En las zonas rurales es bastante común tener condiciones meteorológicas adversas. Las cuales pueden generar atenuaciones en dB/Km, que para enlaces muy largos pueden tener efectos muy significativos.
- **Polarización.** Se debe considerar que el mejor comportamiento se da con la polarización vertical, pero algunas condiciones atmosféricas y formas del terreno pueden generar despolarización, lo que genera una mala recepción de la señal y mayor atenuación.
- **Interferencias.** Es poco probable que este problema se dé en zonas rurales aisladas, puede este problema puede darse en enlaces que interconectan zonas aisladas con zonas urbanas. [GTR2009]

1.2.1.2. Capa MAC

Además de los problemas de la capa física existen otras restricciones que, a pesar de no estar especificadas en ningún estándar, involucran a la distancia. Este efecto es conocido ya que la capa MAC tiene tiempos constantes definidos cuyos efectos son diferentes según la distancia. Ante esto se tienen tres tipos de limitaciones:

- **Colisiones a largas distancias.** El estándar 802.11 usa el mecanismo CSMA/CA, con el cual los nodos escuchan, por un periodo de tiempo, antes de transmitir un paquete, de manera que puede asegurarse que el canal se encuentra libre. Sin embargo, cuando es usado en enlaces de larga distancia es posible que ocurran errores, ya que puede ocurrir que un nodo empiece a transmitir un paquete sin saber que del otro lado también se está enviando un

paquete. Esto ocurre cuando los retardos de propagación se incrementan generando que la probabilidad de pérdida por colisión se incremente.

- **Uso ineficiente del enlace.** La MAC de 802.11 usa un mecanismo simple, con el cual al recibir un paquete de forma satisfactoria, el nodo receptor debe enviar un mensaje ACK que indica que el paquete fue recibido. El mensaje debe ser enviado dentro de un límite de tiempo *ACKTimeout*. Si el ACK no fuera recibido en este límite de tiempo se debe volver a transmitir dicho mensaje. Este mecanismo presenta dos desventajas:
 - a) Conforme aumenta la distancia del enlace, el retardo de propagación también se incrementa; por ende el nodo transmisor debe esperar más tiempo por el mensaje ACK. Esto ocasiona que se produzca un decremento en la utilización del canal.
 - b) Si el tiempo de retorno del ACK supera el parámetro *ACKTimeout*, entonces el transmisor retransmitirá innecesariamente, con lo cual se produce un desperdicio de ancho de banda.
- **Interferencia de enlace múltiple.** La interferencia entre enlaces 802.11 adyacentes que operan en el mismo canal o en canales solapados, son una fuente importante de error. [SAL2008]

1.2.2. Soluciones para trabajar con WiFi en enlaces de largas distancias

Debido a los problemas que se generan al usar WiFi en enlaces de largas distancias, algunas investigaciones proponen dos soluciones:

- **WiLD-EDCA.** Optimizar los parámetros del estándar 802.11 usando las extensiones propuestas en el estándar 802.11e.
- **WiLD-MAC.** Usar multiplexación por división del tiempo en reemplazo de CSMA/CA. [SAL2008]

1.2.2.1. WILD-EDCA

El estándar IEEE 802.11e incluye el *EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)*. Soporta cuatro categorías de acceso que tienen cuatro canales de acceso probables

en la capa MAC: $AIFSN_i$ (*Arbitrary Inter-Frame Space Number*), $CW_{min,i}$ (*Minimum Contention Window*), $CW_{max,i}$ (*Maximum Contention Window*) y $TXOP_i$ (*Transmission Opportunity*). Cuando una estación quiere transmitir debe esperar que el canal se mantenga desocupado por un periodo $AIFS_i = SIFS + AIFSN_i \cdot \sigma$, donde σ representa el *SlotTime*. Luego se usa una ventana de contención de CW_i slots, donde CW_i es una variable aleatoria uniforme del rango $[0, CW_i - 1]$. El valor superior de CW_i se incrementa de forma exponencial cada vez que una transmisión no es exitosa, el valor de CW_i inicia en $CW_{min,i}$ y termina en $CW_{max,i}$. Si el canal se encontrara ocupado durante la ventana de contención, el conteo regresivo se paraliza hasta que el canal se encuentre desocupado por un periodo $AIFS_i$. Cuando finalmente el conteo termine, la estación transmite y espera por el mensaje ACK que el receptor debe enviar después de un intervalo de tiempo de SIFS. Si se recibe el ACK antes de *ACKTimeout*, la transmisión es considerada exitosa; en caso contrario el paquete sería retransmitido. Este proceso puede ser repetido varias veces hasta que el límite máximo de intentos sea alcanzado.

Con esta solución se pueden resolver problemas importantes de la capa MAC de 802.11 como son: las colisiones a largas distancias, el poco uso del enlace ajustando algunos parámetros IEEE 802.11e EDCA y la interferencia en el enlace se soluciona utilizando canales que no se solapan, en redes donde el número de nodos sea reducido.

Se tienen dos parámetros de tiempo que deben ajustarse para lograr que funcione para largas distancias: el *ACKTimeout* y el *SlotTime*.

El *ACKTimeout* debe de incrementarse para evitar las retransmisiones cuando el tiempo de propagación es extenso.

El *SlotTime* debe incrementarse a dos veces el tiempo de propagación para distancias mayores de 3 Km. (*SlotTime* = 20 us) o 1.5 Km. (*SlotTime* = 9 us), de manera que se garantice que las transmisiones de las dos estaciones solo choquen si se encuentran en el mismo slot.

Además de los parámetros de tiempo antes mencionados, IEEE 802.11e EDCA plantea el ajuste de otros parámetros de tiempo: CW_{min} y TXOP.

Si se incrementa el parámetro *SlotTime* acorde con la distancia, el protocolo CSMA/CA desperdicia tiempo esperando a que se comience la transmisión. Es por esta razón que un valor óptimo de $CW_{min,i}$ varía con la distancia, llamado CW_{opt} , el cual permite maximizar el *throughput* y minimizar el retardo; por esto es que se obtiene una optimización del *throughput* incluso mientras se aumenta el parámetro *SlotTime*.

802.11e permite, a la estación que gana la contienda por acceder al canal, mantener el canal hasta el tiempo TXOP límite, de manera que pueda realizar múltiples transmisiones de paquetes. Esto es útil para incrementar la eficiencia del protocolo MAC y para mejorar el desempeño y retardo de la red. Además cabe mencionar que el estándar IEE 802.11e *EDCA* incluye un esquema *Block-ACK* para ocupar un canal de manera eficiente reduciendo el número de transmisiones ACK. Varios paquetes son transmitidos en un bloque, separados por un periodo de tiempo SIFS, este bloque es conocido como una sola trama ACK llamada bloque ACK. [SAL2008]

1.2.2.2. WILD-MAC

Este método plantea una solución para el poco uso del enlace, usando reconocimiento de paquetes. Para minimizar la pérdida de paquetes por colisiones en largas distancias así como la interferencia del enlace, *WiLD-MAC* reemplaza el estándar CSMA/CA con un protocolo MAC basado en TDMA.

El receptor transmite un bloque de reconocimiento (*bulk ACK*) para toda la ventana de paquetes. El *bulk ACK* se genera como un reconocimiento agregado de todos los paquetes recibidos en el slot anterior. De esta manera, el transmisor puede enviar rápidamente una ráfaga de paquetes que esperan por un ACK después de cada paquete.

El *bulk ACK* puede ser superpuesto en los paquetes de datos enviados en la dirección contraria o enviado como uno o más paquetes independientes. Cada *bulk ACK* contiene una secuencia numérica del último paquete recibido y un vector ACK de longitud variable para todos los paquetes siguientes. Aquí es donde la secuencia numérica es localmente definida entre un par de puntos finales de un enlace *WiLD*.

El mecanismo *bulk ACK* garantiza fiabilidad perfecta pero tiene un máximo número intentos por cada paquete. Después de recibir el *bulk ACK*, el transmisor puede escoger avanzar la ventana deslizante saltando aquellos paquetes no reconocidos si el límite de tiempo es excedido.

WiLD soporta diferentes límites de reintentos para paquetes de diferente flujo. El mecanismo *bulk ACK* permite la reorganización de paquetes en la capa de enlace. Para manejar esta situación, *WiLD-MAC* también prevé la entrega de paquetes en la capa de enlace. [SAL2008]

1.2.2.3. Comparación entre WiFi, WiLD-MAC y WiLD-EDCA

En las siguientes imágenes se muestra la comparación en términos de *Throughput* y Retardo de *WiFi*, *WiLD-MAC* y *WiLD-EDCA*.

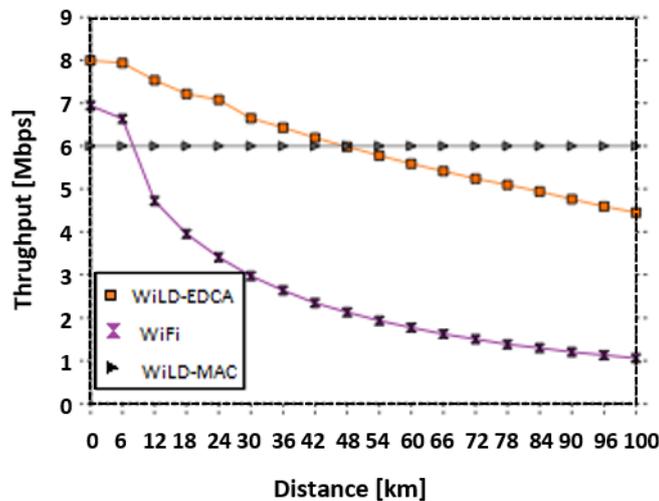


FIGURA 1-1: COMPARACIÓN DEL THROUGHPUT ENTRE *WiLD-EDCA*, *WiFi* Y *WiLD-MAC*

Fuente: "Comparison of MAC protocols for 802.11 based long distance networks" [SAL2008]

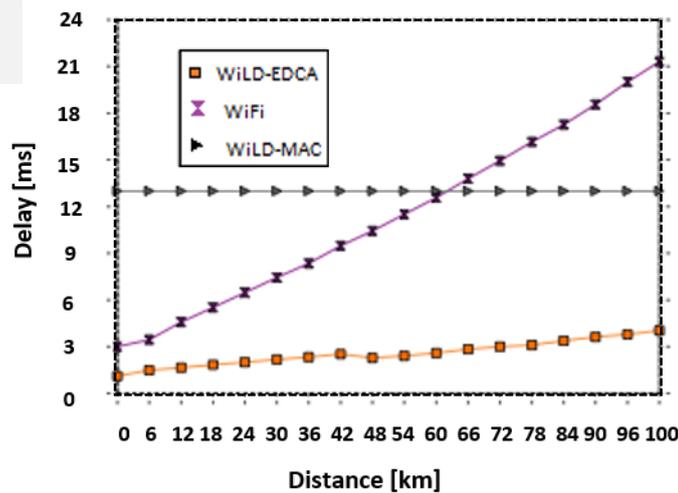


FIGURA 1-2: COMPARACIÓN DEL RETARDO PROMEDIO ENTRE *WiLD-EDCA*, *WiFi* Y *WiLD-MAC*

Fuente: "Comparison of MAC protocols for 802.11 based long distance networks" [SAL2008]

Como se puede observar, en largas distancias, *WiLD-EDCA* funciona mejor que *WiFi* si analizamos el *throughput* y el retardo. Además se puede observar que el comportamiento que desarrolla *WiLD-MAC* es independiente de la distancia. Mientras

WiLD-EDCA y *WiLD-MAC* superan ampliamente a *WiFi* y se acercan a tener un valor óptimo de *throughput*, para distancias menores a 40 Km *WiLD-EDCA* es mejor que *WiLD-MAC* en ambos términos (*throughput* y retardo). En cambio, para mayores distancias *WiLD-MAC* tiene mejor *throughput*, pero tiene grandes retardos.

Con *WiLD-EDCA* el decremento del *throughput* con la distancia es consecuencia del protocolo usado por 802.11 para confirmar cada trama. [SAL2008]



Capítulo 2: Necesidades de Comunicación en Purús - Ucayali

2.1. Información general de la provincia de Purús

Provincia del departamento de Ucayali creada el 1° de junio de 1982 por ley N° 23416. Geográficamente limita al norte y al este con Brasil, mientras que al sur limita con la provincia de Tahuamanu y al oeste con la provincia de Atalaya. [PUC2008]

Según datos recogidos por el INIEI en el 2013, como se muestra en la Tabla 2-1, Purús tiene una extensión territorial de 17 847,76 km² y es una de las provincias más despobladas del país (4 239 habitantes), teniendo una densidad poblacional de 0,24 Hab/ km² [INE2013]; donde el 68.66% de la población es rural [INE2007], mientras que la población urbana está concentrada mayormente en Puerto Esperanza (Capital del distrito).

Purús está compuesta de nueve pueblos indígenas: Yine, Amahuaca, Sharanahua, Cashinahua, Asháninka, Chaninahua, Culina, Mastanahua y Shipibo. Estos están distribuidos en 41 comunidades nativas: Monterrey, Laureano, Gasta Bala, Paraíso , Dina, Santa Margarita, Santa Clara, Santa Rey, Balta, Triunfo, Colombiana, Curanjillo, Nueva Vida, Nueva Luz, Miguel Grau, San Marcos, Peruanito, Zapote, Cashuera, Canta Gallo, San Martín, Conta, San José, Nueva Esperanza, San Francisco, Pikiniki,

Bufeo, Nuevo Belén, Flor de Mayo, Pankirentsy, La Gran Viña de Purús, Ranacimiento asháninka, Bola de Oro, San Bernardo, Alberto Delgado, Salom de Shambuyacu, Pozo San Martín, Nueva Alianza, Naranjal, Catay y Tres Bolas. [FEC2004]

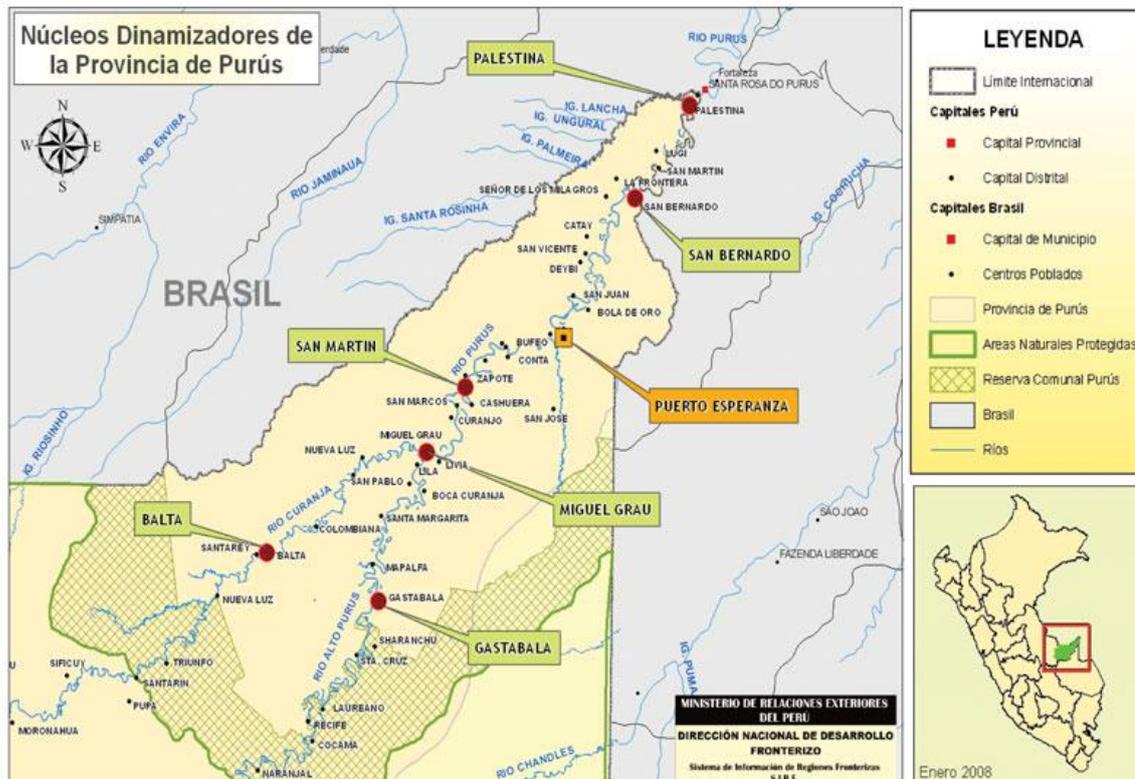


FIGURA 2-1: NUCLEOS DINAMIZADORES DE LA PROVINCIA DE PURÚS

Fuente: “Proyecto Especial Pichis Palcazú” [PRO2008]

Debido a que Purús está conformada casi en su totalidad por la cuenca del río del mismo nombre, la ubica en una zona aislada del resto de la Amazonía. Sin embargo, el río Purús funciona como una vía de comunicación dentro de la provincia y como medio de comunicación con Brasil.

Purús no cuenta con carreteras que la comuniquen con el resto del país, además está rodeada de áreas protegidas lo cual hacen que su aislamiento sea más difícil de superar. Por esta razón, la única forma de comunicación con el resto del país es por vía aérea, siguiendo la ruta Pucallpa – Purús. Sin embargo, el costo de los pasajes es elevado con un precio que oscila entre los S/.350 y S/.450. Además es posible realizar un viaje con vuelo cívico. Todos los vuelos se realizan de forma irregular, esto debido a que no se tienen fechas seguras de partida, por lo que la periodicidad de vuelos es de 15 días. Todos los vuelos tienen como destino Puerto Esperanza. Sin embargo,

existen pequeñas pistas de aterrizaje en las comunidades nativas de San Bernardo, Gasta Bala, Balta y Cashuera.

TABLA 2-1: UCAYALI - SUPERFICIE, POBLACIÓN TOTAL PROYECTADA, DENSIDAD POBLACIONAL Y UBICACIÓN SEGÚN PROVINCIA, 2013

Fuente: "INEI-Instituto Nacional de Estadística e Informática" [INE2013]

Departamento y Provincia	Superficie (km ²)	Población Proyectada al 30/06/13 (Habitantes)	Densidad poblacional (Hab/ km ²)
Dpto. Ucayali	102 399,94	483 708	4,72
Coronel Portillo	36 815,39	370 098	10,05
Atalaya	38 914,29	51 651	1,33
Padre Abad	8 822,50	57 630	6,53
Purús	17 847,76	4 329	0,24

2.2. Análisis socioeconómico de la provincia de Purús

Para tener una mejor visión de la situación socioeconómica que se presenta en la provincia de Purús, analizaremos su situación desde dos ámbitos: social y económico.

2.2.1. Ámbito Social

Purús cuenta con dos grupos poblacionales: las comunidades nativas (81% de la población) y los migrantes, quienes viven en su mayoría en Puerto Esperanza (capital de la provincia).

Las condiciones bajo las cuales viven estos grupos son claramente diferentes:

- Las comunidades nativas viven en el medio rural, donde no cuentan con servicios básicos como agua potable, mientras que los servicios de educación y salud se encuentran desatendidos, sin contar con implementos e infraestructuras adecuadas. En cuanto a la energía eléctrica, algunas de las comunidades nativas hacen uso de fuentes alternativas de energía como los paneles solares.
- Los migrantes localizados en el distrito de Puerto Esperanza cuentan con algunos servicios como energía eléctrica por grupo electrógeno (3 horas y

media diarias desde las 6pm hasta las 9:30pm), agua potable y desagüe, así como con servicios de educación y salud.

Analizando las condiciones de ambos grupos poblacionales se puede decir que todos los servicios se encuentran concentrados en la capital del Purús – Puerto Esperanza.

Otro problema que se encuentra en esta población es la migración hacia Brasil por parte de las comunidades nativas, debido a la baja calidad de vida, la cercanía al territorio brasilero y las mejores condiciones de vida que este país ofrece.

La inaccesibilidad de la zona y la falta de infraestructura dificultan que empresas de servicios básicos y telecomunicaciones ofrezcan sus servicios. Esto se observa en mayor medida en las comunidades nativas donde los niños no tienen las condiciones necesarias para un buen desarrollo lo que conlleva a una desnutrición crónica y la frecuencia de enfermedades debido a la calidad del agua. [INS2010]

2.2.2. Ámbito Económico

La economía de Purús está dada, en su mayoría, por el ingreso que genera la explotación de madera y el sueldo que reciben los servidores públicos de la zona. Esta primera actividad genera que la economía de Purús sea muy frágil, puesto que el periodo de regeneración natural de la caoba es de al menos 40 años y el proceso de extracción se realiza sin un plan de reforestación. Además de ello, esta materia prima, se comercializa sin valor agregado, por lo cual no es posible obtener muchas ganancias para la población.

El resto de la economía de la zona está dada por la economía de subsistencia, la cual es practicada por gran parte de la población.

Las diferencias en la economía se pueden observar en los grupos sociales según la actividad económica que realizan:

- En las comunidades nativas su economía se basa en actividades extractivas y de subsistencia.
- En Puerto Esperanza la economía se basa en el comercio interno y de madera, además de los servicios del Estado.

Debido al grado de inaccesibilidad de Purús, los productos básicos peruanos llevados desde Pucallpa tienen precios elevados con referencia a los precios de Lima. [INS2010] Dándose casos donde los precios se duplican o triplican.

2.3. Educación

La educación en edad escolar es deficiente, puesto que no se adecúa a su realidad local, lo que ocasiona que los jóvenes de comunidades nativas que concluyen la etapa escolar no estén preparados para incorporarse a la dinámica social y económica que existe fuera de su comunidad.

Según datos estadísticos dados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, en el año 2007, el 16.79% de la población de urbana de Purús era analfabeta, mientras que el 35.76% de la población rural se encontraba en la misma situación. [INE2007] La causa de este problema es que más del 60% de la población tiene como lengua materna alguna diferente del castellano y un 0.15% es sordomudo (datos que se muestran en la Tabla 2-2). Ambas situaciones dificultan el acceso a información y educación.

TABLA 2-2: IDIOMA O LENGUA CON EL QUE APRENDIO A HABLAR, 2007

Fuente: "INEI-Instituto Nacional de Estadística e Informática" [INE2007]

Departamento: Ucayali, Provincia: Purús		
Categorías	Casos	%
Quechua	20	0.60
Aymará	6	0.18
Asháninka	78	2.33
Otra lengua nativa	2 220	66.23
Castellano	1 011	30.16
Idioma extranjera	12	0.36
Es sordomudo	5	0.15

Por ello es necesario que la educación bilingüe en la zona se intensifique, considerando que solo en algunas escuelas cuentan con profesores indígenas formados en las lenguas nativas, mientras que en otras escuelas los docentes son hispano hablantes, esto debido a que no existen suficientes docentes formados en las lenguas nativas y que no se encuentran familiarizados con la realidad cultural de estos pueblos, por lo que este problema dificulta la comunicación con el docente así como el desarrollo cultural de los estudiantes. A estos problemas se suma el ausentismo de los docentes, puesto que no dictan clases a tiempo completo llegando a sumar en todo el año tan solo 3 meses de clases; debido a que gran parte de los docentes suelen estar la mayor parte del tiempo en la localidad de Puerto Esperanza. [FEC2004] Esto explica la discontinuidad de la educación. Como muestra en la Tabla 2-3, el 36.13% de la población solo culminó

estudios del nivel primaria, sin continuar con el nivel secundario y estudios superiores. [INE2007]

TABLA 2-3: ÚLTIMO NIVEL DE ESTUDIOS QUE APROBÓ,2007

Fuente: "INEI-Instituto Nacional de Estadística e Informática" [INE2007]

Departamento: Ucayali, Provincia: Purús		
Categorías	Casos	%
Sin nivel	809	24.13
Educación Inicial	98	2.92
Primaria	1 211	36.13
Secundaria	876	26.13
Superior No Univ. incompleta	110	3.28
Superior No Univ. completa	156	4.65
Superior Univ. incompleta	32	0.95
Superior Univ. completa	60	1.79

Esto se debe también a que no todos los establecimientos educativos que se encuentran en las 41 comunidades del Purús se encuentran en funcionamiento. Por ejemplo, las escuelas primarias bilingües solo funcionan en 31 comunidades, esto debido al ausentismo de alumnos o problemas de presupuesto para mantenerlos, lo cual genera una deserción entre un 20% y 25% de los alumnos. En peor situación se encuentran los colegios de nivel secundario que solo llegan a funcionar en 6 comunidades, donde la deserción educativa es del 68%. FEC2004]

2.3.1. Instituciones Educativas del Purús

Purús cuenta con 74 Instituciones Educativas (IIEE), que brindan los servicios de educación Inicial, Primaria, Secundaria, Superior y Ocupacional. El detalle de estas Instituciones Educativas se muestra en las Tablas 2-4, 2-5, 2-6 y 2-7.

TABLA 2-4: INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE PURÚS – PARTE 1

Fuente: “MINEDU” [MIN2013]

CENTRO POBLADO	NOMBRE DE IIEE	NIVEL	DIRECCIÓN DE IE	DOCENTES (2013)	ALUMNOS (2013)
Aguajal	64732-B	Primaria	Río Alto Purús S/N	1	13
Alberto Delgado	64928-B	Primaria	Río Bajo Purús S/N	1	12
	Alberto Delgado -B	Inicial no escolarizado	Río Bajo Purús	0	10
Balta	366-B	Inicial - Jardín	Río Curanja-Margen Izquierda S/N	1	13
	Balta-B	Secundaria	Río Curanja - Margen Derecha S/N	8	51
	64502-B	Primaria	Río Purús - Margen Izquierdo S/N	2	17
Bola de Oro	65229-B	Primaria	Parque Río Bajo Purús S/N	1	9
Bufeo	64854-B	Primaria	Río Alto Purús - Qbda Bufeo S/N	1	16
Cantagallo	64853-B	Primaria	Río Alto Purús	1	20
	Horacio Zeballos Gamez - B	Secundaria	Río Alto Purús	7	27
	553-B	Inicial - Jardín	Río Alto Purús	1	13
Cashuera	64889-B	Primaria	Río Alto Purús S/N	1	13
	La Cashuera - B	Inicial no escolarizado	Río Alto Purús S/N	0	8
Catay	64657-B	Primaria	Río Bajo Purús S/N	1	21
Colombiana	64656-B	Primaria	Río Alto Curanja S/N	1	13
	Colombiana - B	Inicial no escolarizado	Río Alto Curanja S/N	0	8
Conta	368-B	Inicial - Jardín	Río Medio Purús-Margen Izquierda S/N	1	8
	Conta-B	Secundaria	Río Alto Purús-Margen Izquierda S/N	8	36
	64632-B	Primaria	Río Medio Purús S/N	1	26

TABLA 2-5: INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE PURÚS – PARTE 2

Fuente: "MINEDU" [MIN2013]

CENTRO POBLADO	NOMBRE DE IIEE	NIVEL	DIRECCIÓN DE IE	DOCENTES (2013)	ALUMNOS (2013)
Curanjillo	64733-B	Primaria	Río Purús - Qbda Curanjillo S/N	1	18
El Triunfo	65189-B	Primaria	Río Alto Purús - Río Curanja	1	8
Fundo Dina	65212-B	Primaria	Parque Río Alto Purús S/N	1	11
Gastabala	388-B	Inicial - Jardín	Río Alto Purús-Margen Izquierda S/N	1	10
	Gastabala-B	Secundaria	Río Alto Purús - Margen Izquierda S/N	7	45
	64705-B	Primaria	Río Alto Purús S/N	2	27
Gran Viña de Purús	65188-B	Primaria	Río Bajo Purús	1	15
Mapalfa	64783-B	Primaria	Río Alto Purús S/N	1	16
Mi Perú	64891	Primaria	Río Bajo Purús S/N	1	15
Miguel Grau	64784-B	Primaria	Río Curanja S/N	1	11
	Miguel Grau-B	Inicial no escolarizado	Río Alto Purús	0	9
Nueva Belén	65210-B	Primaria	Parque Río Alto Purús S/N	1	8
Nueva Esperanza	65087-B	Primaria	Río Alto Purús-Margen Derecha S/N	2	24
	José Carlos Mariáteguil - B	Secundaria	Río Alto Purús-Margen Derecha S/N	7	28
	482-B	Inicial - Jardín	Parque Río Medio Purús - Margen Derecho S/N	1	9
Nueva Luz	65025-B	Primaria	Río Alto Purús S/N	1	8
	Nueva Luz - B	Inicial no escolarizado	Río Curanja S/N	0	11
Nueva Vida	Nueva Vida - B	Inicial no escolarizado	Río Curanja S/N	0	8

TABLA 2-6: INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE PURÚS – PARTE 3

Fuente: “MINEDU” [MIN2013]

CENTRO POBLADO	NOMBRE DE IIEE	NIVEL	DIRECCIÓN DE IE	DOCENTES (2013)	ALUMNOS (2013)
Palestina	Palestina	Secundaria	Río Bajo Purús Margen Izquierda S/N	6	29
	64965	Primaria	Río Bajo Purús S/N	1	17
	Palestina	Inicial no escolarizado	Río Bajo Purús S/N	0	8
Pankirentsi	64707-B	Primaria	Río Bajo Purús - Margen Izquierda S/N	1	13
	Pankirentsy - B	Inicial no escolarizado	Río Bajo Purús S/N	0	8
Piquinique	64890-B	Primaria	Río Medio Purús S/N	1	8
Pozo San Martín	64862-B	Primaria	Río Bajo Purús S/N	1	15
	Pozo San Martín - B	Inicial no escolarizado	Río Bajo Purús S/N	0	8
Puerto Esperanza	Piloto Esperanza	Secundaria	Avenida Américo Loayza Gabancho S/N	12	64
	CEBA - Esperanza	Educación Básica Alternativa	Avenida Américo Loayza Gabancho S/N	5	59
	Puerto Esperanza	CETPRO	Avenida Américo Loayza Gabancho S/N	3	29
	276	Inicial - Jardín	Avenida Luis Muñoz Nadal S/N	3	52
	64174	Primaria	Avenida Luis Muñoz Nadal S/N	8	147
	Purús	Educación Superior Tecnológica - IEST	Avenida Reverendo Padre Miguel PioveSan	7	17
	Puerto Esperanza	Inicial no escolarizado	Avenida Luis Muñoz Nadal S/N	0	6
	Puerto Esperanza	Inicial no escolarizado	Avenida 24 de Abril S/N	0	10
	Puerto Esperanza	Inicial no escolarizado	Avenida Muñoz Nadal S/N	0	8
Renacimiento	65269-B	Primaria	Río Bajo Purús	1	8
Salón de Shambuyacu	64926-B	Primaria	Río Bajo Purús S/N	1	21
	614-B	Inicial - Jardín	Río Bajo Purús - Río Shambuyacu	1	11

TABLA 2-7: INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE PURÚS – PARTE 4

Fuente: “MINEDU” [MIN2013]

CENTRO POBLADO	NOMBRE DE IIEE	NIVEL	DIRECCIÓN DE IE	DOCENTES (2013)	ALUMNOS (2013)
San Bernardo	367-B	Inicial - Jardín	Río Bajo Purús-Margen Derecha S/N	1	17
	San Bernardo-B	Secundaria	Río Bajo Purús-Margen Derecha S/N	8	42
	64176-B	Primaria	Río Bajo Purús S/N	2	55
	64892-B	Primaria	Río Medio Purús S/N	1	7
	San Francisco-B	Inicial no escolarizado	Río Alto Purús	0	9
San José	65085-B	Primaria	Río Novia S/N	1	15
	San José - B	Inicial no escolarizado	Río Alto Purús S/N	0	7
San Marcos	64594-B	Primaria	Río Alto Purús-Margen Izquierdo S/N	1	16
	Victor Manuel Camacho Vilchez - B	Secundaria	Río Alto Purús-Margen Izquierdo S/N	7	49
	San Marcos-B	Inicial no escolarizado	Río Medio Purús	0	8
San Martín de Porres	65086-B	Primaria	Río Alto Purús S/N	2	29
	613-B	Inicial - Jardín	Río Alto Purús	1	13
Santa Margarita	64706-B	Primaria	Río Alto Purús S/N	1	11
Santa Rey	611-B	Inicial - Jardín	Río Curanja	1	14
	64704-B	Primaria	Río Curanja S/N	1	10
Zapote	65232-B	Primaria	Parque Río Alto Purús S/N	1	44
	612-B	Inicial - Jardín	Río Alto Purús	1	11

De estas 74 IIEE, 60 se encuentran en el área rural y 14 en el área urbana. Cabe resaltar además que en Purús solo existe un Instituto Superior Tecnológico ubicado en Puerto Esperanza.

Debido a que en esta Tesis se plantea el diseño de una red que cubrirá a los colegios de las localidades de Balta, Conta, Nueva Eperanza y Puerto Esperanza, solo tomaremos como datos lo colegios de estas localidades y sus ubicaciones (latitud y longitud) que se muestran en la Tabla 2-8.

TABLA 2-8: COLEGIOS DE BALTA, CONTA, NUEVA ESPERANZA Y PUERTO ESPERANZA

Fuente: "MINEDU" [MIN2013]

Centro Poblado	Nombre IIEE	Nivel	Docentes (2013)	Alumnos (2013)	Latitud	Longitud
Balta	366-B	Inicial	1	13	-10.09502	-71.18585
	Balta-B	Secundaria	8	51		
	64502-B	Primaria	2	17		
Conta	368-B	Inicial	1	8	-9.79763	-70.74445
	Conta-B	Secundaria	8	36		
	64632-B	Primaria	1	26		
Nueva Esperanza	65087-B	Primaria	2	24	-9.93018	-70.88776
	José Carlos Mariátequil - B	Secundaria	7	28		
	482-B	Inicial	1	9		
Puerto Esperanza	276	Inicial	3	52	-9.77264	-70.70936
	64174	Primaria	8	147		
	Piloto Esperanza	Secundaria	12	64		

2.4. Servicios de Telecomunicaciones

Según los datos estadísticos tomados del último censo nacional del 2007 hecho por el INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática, en líneas generales, se observa que, el acceso a telefonía fija en Ucayali es del 18.37% y el acceso a Internet es de 2.68%. [INE2007] Además como podemos ver en la Tabla 2-9, el acceso a tecnologías de la información en la localidad de Purús es reducida, con gran cantidad de viviendas sin acceso a ellas.

TABLA 2-9: SERVICIOS CON QUE CUENTA EL HOGAR, 2007

Fuente: "INEI-Instituto Nacional de Estadística e Informática" [INE2007]

Departamento: Ucayali, Provincia: Purús, Distrito: Purús		
Servicios que posee el hogar	Hogares	%
Ninguno	685	90.14
Teléfono Fijo	3	0.39
Conexión a Internet	3	0.39
Conexión a TV por Cable	69	9.08

En el 2007, Puerto Esperanza contaba con 5 teléfonos públicos y 2 teléfonos particulares, uno de ellos de la municipalidad y el otro de la base de la FAP. Actualmente, esta ciudad cuenta con 12 teléfonos públicos, servicio que es dado por Telefónica del Perú Rural. Además, existe servicio de telefonía celular ya que el servicio de telefonía fija no pudo ser proporcionado a toda la población. Inclusive, según información obtenida de una funcionaria de la municipalidad, cuentan con 1 cabina de Internet, donde el alquiler de una hora de servicio tiene un costo de S/. 4.00. Cabe mencionar que todos estos servicios son brindados por la empresa de telecomunicaciones Movistar

En cuanto la situación de las telecomunicaciones en comunidades nativas observamos 2 panoramas:

- Cuentan con teléfono VSAT Gilat.
- No cuentan con ningún servicio de telefonía.

Pero en el caso específico de la Comunidad Nativa de Balta, la población cuenta con 1 teléfono público (Información dada por funcionaria de municipalidad). Sin embargo, no cuentan con servicio de telefonía fija ni Internet y no tienen servicio eléctrico.

Capítulo 3: Diseño de la Red Educativa del Purús - Puerto Esperanza, Conta, Nueva Esperanza y Balta

3.1. Generalidades de la red

Como se mencionó en el primer capítulo el diseño de la red que se presenta unirá a 4 comunidades mediante un enlace de 63.69 km, de manera que se pueda brindar servicio de Internet a los colegios de dichas localidades.

Adicionalmente en el capítulo anterior se definieron todas las tecnologías inalámbricas que pueden utilizarse para redes rurales. En este caso es necesaria una tecnología de bajo costo, que permita mantenimiento continuo y robusto. Por ello se empleará la tecnología 802.11 (*WiFi*), pero considerando el enlace larga distancia que se propone en este diseño se utilizará su variante *WiLD*.

3.2. Topología y descripción de la red

Las coordenadas de los centros educativos que serán parte de la red son los indicados en la tabla 3-1:

TABLA 3-1: COORDENADAS DE LOS CENTROS EDUCATIVOS

Fuente: Elaboración Propia

Localidad	Latitud	Longitud
Puerto Esperanza	9°46'21.50"S	70°42'33.70"O
Comunidad Nativa Conta	9°47'51.47"S	70°44'40.02"O
Comunidad Nativa Nueva Esperanza	9°55'48.65"S	70°53'15.94"O
Comunidad Nativa Balta	10° 5'42.07"S	71°11'9.06"O

Dentro de este diseño tenemos que definir tres tipos de nodos: [GTR2008]

1. **Estación pasarela.** Es la estación que tiene conectividad final a Internet y estará localizada en Puerto Esperanza.

Dado que la red se emplearía para *e-learning*, se plantea el uso de una VSAT de 512/128 Kbps, con la cual se podrá brindar una velocidad de acceso idónea, considerando contención 1/10.

En la Tabla 3-2 se muestra el equipamiento necesario para poner en funcionamiento un servicio de Banda Ancha Satelital.

TABLA 3-2: EQUIPO VSAT

Fuente: "Server Latino" [SER2013]

Equipamiento	
Descripción	Cantidad
Antena 1.2m diámetro Andrew	1 und.
Modem Satelital iDirect Serie 3000 Model 3100 Infiniti	1 und.
BUC (Radio) 3 Watt	1 und.
LNB, FEED	1 und.
Tripode con Canister Polarizador	1 und.

2. **Estación Repetidora.** Los repetidores se unen formando una red troncal, conmutando las comunicaciones con otras estaciones.

Se definieron dos repetidores en las Comunidades nativas San Marcos y Nueva Luz, considerando las siguientes condiciones: tamaño de los árboles, Zonas de Fresnel y mantenimiento de la Red.



FIGURA 3-1: UBICACIÓN DE NODOS Y REPETIDORES

Fuente: Google Earth

- Estación cliente.** Es referida como la estación de usuario final. Estas estarán ubicadas en los centros educativos, las que recibirán el servicio de Internet. Para este proyecto se calcula un total de 14 computadoras (estaciones cliente) distribuidas entre los cuatro colegios de la siguiente manera: 5 computadoras en Puerto Esperanza, 3 computadoras en la Comunidad Nativa Conta, 3 computadoras en la Comunidad Nativa Nueva Esperanza y 3 computadoras en la Comunidad Nativa Balta.

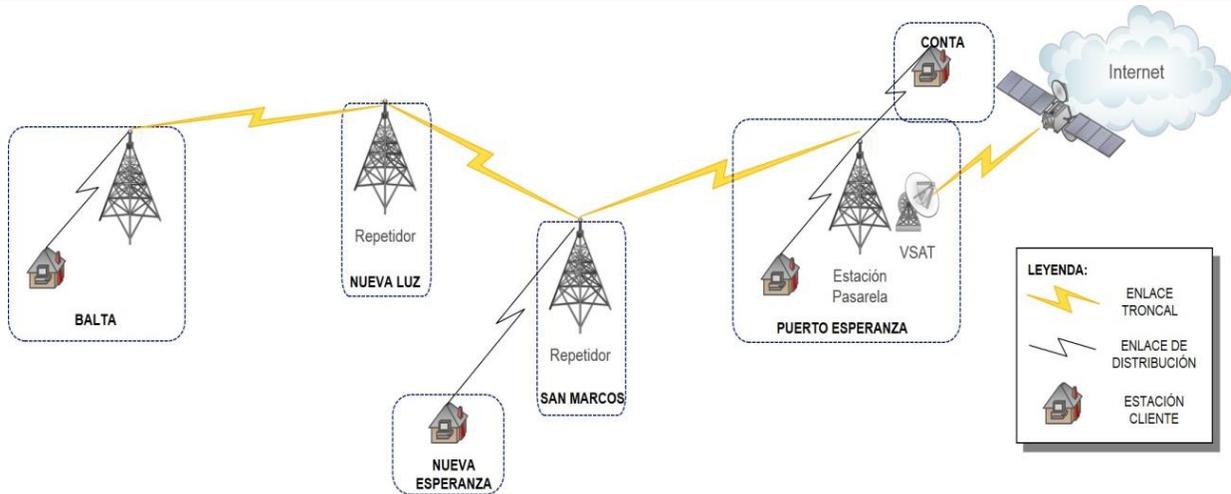


FIGURA 3-2: TOPOLOGÍA DE LA RED

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Red Troncal

La red troncal estará dada por el enlace principal que unirá los cuatro nodos que conforman la red. Para la ubicación de estos nodos se consideró zonas cercanas a los centros poblados que permitan acceder fácilmente a los nodos para la instalación y mantenimiento de la red.

Es a través de estos nodos que las estaciones clientes ubicadas en los cuatro colegios incluidos en este diseño tendrán salida a Internet a través de la estación pasarela ubicada en Puerto Esperanza.

Para este diseño se propone que los nodos de la Red Troncal se ubiquen en las siguientes coordenadas (Tabla 3-3):

TABLA 3-3: COORDENADAS DE LOS NODOS DE LA RED TRONCAL

Fuente: Elaboración Propia

Nodo	Latitud	Longitud
Nodo Puerto Esperanza	9°46'24.74"S	70°42'22.23"O
Repetidor San Marcos	9°52'34.72"S	70°52'39.91"O
Repetidor Nueva Luz	9°57'31.46"S	70°58'27.20"O
Nodo Balta	10° 5'45.28"S	71°11'0.56"O

3.3.1. Simulación de Radioenlaces

Se simularon los radioenlaces en el software *RadioMobile*, configurando los siguientes parámetros:

- **Frecuencia.** 2.4GHz
- **Polarización.** Vertical
- **Ganancia de Antena.** 24dBi
- **Potencia de Transmisión.** 25dBm
- **Sensibilidad de Recepción.** -87dBm

Con estos datos se obtuvieron los siguientes resultados:

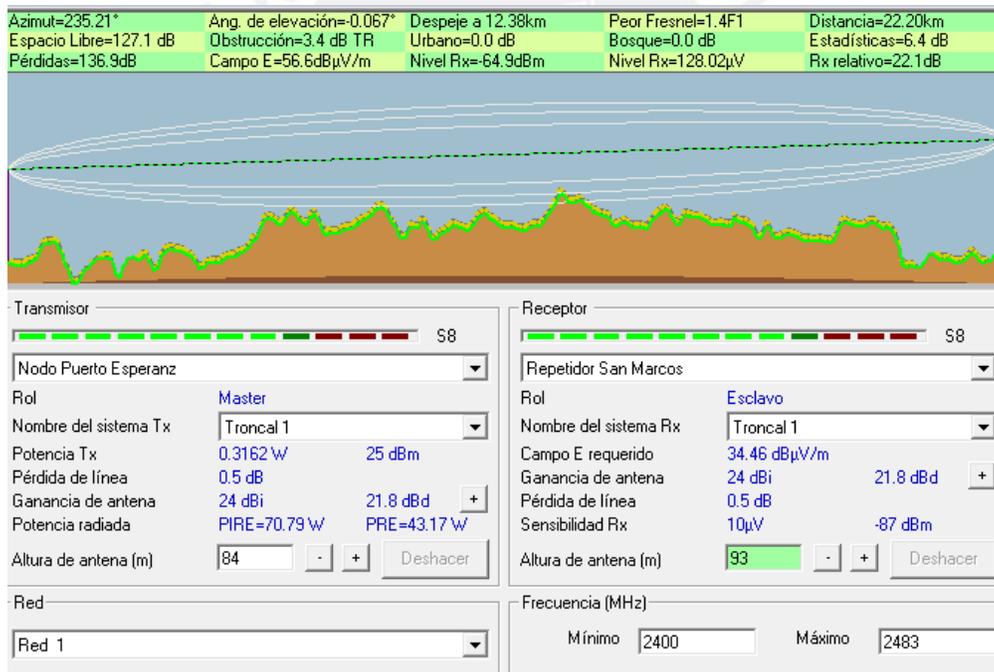


FIGURA 3-3: SIMULACIÓN DEL ENLACE NODO PUERTO ESPERANZA – REPETIDOR SAN MARCOS

Fuente: Elaboración Propia – RadioMobile

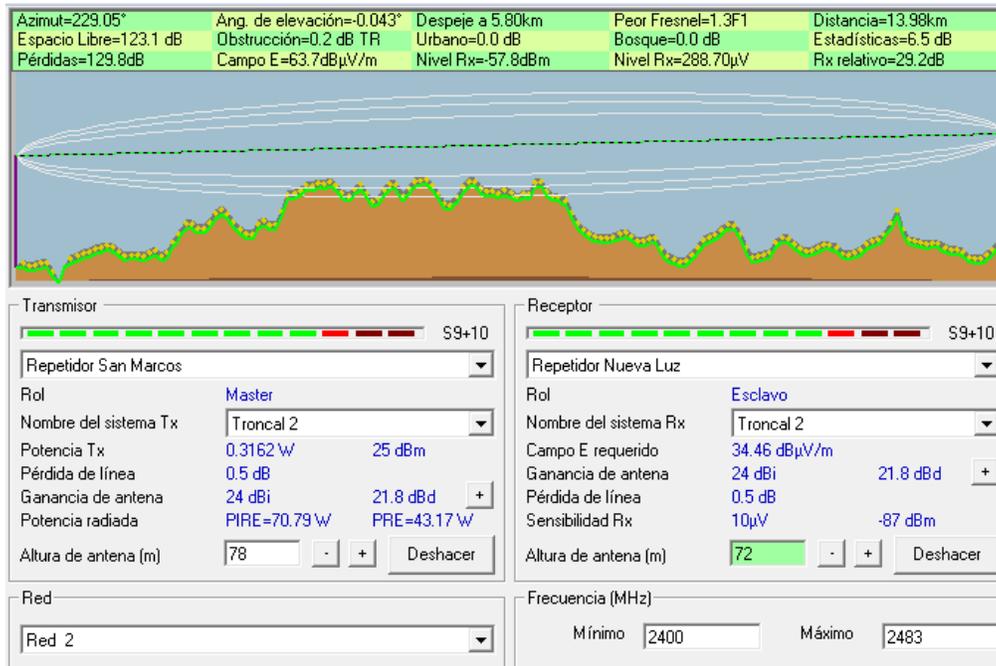


FIGURA 3-4: SIMULACIÓN DEL ENLACE REPETIDOR SAN MARCOS – REPETIDOR NUEVA LUZ

Fuente: Elaboración Propia - RadioMobile

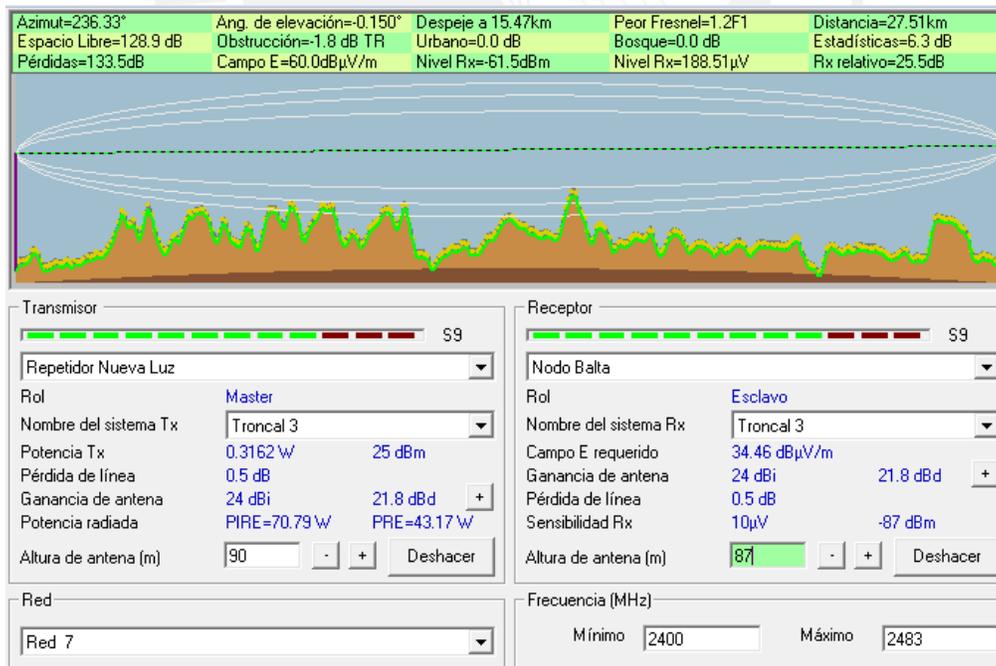


FIGURA 3-5: SIMULACIÓN DEL ENLACE REPETIDOR NUEVA LUZ – NODO BALTA

Fuente: Elaboración Propia – RadioMobile

3.3.2. Equipos de telecomunicaciones

Para la red troncal se considerarán equipos que puedan cumplir con los requerimientos de configuración usados en la simulación. Además cabe resaltar, que los equipos propietarios que encontramos en el mercado son en su mayoría de muy alto costo y además no se adecuan a los entornos rurales y de largas distancias como es en este caso. Para ello, se seleccionarán elementos que cumplan con las características requeridas para un enlace de largas distancias a bajo costo.

En la tabla 3-4 se detallan los equipos a necesitar:

TABLA 3-4: EQUIPOS DE LA RED TRONCAL

Fuentes: Anexo A, Anexo B y Anexo C

Equipo	Datos del Equipo	Características
Tarjeta Inalámbrica 802.11b	Fabricante: Mikrotik Modelo: R52H	Procesador: Atheros AR5414 Frecuencia: 802.11 a/b/g, 2.4GHz y 5GHz Voltaje de operación: 3.3VDC Puertos de antena: 2 u.fl Potencia de Transmisión: 25dBm (802.11b) Sensibilidad a 11Mbps: -87dBm (802.11b) Sistema Operativo: MikroTik RouterOS, Windows XP, GNU/Linux
Antena Grilla Parabólica	Fabricante: Netkrom Modelo: W24-24G	Antena direccional Banda ISM de 2.4GHz Ganancia: 24dBi Polarización: Horizontal o Vertical Potencia de entrada: 100 Watts Conector: N Hembra Peso: 2 Kgs
Placa Madre	Fabricante: Mikrotik Modelo: RB433AH	Procesador: Atheros AR7161 680MHz Memoria RAM: 128 MB Puertos Ethernet : 3 Slots miniPCI: 3 Sistema Operativo: RouterOS v3

3.3.3. Distribución de Equipos de telecomunicaciones de la Red Troncal

Para cada nodo de la red troncal, los equipos mencionados anteriormente estarían distribuidos de la siguiente manera:

- Equipos en Nodo Puerto Esperanza (Estación Pasarela):

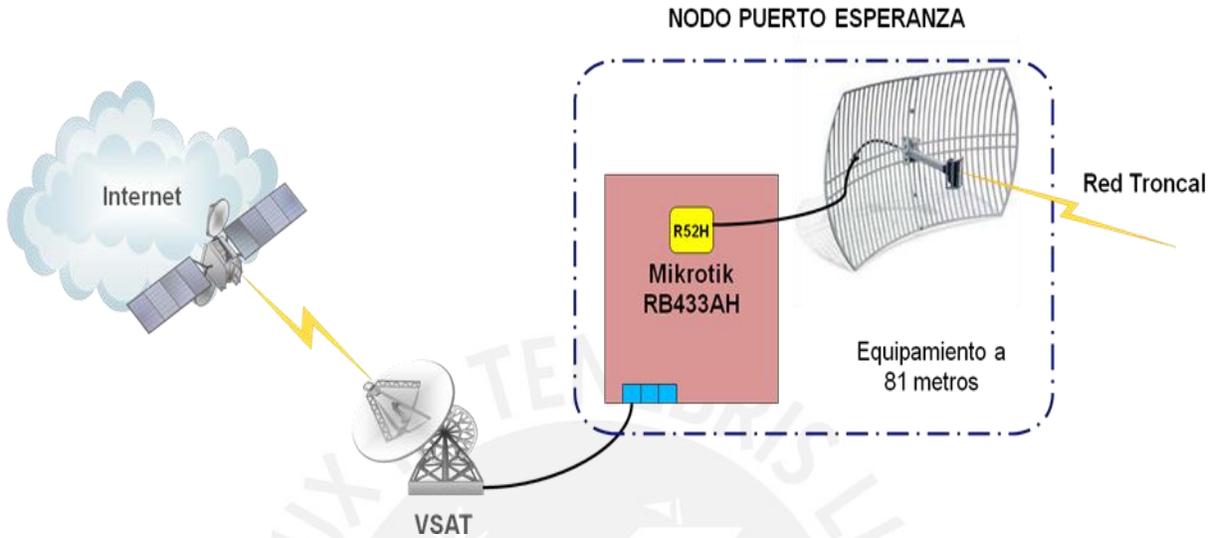


FIGURA 3-6: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN PASARELA

Fuente: Elaboración Propia

- Equipos en Repetidora San Marcos:

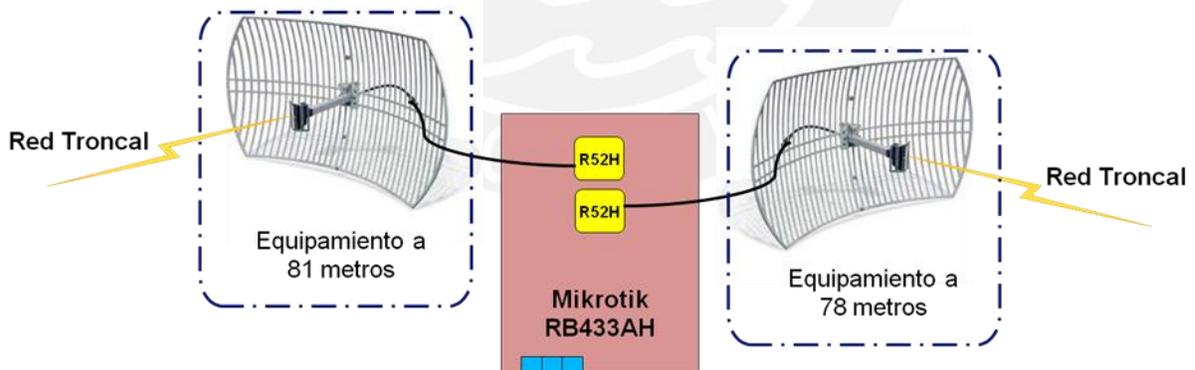


FIGURA 3-7: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN REPETIDORA SAN MARCOS

Fuente: Elaboración Propia

- Equipos en Repetidora Nueva Luz:

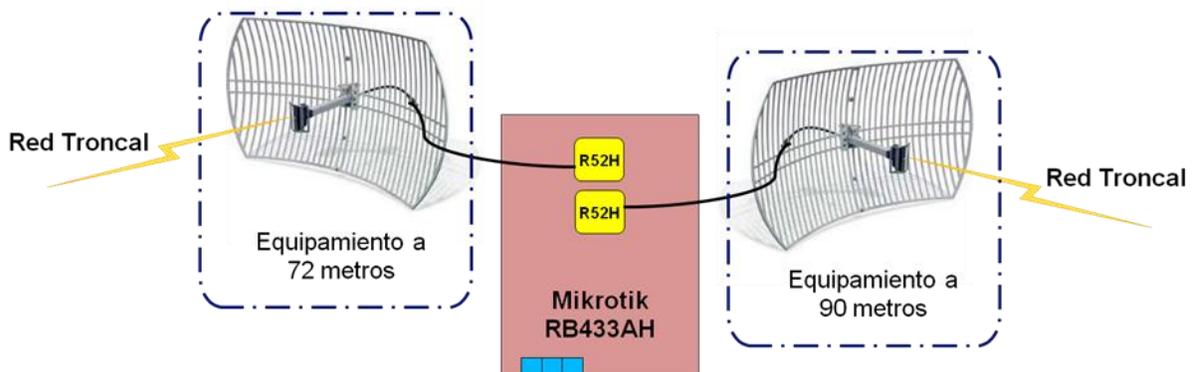


FIGURA 3-8: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN REPETIDORA NUEVA LUZ

Fuente: Elaboración Propia

- Equipos en Nodo Balta:

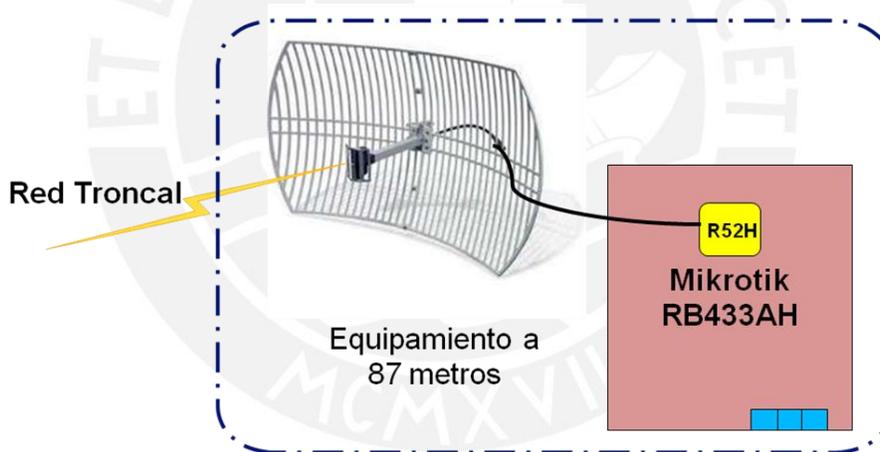


FIGURA 3-9: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN BALTA

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, tal como se obtuvo en la simulación, los equipos se encontrarán en torres que permitan alcanzar las alturas simuladas. Las alturas de estas torres se muestran en la tabla 3-5.

TABLA 3-5: ALTURA DE LAS TORRES DE LA RED TRONCAL

Fuentes: Elaboración Propia

Nodo	Altura de la torre
Nodo Puerto Esperanza	81 metros
Repetidor San Marcos	81 metros
Repetidor Nueva Luz	90 metros
Nodo Balta	87 metros

3.4. Red de Distribución

Esta parte de la red permitirá brindar acceso a Internet a los cuatro colegios de este proyecto. En todos los casos se observará que se trata de enlaces PtP.

Para el desarrollo del diseño de esta parte de la red, se han tomado en consideración, las coordenadas de los centros educativos indicadas en la tabla 3-1.

3.4.1. Simulación de Radioenlaces

Se simuló los radioenlaces en el software *RadioMobile*, configurando los siguientes parámetros:

- **Frecuencia.** 2.4GHz
- **Polarización.** Vertical
- **Ganancia de Antena.** 16dBi
- **Potencia de Transmisión.** 25dBm
- **Sensibilidad de Recepción.** -87dBm

Con estos datos se obtuvo los siguientes resultados para los enlaces de distribución entre los Nodos y los Centros Educativos.

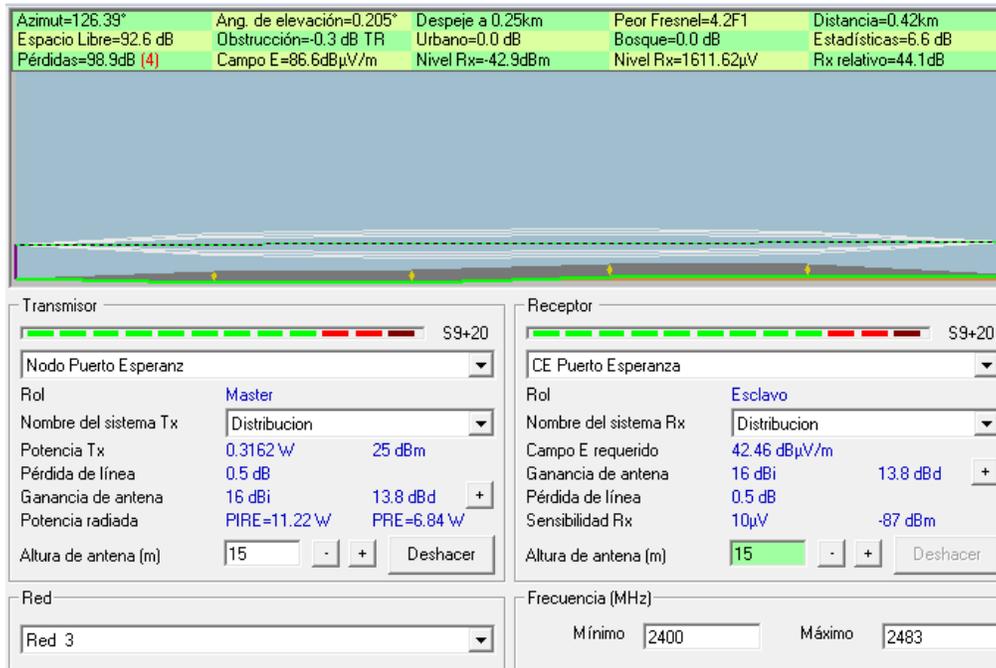


FIGURA 3-10: SIMULACIÓN DEL ENLACE NODO PUERTO ESPERANZA – C.E. PUERTO ESPERANZA

Fuente: Elaboración Propia - RadioMobile

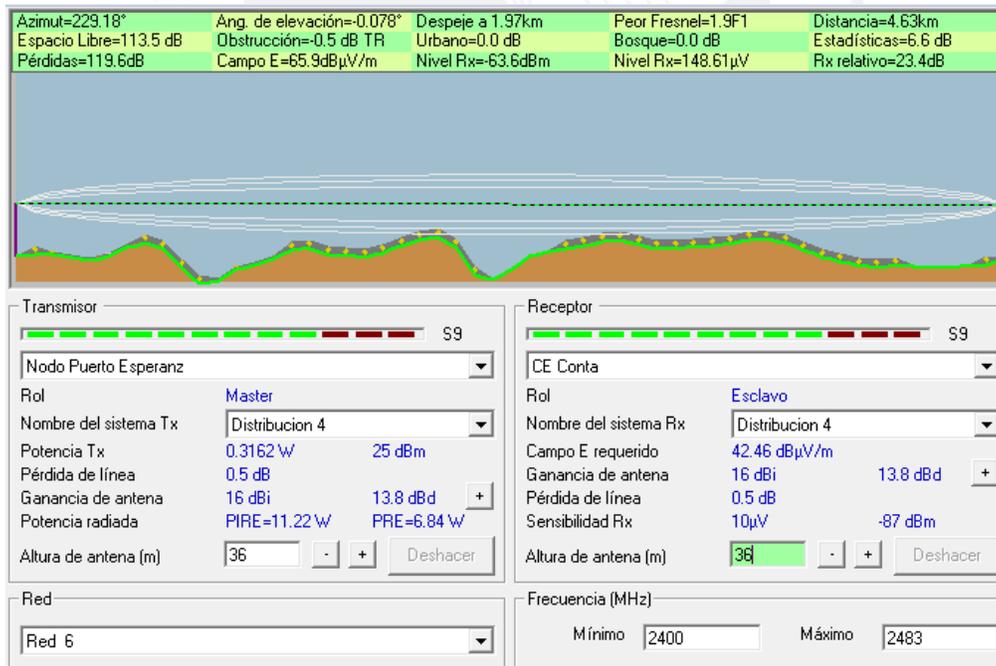


FIGURA 3-11: SIMULACIÓN DEL ENLACE NODO PUERTO ESPERANZA – C.E. CONTA

Fuente: Elaboración Propia - RadioMobile

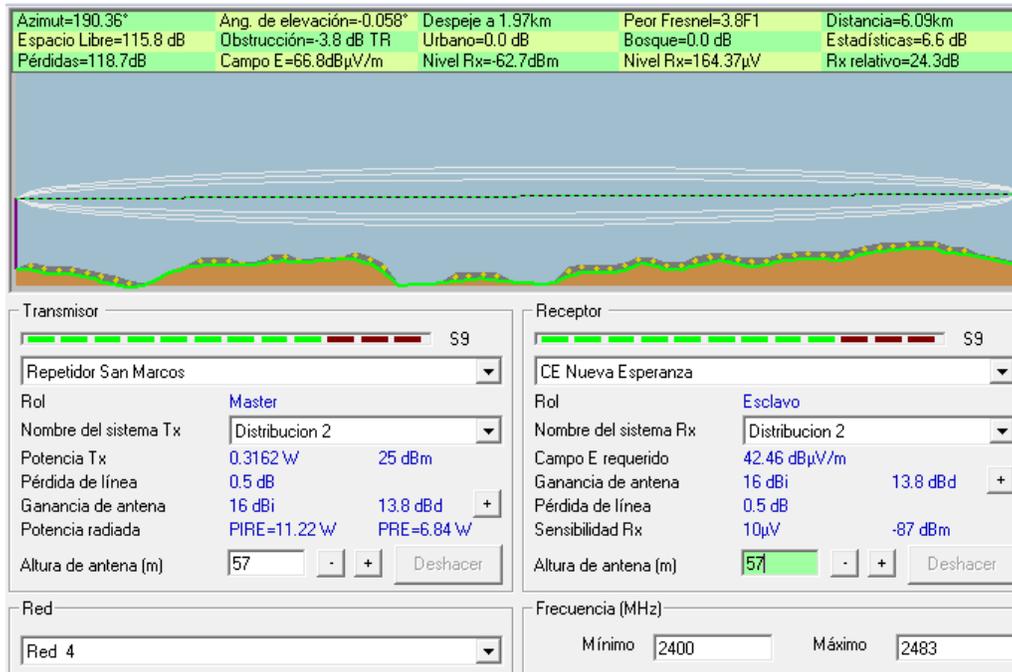


FIGURA 3-12: SIMULACIÓN DEL ENLACE REPETIDOR SAN MARCOS – C.E. NUEVA ESPERANZA

Fuente: Elaboración Propia - RadioMobile

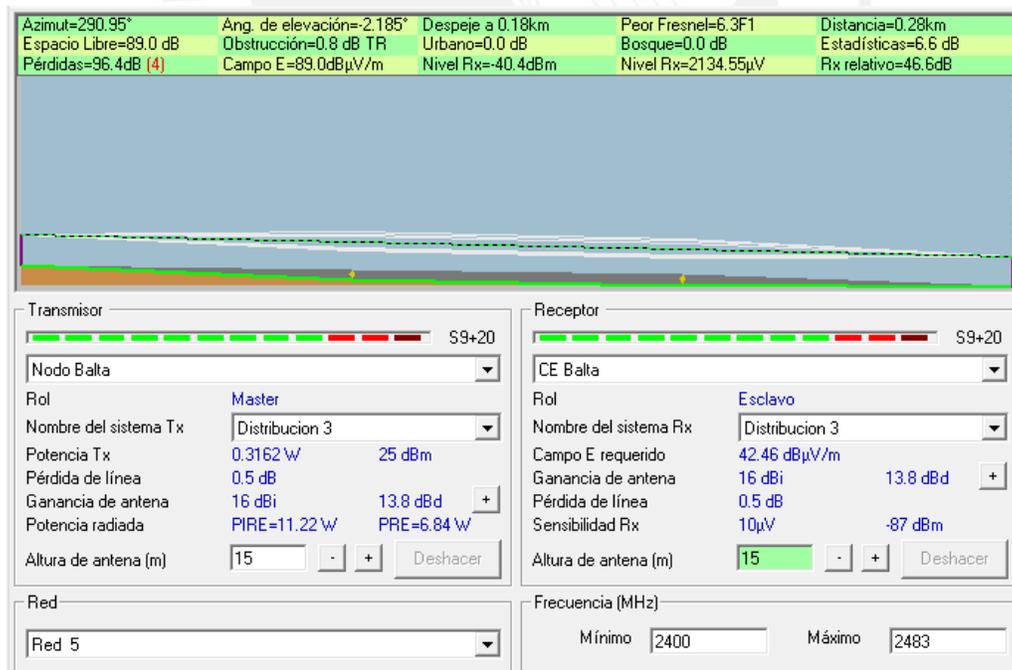


FIGURA 3-13: SIMULACIÓN DEL ENLACE NODO BALTA – C.E. BALTA

Fuente: Elaboración Propia - RadioMobile

3.4.2. Equipos de telecomunicaciones

Dado que se trata de la red de distribución se plantea el uso de antenas panel que permitan a las estaciones clientes conectarse a través de un *router* inalámbrico que reciba la señal y la distribuya a las computadoras conectadas a él.

TABLA 3-6: EQUIPOS DE LA RED DE DISTRIBUCION

Fuente: Anexo A, Anexo D y Anexo E

Equipo	Datos del Equipo	Características
Tarjeta Inalámbrica	Fabricante: Mikrotik Modelo: R52H	Procesador: Atheros AR5414 Frecuencia: 802.11 a/b/g, 2.4GHz y 5GHz Voltaje de operación: 3.3VDC Puertos de antena: 2 u.fl Potencia de Transmisión: 25dBm (802.11b) Sensibilidad a 11Mbps: -87dBm (802.11b) Sistema Operativo: MikroTik RouterOS, Windows XP, GNU/Linux
Antenas Panel	Fabricante: Netkrom Technologies Modelo: W24-16P	2.4 GHz Banda ISM IEEE 802.11b/g Ganancia: 16 dBi Polarización: Horizontal o Vertical Potencia de entrada: 100 Watts Conector: N Hembra Peso: 0.9 Kg
Routers	Fabricante: Mikrotik Modelo: RB751U-2HnD	CPU: Atheros AR7241 400MHz CPU Memoria: 32MB DDR SDRAM Puertos Fast Ethernet: 5 PoE: 8-30V DC on Ether1 Sistema Operativo: MikroTik RouterOS, Level4 license Antenas: 2x2 MIMO PIF, Ganancia max. 2.5dBi Sensibilidad a 54Mbps: -81dBm (802.11g)

3.4.3. Equipos de cómputo

Como ya se mencionó anteriormente, se plantea el uso de 14 computadoras distribuidas entre los 4 colegios. Para la localidad de Puerto Esperanza se asignarán 5 computadoras; para la comunidad de Conta, 3 computadoras; para la comunidad de Nueva Esperanza, 3 computadoras y finalmente 3 computadoras para la comunidad de Balta.

Para este proyecto se plantea el uso de computadoras de bajo consumo, lo que sería de gran ayuda, puesto que se hará uso de sistemas alternativos de energía, debido a que estas localidades no cuentan con servicio eléctrico alguno o, en el caso de Puerto

Esperanza, que solo cuenta con servicio por horas en las noches, lo cual no es lo adecuado ya que las clases escolares se desarrollan durante las horas de la mañana. Las computadoras a usar están basadas en placas madre Mini ITX que se caracterizan por su bajo consumo de energía.

3.4.4. Distribución de Equipos de telecomunicaciones y cómputo en la Red de Distribución

Los equipos de telecomunicaciones, mencionados anteriormente estarían distribuidos como se muestra en las figuras 3-13, 3-14 y 3-15.

Asimismo, tal como se obtuvo en la simulación con Radio Mobile, los equipos se encontrarán en torres que permitan alcanzar las alturas simuladas. Las alturas de las torres que se encuentran en los Centros Educativos se muestran en la tabla 3-4.

TABLA 3-7: ALTURA DE LAS TORRES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Fuentes: Elaboración Propia

Localidad	Altura de la torre
C.E. Puerto Esperanza	15 metros
C.E. Conta	36 metros
C.E. Nueva Esperanza	57 metros
C.E. Balta	15 metros

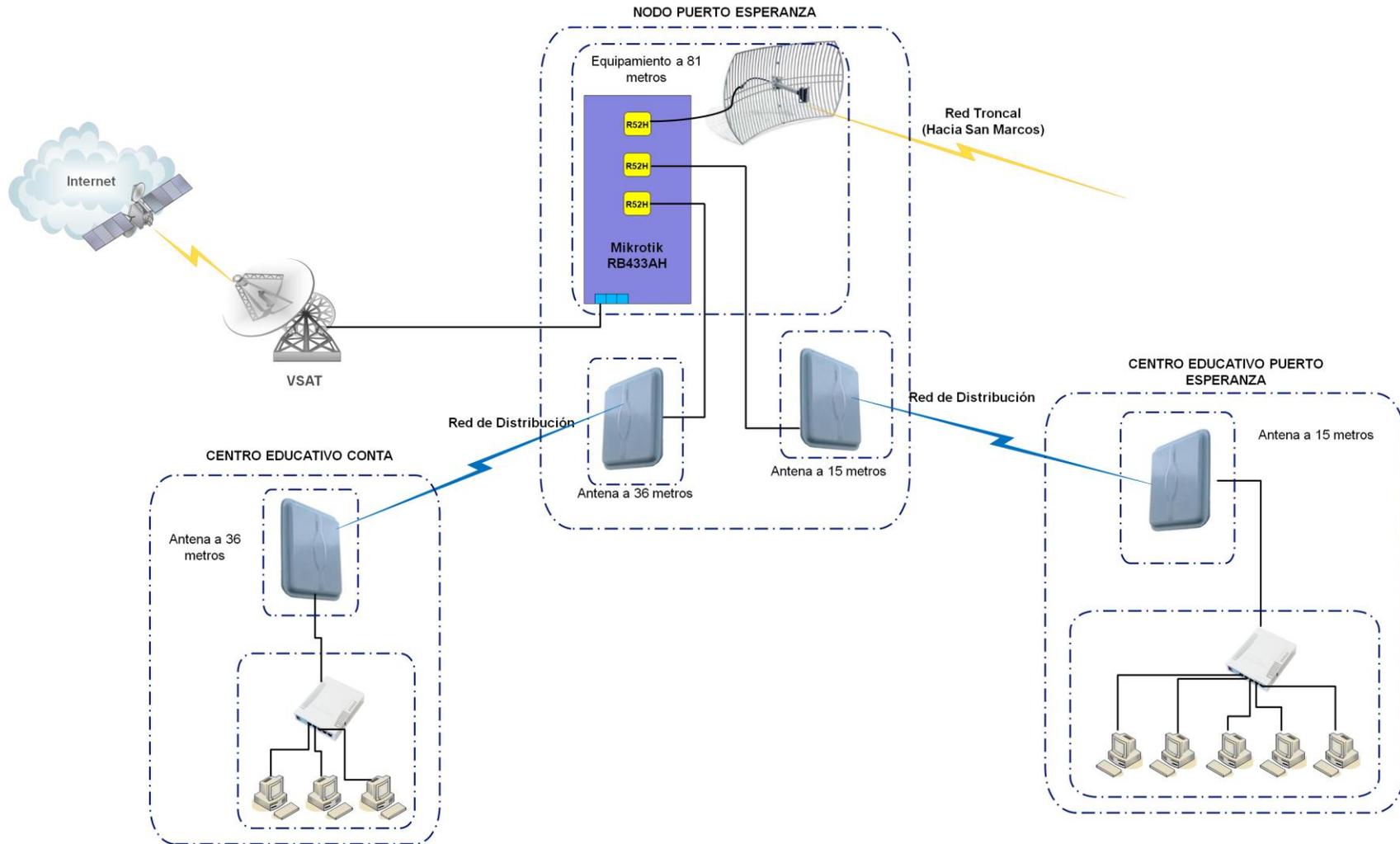


FIGURA 3-14: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN NODO PUERTO ESPERANZA

Fuente: Elaboración Propia

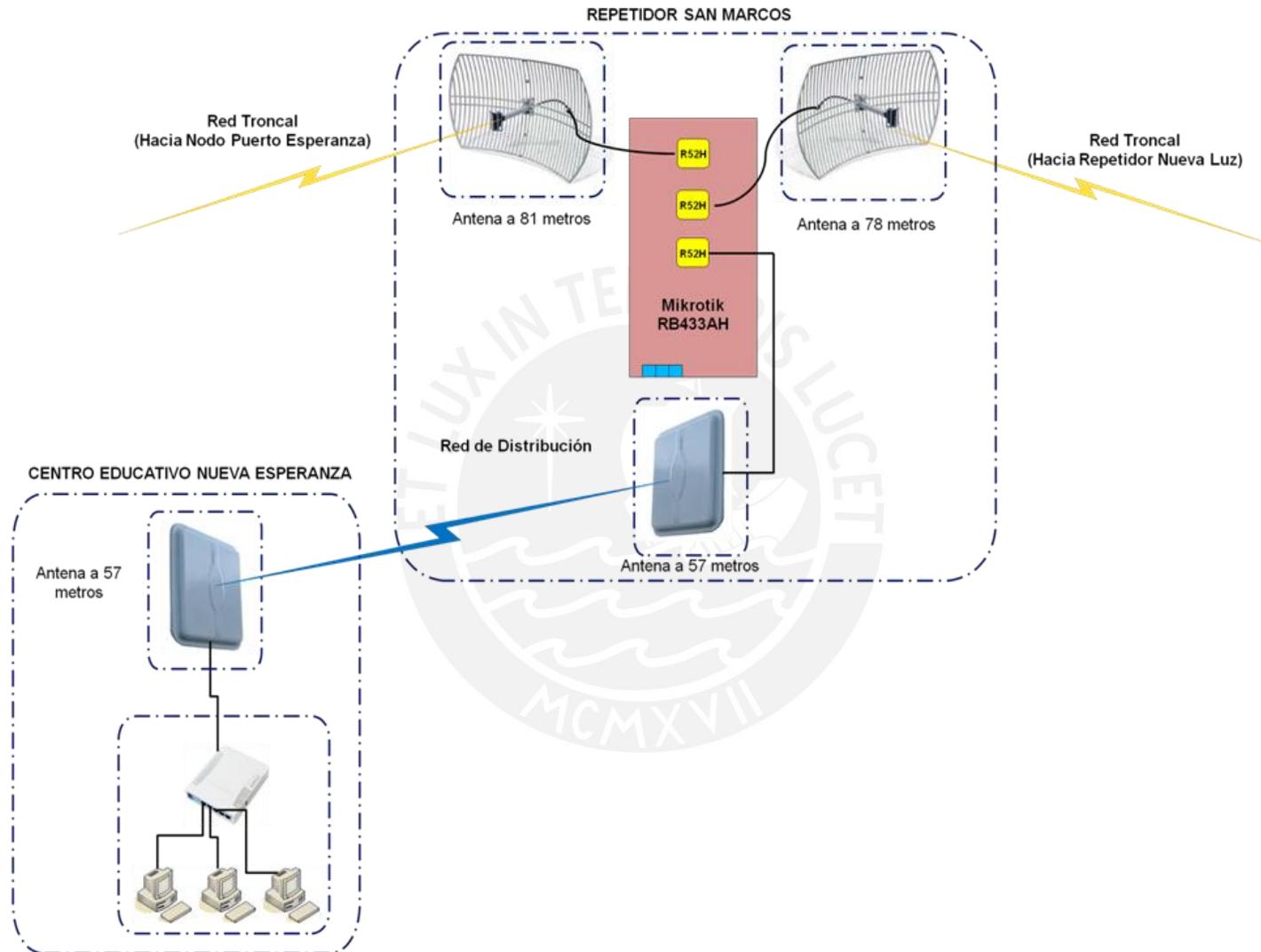


FIGURA 3-15: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN NODO SAN MARCOS

Fuente: Elaboración Propia

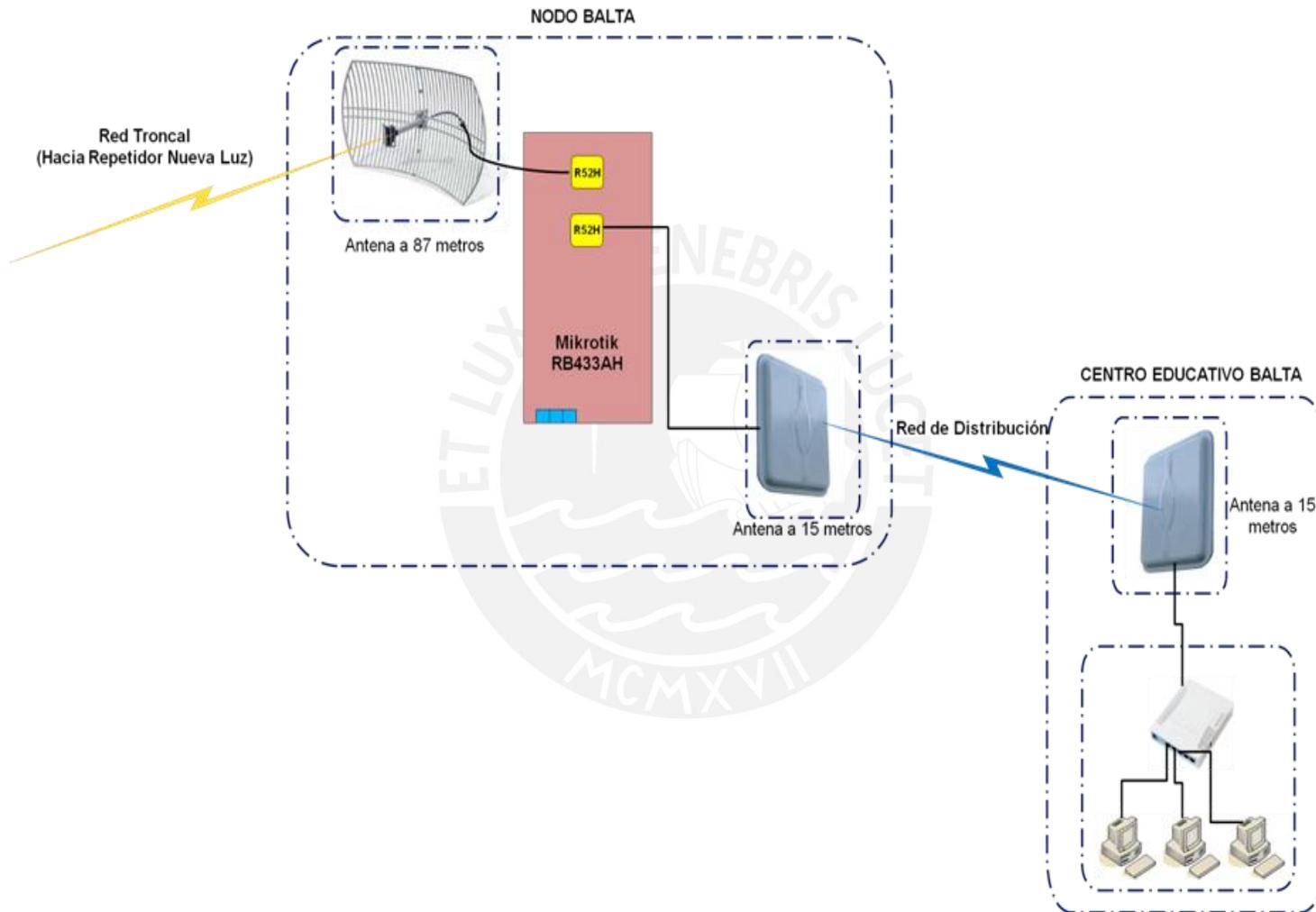


FIGURA 3-16: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN NODO BALTA

Fuente: Elaboración Propia

3.5. Sistemas de energía

Dado que en las localidades donde se brindará el servicio no se tiene un sistema de energía que pueda alimentar a los equipos durante las horas de clases, se plantea el uso de un sistema de energía basado en paneles solares.

- **Sistema de Energía para los Nodos del enlace.** Para los equipos ubicados en las torres del enlace es necesario usar los elementos principales de un Sistema Fotovoltaico (Paneles Solares, llaves termo magnéticas, controlador de corriente, batería de 12 V y cables de interconexión). Dado que los Sistemas Fotovoltaicos generan potencia a un voltaje CC de 12 V [GRU2007] no es necesario usar un inversor, ya que los equipos propuestos para los nodos trabajan con este voltaje.



FIGURA 3-17: ELEMENTOS DELS SISTEMA DE ENERGÍA

Fuente: "Selección de Sistemas Fotovoltaicos" [GRU2007]

- **Sistema de energía para las estaciones cliente.** A diferencia del sistema de energía usado en los nodos de la Red Troncal, en las estaciones cliente los equipos a usar trabajan con un voltaje mayor (220V) por lo cual es necesario usar un inversor para pasar el bajo voltaje dado por el sistema fotovoltaico a un voltaje mayor. [GRU2007]

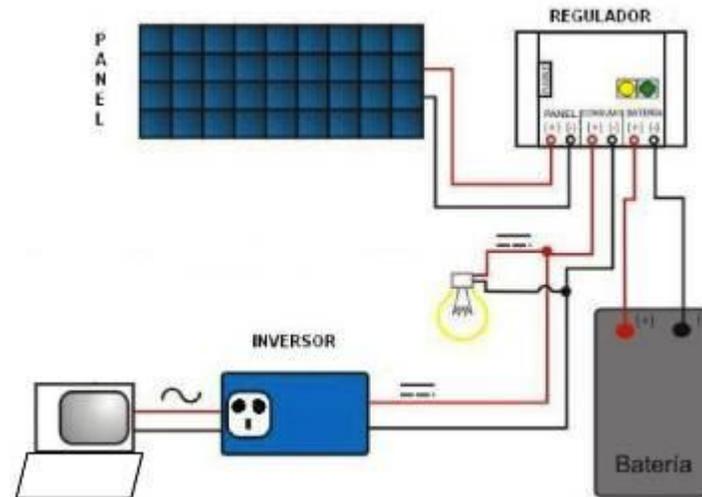


FIGURA 3-18: SISTEMA DE ENERGÍA PARA ESTACIONES CLIENTE

Fuente: “Energías Alternativas – Energía Solar” [AFI2007]

3.6. Sistema de protección eléctrica

Dado que el clima de la zona del Purús es tropical y presenta lluvias durante los meses de diciembre a abril, es recomendable el uso de un sistema de protección eléctrica que pueda proteger los equipos de posibles tormentas eléctricas y de la caída de rayos. Un sistema de protección eléctrica consta de tres elementos principales:

- **Pararrayos.** Es un elemento conductor que es capaz de atraer una descarga atmosférica y poder desviarla de algún equipo vulnerable del nodo o del colegio donde se encontrarán los equipos de cómputo.
- **Conductor bajante.** Es la conexión entre el pararrayos y el Sistema de Puesta a Tierra, por medio de éste pasa la descarga eléctrica del rayo hasta el sistema de puesta a tierra. De esta manera se evita una posible descarga letal o la electrificación de la estructura a proteger.
- **Sistema de puesta a tierra.** Es el sistema que dispersa la corriente de descarga proveniente del rayo.

Es importante indicar que el diseño del sistema de energía y el diseño del sistema de protección eléctrica son tratados en otra tesis, desarrollada por un egresado de Ingeniería Electrónica.

Capítulo 4: Plataforma Educativa basada en Moodle

4.1 Antecedentes

Para este capítulo es importante mencionar que los contenidos que forman parte de la plataforma educativa y el desarrollo de la misma, son tratados en otras tesis a cargo de un egresado de Ingeniería Informática y un bachiller en educación con especialidad en TICs. Por lo tanto, en este capítulo se hace una reseña de las opciones de plataformas educativas que se tienen en el mercado y cuál sería la más adecuada para su uso en la red de Purús.

4.2 Learning Management System (LMS)

LMS o Sistema de Gestión de Aprendizaje es un sistema integral de gestión, distribución, control y seguimiento de contenidos y recursos educativos en un entorno compartido de colaboración. [MOO2008] Su arquitectura y herramientas son apropiadas para clases en línea, así como también para complementar el aprendizaje presencial. Tienen como principales funciones [NEW2014]:

- Gestionar usuarios, materiales de estudio y actividades para la formación o enseñanza de un material determinado.
- Administrar el acceso.
- Controlar y hacer seguimiento al proceso de aprendizaje de los alumnos.
- Tomar evaluaciones y generar informes.
- Gestionar foros, videoconferencias, etc.

Los LMS pueden ser de 2 tipos, Comerciales y de Software Libre.

4.3 LMS Comerciales

Son de uso licenciado, por lo que se paga al desarrollador o distribuidor para su uso. Estos sistemas son generalmente robustos y con diversas funcionalidades que pueden adecuarse a las necesidades y presupuesto del proyecto. Entre las más conocidas se tiene Blackboard. [CLA2013]

4.3.1. Blackboard

Es un sistema de gestión de aprendizaje en línea, el cual representa un ambiente de integración entre tutor y participante. A partir del año 2005, ha comenzado a ser utilizada por diversas instituciones educativas en más de 60 países de todo el mundo. [CLA2013]

Las características, ventajas y desventajas de esta plataforma se muestran en la Tabla 4-1:

TABLA 4-1: CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS BLACKBOARD

Fuentes: “Analizamos 19 Plataformas e-learning” [CLA2013]

Características	Ventajas	Desventajas
Provee a sus usuarios: - Enseñanza y aprendizaje. - Construcción de comunidades. - Manejo y colaboración de contenidos. - Experiencias colaborativas. - Compromiso de mejora continua.	- Flexibilidad: permite la integración de otros LMS a la plataforma. - Repositorio: para almacenar objetos de aprendizaje, lo que asegura el manejo de los recursos educativos que se encuentran en los entornos de aprendizaje en línea. - Comunidades Virtuales: Potencia la interacción y el compartir contenidos. - Promueve la colaboración dentro y más allá del salón de clases. - Su diseño está basado en los principios de fácil usabilidad, rápida adopción, flexibilidad pedagógica y propicia experiencias de uso intuitivo. - Cuenta con programas especiales para no videntes.	- No tiene la posibilidad de obtener una versión local del curso. - La performance de la plataforma puede verse comprometida al configurar un servidor con muchos usuarios. - La interfaz necesita mejorarse para hacerla más sencilla. - Tiene desventajas asociadas a la seguridad.

Esta plataforma no representa una opción para su uso en esta red, debido al costo que genera su uso licenciado.

4.4 LMS de Software Libre

Son plataformas del tipo “*Open Source*”, por lo que cada usuario puede manipular código según las necesidades del proyecto. Algunas plataformas de este tipo son tan buenas o mejores que las comerciales. Entre las más conocidas se tienen Dokeos, Claroline y Moodle. [CLA2013]

4.4.1. Dokeos

Es una aplicación web gratuita de código abierto y está bajo la Licencia Pública General (GNU GPL). Posee una certificación de la organización por la *Open Source Initiative* (OSI) y puede ser usado como un sistema de gestión de contenido (CMS) para educación. Está traducido a más de 34 idiomas y es utilizado en más de 9900 organizaciones. [CLA2013]

Las características, ventajas y desventajas de esta plataforma se muestran en la Tabla 4-2:

TABLA 4-2: CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DOKEOS

Fuentes: “Analizamos 19 Plataformas e-learning” [CLA2013]

Características	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Lecciones SCORM. - Producción de documentos basados en plantillas. - Interacción: foros, chats, grupos y videoconferencias. - Conversión de presentaciones a cursos en SCORM. - Gestión de Blogs, Agenda, Anuncios, Glosario, Notas personales, Red social, Encuestas y Evaluaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Amplia variedad de herramientas. - Facilita la creación y organización de contenidos interactivos y ejercicios. - Código disponible para que cualquiera pueda hacer uso del mismo o hacer adaptaciones de acuerdo a sus necesidades. - Usabilidad y confiabilidad. - Soporta varios lenguajes. - Alta modularidad y tecnología plug-in. 	<ul style="list-style-type: none"> - Carece de un menú siempre a la vista. - Puede requerir mucho tiempo que los profesores manejen adecuadamente la plataforma. - No dispone de herramientas de búsqueda. - Dificultad con herramientas de creación de contenidos. - Se adapta mejor a la modalidad auto-estudio. - Versión libre dispone de pocas herramientas. La versión profesional tiene costo. - Necesita 4 BD diferentes y algunos proveedores de hosting no ofrecen 4 BD con el mismo usuario y contraseña.

Esta plataforma tiene algunas desventajas que no la hacen apropiada para su desarrollo en Purús. Como es el caso del tiempo de aprendizaje que podría requerir el uso de la plataforma, así como el costo que habría que pagar por la versión profesional (que tiene todas las herramientas) y el uso de 4 Bases de Datos diferentes. Por lo tanto esta opción quedaría descartada.

4.4.2. Claroline

Es un sistema de gestión de aprendizaje online desarrollado en PHP/MySQL. Originalmente desarrollado en el IPM (Instituto Pedagógico Universitario de Multimedia de la Universidad Católica de Lovain - Bélgica). Actualmente también participa en el desarrollo de esta plataforma, el Centro de Investigación y Desarrollo (CERDECAM), del Instituto Superior de Ingeniería Belga (ECAM).

Claroline es un proyecto de *software* libre que se distribuye con licencia GNU/GPL. Basado en PHP, utiliza MySQL como Sistema de Gestión de Base de Datos. Está disponible para plataformas y navegadores libres, así como para plataformas y navegadores propietarios. [CLA2014]

Las características, ventajas y desventajas de esta plataforma se muestran en la Tabla 4-3:

TABLA 4-3: CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS CLAROLINE

Fuentes: “Analizamos 19 Plataformas e-learning” [CLA2013]

Características	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Publicación de documentos en cualquier formato. - Administración de chats y foros. - Creación de grupos. - Creación y administración de ejercicios y listas de enlaces. - Agenda que permite anunciar tareas y plazos. - Publicación de anuncios vía email o portada del curso. - Supervisión de acceso y progreso de estudiantes. - Agrupación de los contenidos en temas o módulos. - Gestión de estadísticas. 	<ul style="list-style-type: none"> - No tiene límite de usuarios. - Las actividades de administración son sencillas. - La interfaz es funcional e intuitiva facilitando la navegación. - Cuida la estética de los cursos 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenta con pocos módulos y plugins para descargar. - Ligera dificultad en su personalización. - Herramienta de chat lenta. - Limitantes en los servicios que puede configurar el administrador. - Dificultad al abrir archivos. - No tiene la opción de exportación de cursos.

Esta es una buena opción a considerar para la plataforma que se implemente en Purús. Sin embargo, para esta red sería necesario no tener limitantes en los servicios que debe configurar el administrador y no presentar dificultades al abrir archivos. Por lo tanto esta opción también quedaría descartada.

4.4.3. Moodle

Moodle es un acrónimo inglés de la frase “*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*” que traducido al español sería “Ambiente dinámico de aprendizaje modular orientado a objetos”. Es un sistema de manejo de la enseñanza de código abierto, bajo la Licencia Pública General de GNU, que permite crear una poderosa, flexible y atractiva experiencia de aprendizaje en línea.

Moodle ha sido diseñado para soportar *Social Constructionism* (Construccionismo Social), el cual es un tipo de aprendizaje interactivo, cuya filosofía es que la gente aprende mejor cuando interactúan con el material de aprendizaje, construyen nuevo material e interactúan con otros estudiantes.

Es utilizado por un gran número de instituciones educativas y no educativas. [CLA2013]

Las características, ventajas y desventajas de esta plataforma se muestran en la Tabla 4-4:

TABLA 4-4: CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS MOODLE

Fuentes: “Analizamos 19 Plataformas e-learning” [CLA2013]

Características	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Estudiantes y profesores pueden contribuir a la experiencia educativa de varias maneras. - Forma parte de una gran comunidad en constante crecimiento, haciendo el sistema muy dinámico. - Existen alrededor de 20 tipos de actividades disponibles y cada una puede ser adaptada a las necesidades propias de cada curso. - Permite combinar las actividades en secuencias y grupos, ayuda al docente a guiar a los participantes. - Se encuentra traducido a más de 70 idiomas. 	<ul style="list-style-type: none"> - El profesor tiene absoluto control sobre los contenidos del curso. - Autogestión del tiempo. - En los exámenes permite subir archivos como resultados. - Completa información del trabajo realizado por los alumnos. - Reutilización de los cursos. - Posibilidad de compartir cursos y/o recursos. - Gestión de encuestas y actividades. - El profesor da feedback continuo. - Dispone de varios temas o plantillas. - La interfaz es funcional y fácil de usar. - Cálculo de notas inmediato. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prescinde de algunas herramientas pedagógicas. - No integra automáticamente el uso de videoconferencias. - La estructura de navegación, tanto para la creación de contenidos como para la administración del sitio, es poco amigable y utiliza muchos recursos de la red, provocando lentitud en el acceso. - No tiene la posibilidad de realizar la gestión económica – financiera de los alumnos.

Esta plataforma es una buena opción ya que se adecúa a las necesidades de los usuarios y se encuentra ampliamente difundida, por lo que se encuentra en constante evolución y actualización.

Capítulo 5: Análisis de Operación, Mantenimiento y Presupuesto de la red

5.1. Generalidades

Considerando que se trata de un proyecto para el ámbito rural y con sentido social, es un punto importante a evaluar un plan de Operación y Mantenimiento de la red, de manera que se pueda llevar un correcto control de la red y de las posibles fallas que este pudiera presentar en el día a día y a su vez proponer un método de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema.

Es importante recalcar que estos puntos deben ser evaluados considerando que un ente administrativo debe ser el que se encargue de controlar que una vez hecha la instalación de la red se cumpla con lo propuesto.

En este capítulo también se describirán los gastos que genera llevar a cabo un proyecto como este, considerando los gastos de los equipos, instalaciones, mano de obra y traslado; así como los costos de Operación y Mantenimiento que este pueda generar.

5.2. Administración de la red

Es importante considerar que un proyecto no puede llegar a ser exitoso si no se tiene una correcta administración. Por este motivo es necesario proponer un ente administrativo que pueda controlar el contenido de la información de la red y a su vez brindar el mantenimiento técnico necesario que permita a la red trabajar a su máximo potencial.

Dado que el público objetivo de este proyecto es el sector educativo conformado tanto por profesores y alumnos, se considera como un posible administrador a la UGEL Purús quienes como Unidad de Gestión Educativa local son los más indicados para llevar un control del contenido educativo del sistema Moodle; específicamente sería esta institución la que desempeñe el cargo de administrador del sistema.

A su vez, se necesita a un ente encargado de velar por el soporte técnico del sistema de manera que este se desempeñe correctamente y con las menores fallas posibles. Para este caso, se debe abogar por trabajar con una entidad como el Municipio de la localidad quienes se desempeñarían como encargados de administrar al personal encargado del soporte técnico, además de velar para que se cumplan las rondas de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema.

5.3. Operación de la red

Para el correcto funcionamiento de la red es importante tener en cuenta el buen mantenimiento de los equipos que conforman la red de manera que se pueda asegurar su buen aprovechamiento por parte de los usuarios y su conservación en el tiempo.

Para lograr un buen desempeño y control de la red es recomendable el manejo de reportes mensuales que deben ser realizados por los técnicos de mantenimiento de la red. Estos reportes deben hacerse llegar a la entidad encargada del soporte, en este caso al Municipio de la localidad.

Además cabe recalcar que un indicador importante del desempeño de la red, es el usuario, quien al detectar un problema en algún equipo del sistema o en el desempeño de la red, debe de reportarlo para que el encargado del soporte técnico pueda solucionarlo.

Dado que los usuarios son los que interactúan con las estaciones clientes, es necesario establecer que estos equipos, tanto de cómputo como de red, no deben ser manipulados por ellos, evitando en todo momento que cualquier maniobra en los componentes de los

equipos pueda causar alguna avería en ellos. Por lo que, solo es permitido que el personal técnico sea quienes puedan manipular cualquier equipo del sistema.

5.4. Mantenimiento de la red

Para el mantenimiento de la red, las instituciones beneficiarias serán las encargadas de planificar y gestionar las actividades de mantenimiento de la red

Para poder explicar mejor el tipo de mantenimiento a realizar en una red de este tipo se evaluarán dos aspectos: el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.[JUA2009]

5.4.1. Mantenimiento Preventivo

En el mantenimiento preventivo del sistema se debe evaluar dos niveles: el primero concierne a las tareas básicas que debe realizar personal encargado de mantenimiento básico sin preparación técnica necesaria, estas tareas son las que se llevan a cabo con mayor frecuencia y el segundo involucra a las actividades de mayor complejidad pero que se realizan con menos frecuencia, que son hechas por el personal técnico. [JUA2009]

Entre los trabajos de mantenimiento preventivo a realizar se encuentran:

- a) Actividades del personal de mantenimiento básico:
 - **Mantenimiento de Baterías.** Actividad de frecuencia semanal, para la cual se requiere la revisión del nivel de agua.
 - **Mantenimiento de pozos de puesta a tierra.** Actividad de frecuencia mensual, para la cual se debe realizar el vertido de agua a los pozos.
 - **Mantenimiento de Paneles Solares.** Actividad de frecuencia bimestral para la cual se debe hacer una limpieza de ellos y la verificación de su estado.
 - **Mantenimiento de vientos y ferretería de torre.** Corresponde principalmente a realizar limpieza de la malesa, el engrase de la ferretería y la verificación de tensión de los vientos. Actividad de frecuencia bimestral.
 - **Mantenimiento de equipos y ambiente de trabajo.** Corresponde a la limpieza que se debe hacer a los equipos y el ambiente de trabajo donde se encuentren. [JUA2009]

b) Actividades de los técnicos:

Actividades para realizarse semestralmente, pero también pueden ser efectuadas cuando se necesite la visita del personal técnico debido a alguna avería. Entre estas actividades se encuentran:

- **Medición de voltajes y continuidad.** Medición de voltajes del regulador y voltaje de salida del inversor.
- **Mantenimiento de caja de distribución.** Verificar y asegurar las conexiones de bornera y baterías, así como su limpieza.
- **Mantenimiento de Sistema Informático.** Revisión de funcionamiento y configuración de las computadoras.
- **Capacitación.** Refuerzo de los usuarios y del personal técnico de mantenimiento.
- **Mantenimiento de vientos y ferretería de torre.** Verificación y corrección del estado de los vientos y ferretería.
- **Mantenimiento del Sistema Radiante.** Medición de potencia de las antenas, así como su limpieza y revisión de conectores. Y cada 5 años el reemplazo de cables coaxiales y de las antenas.
- **Revisión del Sistema de Puesta a Tierra.** Medición de la resistencia de los pozos de puesta a tierra.
- **Reemplazo de baterías.** Proceso realizado cada 5 años, donde se lleva a cabo el desmontaje de las baterías existentes y la instalación de nuevas.
[JUA2009]

5.4.2. Mantenimiento Correctivo

Dentro del mantenimiento correctivo, el principal proceso es la notificación y atención de averías. Para este proceso se debe considerar un orden lógico y secuencial de eventos:

- a) **Reporte y detección de averías.** Cuando los usuarios detecten fallas ocurridas en el sistema deberán comunicarlo al personal técnico a través de un reporte. Una vez que el técnico encargado reciba el reporte, deberá brindar asesoría remota para ayudar al usuario a solucionar el problema. En caso de no lograr una solución, el personal técnico hará las

coordinaciones necesarias para enviar al personal especialista a resolver el problema. [JUA2009]

- b) **Atención de averías.** Cuando se haya programado la visita del personal técnico en el colegio, se recomienda que el personal técnico lleve herramientas y algunos repuestos (según el problema reportado). Todas las actividades realizadas en la Atención de averías deberán ser registradas en un informe que será entregado al Municipio o entidad administradora para que lleve un control exacto de lo realizado en el colegio. [JUA2009]

5.5. Presupuesto

Para poder tener una visión más clara del presupuesto aproximado de este proyecto se valuarán 2 puntos importantes: Costos de Equipos e Infraestructura; así como Costos de Operación y Mantenimiento.

En todos los puntos a analizar se está considerando el tipo de cambio en S/. 2.73.

5.5.1. Costos de Equipos e Infraestructura

La red de este diseño presenta 4 etapas (Estación Pasarela, Red Troncal, Red de Distribución y las Estaciones Clientes), por lo que el análisis de costos se hará para cada etapa.

- **Estación Pasarela.** En este caso se han dividido los costos en 3 categorías: Equipos de Telecomunicaciones, Sistema de Energía y Protección Eléctrica y Transporte, Obra Civil e Instalación. Los precios para cada categoría se indican en las Tablas 5-1, 5-2 y 5-3. Dando un total de inversión de S/. 20,133.45 (Tabla 5-4).

TABLA 5-1: ESTACIÓN PASARELA – EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES

Fuentes: Elaboración Propia

EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES			
Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Equipos e Instalación VSAT	1	S/. 8,463.00	S/. 8,463.00
Servidor Proxy	1	S/. 1,417.00	S/. 1,417.00
Total (Equipos Telecomunicaciones)			S/. 9,880.00

TABLA 5-2: ESTACIÓN PASARELA – SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA

Fuentes: Elaboración Propia

SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Sistema de Energía (<u>Incluye:</u> 2und. Módulos Fotovoltaicos 12Vdc 80Wp, 1und Soporte de Módulos Fotovoltaicos, 1und Controlador de carga 12Vdc 20A, 2und Baterías de aplicación Fotovoltaica y 1und Inversor de Corriente)	1	S/. 3,794.70	S/. 3,794.70
Sistema Integral de Protección Eléctrica (<u>Incluye:</u> 1und. Pararrayos Tetrapuntal Tipo Franklyn, 2und. Sistemas de Puesta a Tierra, 1und. Protector de línea y 1und. Barra Master)	1	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
Total (Sistema de Energía y Protección Eléctrica)			S/. 5,794.70

TABLA 5-3: ESTACIÓN PASARELA – TRANSPORTE, OBRA CIVIL E INSTALACIÓN

Fuentes: Elaboración Propia

TRANSPORTE, OBRA CIVIL E INSTALACIÓN			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Materiales y Obra Civil del Site	1	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00
Transporte e Instalación de Equipos	-	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
Total (Transporte, Obra Civil e Instalación)			S/. 3,500.00

TABLA 5-4: PRESUPUESTO TOTAL ESTACIÓN PASARELA

Fuentes: Elaboración Propia

ESTACIÓN PASARELA	
Total Equipos Telecomunicaciones	S/. 9,880.00
Total Sistema de Energía y Protección Eléctrica	S/. 5,794.70
Total Transporte, Obra Civil e Instalación	S/. 3,500.00
Otros y/o Imprevistos	S/. 958.75
Total Estación Pasarela	S/. 20,133.45

- **Red Troncal.** En este caso también se han dividido los costos en 3 categorías: Equipos de Telecomunicaciones, Sistema de Energía y Protección Eléctrica y Transporte, Obra Civil e Instalación. Los precios para cada categoría se indican en las Tablas 5-5, 5-6 y 5-7. Dando un total de inversión de S/. 151,426.77 (Tabla 5-8).

TABLA 5-5: RED TRONCAL – EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES

Fuentes: Elaboración Propia

EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES				
Equipo	Modelo	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Tarjeta Inalámbrica 802.11b Mikrotik	R52H	6	S/. 163.66	S/. 981.96
Antena Grilla Parabólica Netkrom	W24-24G	6	S/. 351.19	S/. 2,107.14
Placa Madre Mikrotik	RB433AH	4	S/. 546.00	S/. 2,184.00
Total (Equipos Telecomunicaciones)				S/. 5,273.10

TABLA 5-6: RED TRONCAL – SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA

Fuentes: Elaboración Propia

SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Sistema de Energía (<u>Incluye:</u> 1und. Módulos Fotovoltaicos 12Vdc 80Wp, 1und Soporte de Módulos Fotovoltaicos, 1und Controlador de carga 12Vdc 20ª y 1und Baterías de aplicación Fotovoltaica)	4	S/. 1,883.70	S/. 7,534.80
Sistema Integral de Protección Eléctrica (<u>Incluye:</u> 1und. Pararrayos Tetrapuntal Tipo Franklyn, 2und. Sistemas de Puesta a Tierra, 1und. Protector de línea y 1und. Barra Master)	4	S/. 2,000.00	S/. 8,000.00
Total (Sistema de Energía y Protección Eléctrica)			S/. 15,534.80

TABLA 5-7: RED TRONCAL – TRANSPORTE, OBRA CIVIL E INSTALACIÓN

Fuentes: Elaboración Propia

TRANSPORTE, OBRA CIVIL E INSTALACIÓN			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Materiales y Obra Civil del Site	4	S/. 2,000.00	S/. 8,000.00
Torre Ventada 81m	2	S/. 18,206.37	S/. 36,412.74
Torre Ventada 87m	1	S/. 19,554.99	S/. 19,554.99
Torre Ventada 90m	1	S/. 20,229.30	S/. 20,229.30
Transporte e Instalación de 4 Torres Ventadas	-	S/. 20,000.00	S/. 20,000.00
Transporte e Instalación de Equipos (Telecomunicaciones, Energía y Protección Eléctrica) por 4 Sites	-	S/. 30,000.00	S/. 30,000.00
Total (Transporte, Obra Civil e Instalación)			S/. 134,197.03

TABLA 5-8: PRESUPUESTO TOTAL RED TRONCAL

Fuentes: Elaboración Propia

RED TRONCAL	
Total Equipos Telecomunicaciones	S/. 5,273.10
Total Sistema de Energía y Protección Eléctrica	S/. 15,534.80
Total Transporte, Obra Civil e Instalación	S/. 134,197.03
Otros y/o Imprevistos	S/. 7,750.25
Total Red Troncal	S/. 162,755.18

- **Red de Distribución.** En este caso se han dividido los costos en 2 categorías: Equipos de Telecomunicaciones y Transporte e Instalación. Los precios para cada categoría se indican en las Tablas 5-9 y 5-10. Dando un total de inversión de S/. 5,975.16 (Tabla 5-11).

TABLA 5-9: RED DE DISTRIBUCIÓN – EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES

Fuentes: Elaboración Propia

EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES				
Equipo	Modelo	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Tarjeta Inalámbrica 802.11b Mikrotik	R52H	4	S/. 163.66	S/. 654.64
Antena Panel Netkrom	W24-16P	4	S/. 258.88	S/. 1,035.52
Total (Equipos Telecomunicaciones)				S/. 1,690.16

TABLA 5-10: RED DE DISTRIBUCIÓN – TRANSPORTE E INSTALACIÓN

Fuentes: Elaboración Propia

TRANSPORTE E INSTALACIÓN			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Transporte e Instalación de Equipos	4	S/. 1,000.00	S/. 4,000.00
Total (Transporte e Instalación)			S/. 4,000.00

TABLA 5-11: PRESUPUESTO TOTAL RED DE DISTRIBUCIÓN

Fuentes: Elaboración Propia

RED DE DISTRIBUCION	
Total Equipos Telecomunicaciones	S/. 1,690.16
Total Transporte e Instalación	S/. 4,000.00
Otros y/o Imprevistos	S/. 285.00
Total Red de Distribución	S/. 5,975.16

- **Estaciones Clientes.** En este caso se han dividido los costos en 3 categorías: Equipos de Cómputo y Telecomunicaciones, Sistemas de Energía y Protección Eléctrica y Transporte, Obra Civil e Instalación. Los precios para cada categoría se indican en las Tablas 5-12, 5-13 y 5-14. Dando un total de inversión de S/. 124,993.57 (Tabla 5-15).

TABLA 5-12: ESTACIONES CLIENTES - EQUIPOS DE CÓMPUTO Y TELECOMUNICACIONES

Fuentes: "Productos" [MES2013] – Elaboración Propia

EQUIPOS DE CÓMPUTO Y TELECOMUNICACIONES				
Equipo	Modelo	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Computadora	Mini ITX	14	S/. 678.16	S/. 9,494.24
Monitor LED 15.6"	16EN33S-B / LG	14	S/. 307.26	S/. 4,301.64
Mouse y Teclado	Genius	14	S/. 40.07	S/. 560.98
Proyector y Ecran	ViewSonic	4	S/. 1,521.33	S/. 6,085.32
Antena Panel Netkrom	W24-16P	4	S/. 258.88	S/. 1,035.52
Routers Mikrotik	RB751U-2HnD	4	S/. 219.00	S/. 876.00
Total (Equipos de Cómputo y Telecomunicaciones)				S/. 22,353.70

TABLA 5-13: ESTACIONES CLIENTES - SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA

Fuente: Elaboración Propia

SISTEMA DE ENERGÍA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Sistema de Energía (<u>Incluye</u> : 3und. Módulos Fotovoltaicos 12Vdc 80Wp, 1und Soporte de Módulos Fotovoltaicos, 1und Controlador de carga 12Vdc 20 ^a , 1und Inversor de Corriente y 2und Baterías de aplicación Fotovoltaica)	4	S/. 4,777.50	S/. 19,110.00
Sistema Integral de Protección Eléctrica (<u>Incluye</u> : 1und. Pararrayos Tetrapuntal Tipo Franklyn, 2und. Sistemas de Puesta a Tierra, 1und. Protector de línea y 1und. Barra Master)	4	S/. 2,000.00	S/. 8,000.00
Total (Sistema de Energía y Protección Eléctrica)			S/. 27,110.00

TABLA 5-14: ESTACIONES CLIENTES - TRANSPORTE, OBRA CIVIL E INSTALACIÓN

Fuente: Elaboración Propia

TRANSPORTE, OBRA CIVIL E INSTALACIÓN			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Materiales y Obra Civil del Site	4	S/. 2,000.00	S/. 8,000.00
Torre Ventada 15m	2	S/. 3,371.55	S/. 6,743.10
Torre Ventada 36m	1	S/. 8,091.72	S/. 8,091.72
Torre Ventada 57m	1	S/. 12,811.89	S/. 12,811.89
Transporte e Instalación de 4 Torres Ventadas	-	S/. 10,000.00	S/. 10,000.00
Transporte e Instalación de Equipos (Telecomunicaciones, Energía y Protección Eléctrica) por 4 Sites	-	S/. 30,000.00	S/. 30,000.00
Total (Transporte, Obra Civil e Instalación)			S/. 75,646.71

TABLA 5-15: PRESUPUESTO TOTAL ESTACIONES CLIENTE

Fuente: Elaboración Propia

ESTACIONES CLIENTE	
Total Equipos de Cómputo y Telecomunicaciones	S/. 22,353.70
Total Sistema de Energía y Protección Eléctrica	S/. 27,110.00
Total Transporte, Obra Civil e Instalación	S/. 75,646.71
Otros y/o Imprevistos	S/. 6,250.00
Total Estaciones Clientes	S/. 131,360.41

En total el costo de Equipos e Infraestructura de Telecomunicaciones para este proyecto asciende a S/. 320,224.20.

5.5.2. Operación y Mantenimiento

En el rubro de Operación y Mantenimiento se consideran los gastos operativos de mantener en funcionamiento la red, así como las medidas y verificaciones periódicas que se debe realizar al sistema para que este se mantenga funcionando en óptimas condiciones, evitando así fallas en los equipos y en el sistema eléctrico.

TABLA 5-16: COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Fuente: Elaboración Propia

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
Descripción	Costo Mensual
Renta por Servicio de Internet	S/. 928.20
Personal técnico a cargo del mantenimiento	S/. 10,000.00
Otros gastos operativos	S/. 550.00
Total Operación y Mantenimiento	S/. 11,478.20

5.6. Financiamiento del Proyecto

Para el financiamiento de este proyecto debe tenerse en consideración que se realizaría en beneficio de las entidades educativas de Purús, por lo que su puesta en funcionamiento no generaría ningún tipo de ingreso que permita recuperar la inversión realizada.

En este escenario, tenemos la opción de contar con dos entes estatales de financiamiento. Siendo estos, el Gobierno Regional de Ucayali y el Fondo de Inversión en Telecomunicaciones – FITEL. Además de las ONG y Asociaciones Público Privadas interesadas en desarrollar infraestructura pública.

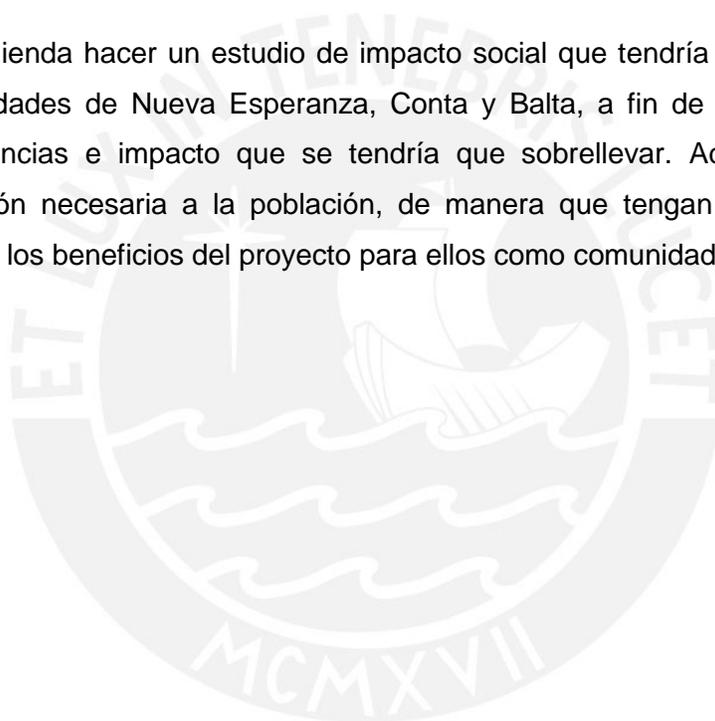
En el caso de presentar el proyecto al FITEL, es necesario que en la formulación se contemplen los principios, normas, metodologías, técnicas y procesos establecidos por el Sistema Nacional de Inversión Pública – SNIP que certifican la calidad de los proyectos. Una vez presentado el proyecto, FITEL dará a conocer a las entidades públicas y la comunidad para la identificación, formulación y evaluación social del proyecto. [FIT2012]

Conclusiones

- Este proyecto plantea una solución al problema de acceso a educación de calidad en Purús. Con el acceso a Internet, se puede lograr una mejora del nivel educativo; con acceso a información de calidad para los centros educativos más alejados de esta localidad.
- Si bien el proyecto está planteado para trabajarse con algunos pocos puntos clientes, es necesario recalcar que el diseño de la red, permite que puedan crearse más puntos donde se pueda brindar el servicio; considerando que en toda la ribera del río se encuentran ubicadas 40 comunidades, muchas de las cuales tienen implementado un colegio, pero con servicios limitados y sin acceso a las TICs.
- Un proyecto de este tipo sugiere la creación de un grupo administrativo que compromete a 2 sectores estatales, el primero de ellos sería la UGEL del distrito que se encargaría de la parte de administración de la información educativa, mientras que el Municipio del Purús sería el encargado de velar por el pago de los costos generados por Operación y Mantenimiento del Sistema, así como la administración del personal técnico encargado. Pues una buena administración técnica e informativa define mejor el camino que debe seguir el proyecto.
- Este es un proyecto de índole social y para beneficio de la comunidad de Purús, por lo que no tendría ningún ingreso por renta del servicio. Es por ello que este proyecto debería financiarse por entidades estatales como el FITEL que desarrollan proyectos de este tipo.

Recomendaciones

- En el trabajo de campo se recomienda prestar especial atención a la ubicación de los puntos donde se ubicarían los nodos. Estos puntos deben tomarse haciendo uso de un GPS que indique la ubicación exacta.
- Sobre los puntos donde se ubiquen las torres, se recomienda tener en consideración que sean sitios de fácil acceso para los trabajos de Instalación, Operación y Mantenimiento.
- Se recomienda hacer un estudio de impacto social que tendría este proyecto en las localidades de Nueva Esperanza, Conta y Balta, a fin de poder evaluar las consecuencias e impacto que se tendría que sobrellevar. Además de brindar información necesaria a la población, de manera que tengan conocimiento del objetivo y los beneficios del proyecto para ellos como comunidad.



Bibliografía

- [AFI2007] Afinidad Eléctrica. “Energías Alternativas – Energía Solar”. 2007
URL: <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=33>
Fecha de visita: 19 de diciembre de 2013
- [CLA2013] Claudio Ariel Clarenc. “Analizamos 19 Plataformas e-learning”. 2013
Fecha de visita: 04 de abril de 2014
- [CLA2014] Claroline.”Historia de Claroline”. 2014
URL: <http://claroline.wikispaces.com/>
Fecha de visita: 04 de abril de 2014
- [FEC2004] FECONAPU – Federación de Comunidades Nativas de Purús. “Plan de Desarrollo Integral de los pueblos indígenas de Alto Purús”. 2004
URL: <http://red.pucp.edu.pe/ridei/wp-content/uploads/biblioteca/26.pdf>
Fecha de visita: 01 de abril de 2013
- [FIT2012] FITEL – Fondo de Inversión en Telecomunicaciones. “Procedimiento de Presentación de Proyectos”. 2012
URL: <http://www.fitel.gob.pe/pg/procedimiento-presentacion-proyectos.php>
Fecha de visita: 10 de abril de 2014
- [GRU2007] GRUPO. “Selección de Sistemas Fotovoltaicos”. Lima, Febrero 2007
Fecha de visita: 8 de agosto 2011
- [GTR2011] GTR-PUCP. “Redes Inalámbricas para zonas rurales” – Segunda Edición. Lima, Febrero 2011
URL:
<http://gtr.telecom.pucp.edu.pe/download/publicaciones/Libro%20RlpZR%20da%20edicion.pdf>
Fecha de visita: 10 de junio de 2013

- [GTR2008] GTR-PUCP. “Redes Inalámbricas para zonas rurales”. Lima, Enero 2008
URL: <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe/download/publicaciones/1041.pdf>
Fecha de visita: 11 de julio de 2013
- [GTR2009] GTR-PUCP. “WILD WiFi Based long Distance”. Lima, Agosto 2009
URL: <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe/download/publicaciones/Wild.pdf>
Fecha de visita: 06 de julio de 2013
- [INS2010] Instituto Nacional de Salud. “Mejoraran Centro de Salud de Puerto Esperanza de la provincia fronteriza de Purús”. Ucayali, Junio 2010
URL:
http://www.ins.gob.pe/repositorioaps/0/7/ier/censi_info_nota/Nota%20informativa%20de%20la%20Region%20Ucayali%20Purus%20junio%202010.pdf
Fecha de visita: 03 de abril de 2013
- [INE2007] INEI-Instituto Nacional de Estadística e Informática. “Censos Nacional 2007: XI de población y VI de vivienda”. 2007
URL: <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/#>
Fecha de visita: 19 de febrero de 2014
- [INE2013] INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática. “Directorio Nacional De Municipalidades Provinciales, Distritales Y De Centros Poblados”. 2013
URL:
http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1108/Libro.pdf
Fecha de visita: 13 de abril de 2014
- [JUA2009] Juan Paco Fernández. “Plan de Operación y Mantenimiento Red EHAS - Napo”. 2009
Fecha de visita: 10 de julio de 2010
- [MES2013] Mesajil Hnos. “Productos”. 2013
URL: <http://www.mesajilhnos.com/>
Fecha de visita: 21 de diciembre de 2013

- [MIN2013] Ministerio de Educación. “ESCALE Escuelas: Datos de identificación y localización de la Institución Educativa e información estadística 2013”. 2013
URL: <http://escale.minedu.gob.pe/padron-de-iiie>
Fecha de visita: 04 de abril de 2014
- [MOO2008] Moodle Chile. “Plataforma LMS”. 2008
URL: <http://www.moodlechile.cl/drupal/?q=node/10>
Fecha de visita: 04 de abril de 2014
- [NEW2014] newWweb. “¿Sabe qué es un LMS (Learning management system)?”. 2014
URL: <http://www.newweb.com.mx/LMS>
Fecha de visita: 04 de abril de 2014
- [PRO2008] Proyecto Especial Pichis Palcazú. “Núcleos Dinamizadores de la Provincia de Purús”. 2008
URL: <http://www.pepp.gob.pe/purus-yurua/mapas.php>
Fecha de visita: 1 de abril de 2013
- [PUC2008] Pucallpa.com. “Purús”. 2008
URL: <http://www.pucallpa.com/ucayali/provincia-de-purus.html>
Fecha de visita: 17 de febrero de 2013
- [SAL2008] SALMERÓN-NTUUTUMU, SANDRA. “Comparison of MAC protocols for 802.11 based long distance networks”. 2008
URL:
http://www.researchgate.net/publication/228928718_Comparison_of_MAC_Protocols_for_802.11-Based_Long_Distance_Networks/file/9fcfd50b4e53d854c2.pdf
Fecha de visita: 9 de enero de 2013
- [SER2013] Server Latino. “Equipos VSAT iDirect”. 2013
URL: <http://www.serverlatino.com/pagina.php?id=43>
Fecha de visita: 5 de agosto de 2013

[SIM2007] SIMÓ REIGADAS, FRANCISCO. “Modelado y optimización de IEEE 802.11 para su aplicación en el despliegue de redes extensas en zonas rurales aisladas de países en desarrollo”

URL:<http://www.ehas.org/wp-content/uploads/2012/01/TesisJSimo.pdf>

Fecha de visita: 06 de julio de 2013

