

Design of a Long Distance Wi-Fi network for the populated centers of Peru, to reduce the digital divide and times of national emergency such as Covid-19 in rural areas

David J. Fuentes, Master of Business Administration¹ 
¹Universidad Privada del Norte, Perú, david.maza@upn.pe

Abstract- This paper contains a brief description of the main considerations required to carry out the use of a telecommunications network that mainly benefits educational institutions in the populated centers of Peru through the use of Wi-Fi technologies for long distances. which proposes low costs and greater benefits for a low-income population.

A design is proposed based on data and information collected in the field from 22 populated centers in northern Peru. The design establishes the fundamental aspects for the use of the project, capacity required for the network, technical specifications of equipment, topology of the wireless network, as well as a coverage analysis and the viability of each link, to finally estimate the most appropriate educational platform in times of crisis such as the Covid-19 pandemic and the reduction of the digital divide in areas of difficult access.

Keywords. INEI, WILD, IEEE, LMS.

Digital Object Identifier:

<https://orcid.org/0000-0001-8563-5360>

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

Diseño de una red Wi-Fi Larga Distancia para los centros poblados del Perú, para la reducción de la brecha digital y épocas de emergencia nacional como la Covid-19 en zonas rurales.

David J. Fuentes, Master of Business Administration¹ 

¹Universidad Privada del Norte, Perú, david.maza@upn.pe

Resumen- El presente trabajo contiene una breve descripción de las principales consideraciones requeridas para llevar a cabo el despliegue de una red de telecomunicaciones que beneficie principalmente las instituciones educativas de los centros poblados del Perú mediante el empleo de las tecnologías Wi-Fi para larga distancias la cual propone bajos costos y mayores beneficios para una población de bajos recursos.

Se propone un diseño a partir de datos e información recopilada en campo de 22 centros poblados del norte del Perú. El diseño establece los aspectos fundamentales para el despliegue del proyecto, capacidad requerida para la red, especificaciones técnicas de equipos, topología de la red inalámbrica, también un análisis de cobertura y la viabilidad de cada enlace, para finalmente estimar la plataforma educativa más adecuada en tiempos de crisis como es el caso de la pandemia Covid-19 y la reducción de la brecha digital en zonas de difícil acceso.

Palabras Claves. INEI, WILD, IEEE, LMS.

I. INTRODUCCIÓN

Los centros poblados del Perú poseen instituciones educativas que no cuentan con el acceso al servicio de internet, debido al poco interés político y el difícil acceso de la geografía nacional, por lo tanto, el acceso a las TIC es limitada. De acuerdo un estudio realizado por el Ministerio de transportes y Comunicaciones (MTC), en el ámbito rural se observó un salto importante en el acceso a internet móvil, que pasó de 37.5% en 2016 a 68.3% en 2021, sin embargo, en lo que respecta a internet fijo, al 2021, el 9.9% de hogares rurales cuenta este tipo de conexión, es decir más de un millón y medio de hogares aun no cuenta con acceso a internet (pueblos, caseríos y otros). [1]

De dichas localidades para presente estudio se ha tomado una muestra de centros poblados de los distritos de Monsefú y La Victoria en el norte del Perú, ubicados en la provincia de Chiclayo. De acuerdo con El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y validaciones en campo realizado, la muestra obtenida nos da un total de 71 centros poblados con 851 estudiantes y 35 docentes presentes en la región. Además, según el último censo realizado se sabe que existen alrededor de 200 familias con un crecimiento del 67% entre los años 2007 y 2017.

Los centros poblados tomados para el estudio poseen una teledensidad en cuanto a servicios de

telefonía móvil de baja calidad para 4G. De acuerdo al Panel de Monitoreo del Internet Móvil del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (Osiptel) la tecnología 4G otorga una velocidad por debajo de 10.02 Mbps. Además los centro poblados no cuentan con internet fijo por lo que el acceso a herramientas virtuales para la educación por parte de la población solo se da en ciertos lugares donde la calidad de 4G móvil es en promedio igual o ligeramente superior a los 10 Mbps, siendo un derecho aún muy limitado e inexistente en las instituciones educativas de escasos recursos económicos pertenecientes a zonas rurales [2].

Por tal motivo el presente estudio propone siguiendo el Plan del Programa Nacional de las Telecomunicaciones de promover el acceso y uso a este tipo de servicio esencial, enfocándose al mejoramiento de la infraestructura de telecomunicaciones y buscando alternativas costo-beneficio, desarrollando una red inalámbrica de largo alcance más apropiada para las zonas rurales, utilizando como marco de referencia a un conjunto de soluciones para la transmisión inalámbrica de voz y datos basados en el protocolo 802.11.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación posee un enfoque aplicativo, orientada a la aplicación de conocimientos y teorías existentes para resolver un problema en concreto. La recolección de data histórica, estadísticas de crecimiento y desarrollo y propuestas de éxito, servirán de apoyo para obtener un diseño que pueda adaptarse a un contexto que reduzca la brecha digital y sirva en épocas de Estado de emergencia nacional como lo fue la pandemia Covid - 19.

Para lograr esto se ha determinado la utilización de las variables independientes, como el uso de la tecnología “WILD (WiFi based Long Distance)” que bajo el estándar IEEE 802.11 propone una gama de equipamiento de red especial para lograr una mayor cobertura y alcance con menor interferencia, y la otra variable independiente “LMS Moodle”, un sistema de gestión de aprendizaje educativo que permite compartir y gestionar recursos en línea. Ambas variables influirán en la variable dependiente que será el “ Rendimiento de la Red”

Para la elección de la muestra se realizó un muestreo estratificado por conglomerados tomando en cuenta que el mayor beneficio del diseño de red lo tendrán las instituciones educativas. Los distritos de Monsefú y la Victoria constituyen un total de 71 centros poblados dispersos con características similares, en cuanto a servicios básicos incluyendo acceso a internet, actividades económicas y representantes. Por lo que se eligió a las instituciones educativas que mayor cantidad de población estudiantil concentran, en un radio no menor a 10 kilómetros. Esto sugiere una ventaja ya que provincias como Piura, Tumbes, La Libertad poseen condiciones similares a la provincia de estudio, Chiclayo, lo que supone un diseño eficaz replicable para reducir la brecha digital en las zonas costeras del norte, centro y parte sur del Perú.

Un análisis previo al diseño sugiere la verificación de otras posibles redes desplegadas o en proceso de implementación, puesto que un diseño no acorde al contexto puede provocar interferencias en las comunicaciones y saturación del espectro radioeléctrico. Se utilizó el software de escáner de redes inalámbricas Acrylic WiFi Profesional, un analizador wifi licenciado con el cual se pueden identificar puntos de acceso y canales, además de identificar y resolver incidencias en redes WiFi 802.11a/b/g/n/ac/ax en tiempo real como instrumento de verificación de frecuencias.

Otro punto importante para considerar es la verificación visual en campo, de posible infraestructura de telecomunicaciones en despliegue. Al año 2022 se ha observado en otras regiones como La Libertad, que los operadores de servicios de internet inalámbrico, mayormente conocidos WISP, emprendedores que, con un pequeño capital construyen un centro de distribución de acceso a internet reduciendo así la brecha digital. Una limitación de su búsqueda rápida fue que muchos de ellos no cuentan con un registro formal en los organismos correspondientes que son OSIPTEL y el MTC.

El interés de la población también supone un punto relevante previo al diseño de la Red, ya que en ciertas regiones del país existe todavía un desconocimiento sobre los beneficios de este tipo de iniciativas, incluso se tiene la creencia que la radiación emitida produce algún tipo de enfermedad cancerígena, sobre todo en la sierra peruana. Sin embargo, los efectos pospandémicos de la Covid -19 han hecho que esta creencia pierda relevancia y al contrario los pobladores exigen a sus autoridades que se les brinde este servicio necesario para la educación de sus hijos, temiendo cualquier declaración de Estado de emergencia nacional que obligue a sus familias a no salir de casa y acceder a la teleeducación. En las encuestas realizadas en campo, desde el año 2021 al 2022 en los centros poblados, se verificó que el 84% de la población considera este servicio como necesario para la educación de sus hijos, un 12% considera que no les afecta ni les beneficia, dado que muchos de sus hijos no van a la escuela, mientras que un 4% envía a estudiar a las zonas urbanas.

Tomando en cuenta la georreferenciación de la Red, su arquitectura general, está basada en dos secciones principales, una red de transporte o troncal y una red de distribución o acceso, esta última para la prestación directa de servicios de internet a las instituciones educativas y a futuro a las familias que conforman los centros poblados.

Las instituciones educativas que forman parte del diseño en la red de acceso son en total 22, abarcando un total de 11 centros poblados. La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO) u operadores privados servirán como proveedores de servicio de internet. En cuanto a los operadores privados en la actualidad ofrecen planes de acceso hogar de bajo costo, teniendo como medio de acceso como fibra óptica o radioenlace microondas con ancho de banda simétrico y/o asimétrico.

El radio de cobertura que contempla el diseño supera los 9.87 kilómetros, teniendo en cuenta institución educativa más lejana y su población adyacente. Esto es beneficioso para el rendimiento de la red puesto que el alcance promedio de la tecnología WILD es de 30 km, además implica que, los equipos Telcom transmitirán aproximadamente 50% de su potencia máxima tomando en cuenta factores climáticos como vientos costeros que son un punto a considerar para este tipo de zonas geográficas. Resulta beneficioso para el rendimiento de la red, puesto que los equipos de telecomunicaciones que trabajan a mediana potencia alargan su vida útil, además de suponer escalabilidad de la Red a futuro.

A. Centro de Control y Gestión de red

Para la elección del Centro de Control de la RED (CCR) se tuvo en cuenta la cercanía a un proveedor de servicio de internet (ISP) y la infraestructura física necesaria que garanticen el cuidado y protección de los equipos de telecomunicaciones. La Institución Educativa N° 10982 ubicada en el Centro Poblado Campamento Chacupe resulta ser el punto estratégico para llevar a cabo esta función y estará conectado directamente al ISP. Será la encargada de administrar y cuidar los equipos de telecomunicaciones.

De acuerdo con un último estudio de campo realizado en noviembre del año 2022, la cobertura de red en fibra óptica proveniente de la zona urbana de la provincia de Chiclayo se encuentra a 2.5 km de distancia de La Institución Educativa N°10982 ubicada en el Km N°5 de la Carretera Chiclayo – Monsefú perteneciente Centro Poblado Chacupe Alto. Un estudio de campo similar realizado en el año 2017 indicó que la distancia era de 2.8 km, una muestra clara del bajo interés de las operadoras en desplegar infraestructura de telecomunicaciones en zonas costeras con densidad poblacional rural menor.

En cuanto a la cercanía de la Red Dorsal de Fibra Óptica, no se contempla la posibilidad de integrarse a la misma mediante fibra, puesto que de acuerdo al diseño de la RDNFO el acceso de última milla está diseñada de manera inalámbrica por las grandes distancias entre el core óptico y el beneficiario. Por lo tanto, un escenario

de rápido despliegue para la pronta reducción de la brecha digital se dará mediante la contratación de un ISP autorizado con un enlace de microondas de banda ancha, dicha velocidad será determinada en el presente estudio. El CCR será el punto en donde se encuentren los servidores firewall y proxy que permitirán gestionar y controlar los servicios que ofrece la red como servicios web, correo electrónico, video, VoIP, entre otros.

B. Enlace Troncal

La red de transporte o troncal estará conformada por dos instituciones bajo las mismas consideraciones que el CCR, considerando geográficamente equidistancia con las otras instituciones, formando un radio de distribución o acceso de cobertura eficiente. Los puntos estratégicos están ubicados en los Centros Poblados de Pómape y Medianero.

La selección de los puntos del enlace troncal (Nodos), se basa en desplegar cobertura hacia las instituciones educativas. Estos deben ser posicionados estratégicamente, libre de obstáculos entre ellos ya que son el nexo entre en Centro de Control y la Red de acceso. De acuerdo con ello los puntos seleccionados para formar parte de la Red Troncal son:

- 1) Tenencia Gubernamental - Medianero.
- 2) I.E Chacupe Alto N° 10982.
- 3) I.E Melchor Guzmán Cuyate N°10821 - Pómape.

C. Red de Acceso

Las instituciones a los cuales se les brindará acceso pertenecen al Estado Peruano, quienes no cuentan con acceso al servicio de internet y están calificadas por el Ministerio de Educación y la Política 35, para impartir educación haciendo uso de las TIC. A continuación, se muestra la ubicación de las instituciones educativas por Centro Poblado, tener en cuenta que muchas de estas instituciones educativas no cuentan con infraestructura propia, por lo que forman parte de un plan descentralizado de instituciones principales para llevar educación a toda la zona posible, donde los maestros acuden a puntos estratégicos, prestan o rentan locales.

TABLA I
INFRAESTRUCTURA INFORMATICA DE LAS INSTITUCIONES

Instituciones educativas del distrito de La Victoria	Alumnos	Docentes	PCs
Institución Educativa N°10982	201	5	13
Institución Educativa N°10054	357	4	11
Burbujas de Amor María de Fátima N°149	11	2	5
Corazoncitos Alegres	3	2	6
Mirada Tierna	17	2	6
Los Angelitos de María	9	1	6
Tenencia Gubernamental	-	-	2
Pequeños Adorables	6	2	5
Mis Primeros Amigos	6	2	5
Mi casita de la Alegría	4	1	5
Rayitos de Esperanza	6	1	5
433	0	0	5
Instituciones educativas del distrito de Monsefú	Alumnos	Profesores	PCs

501	21	1	6
Mi mundo de Fantasía	6	1	6
Las Manzanitas	22	1	7
Melchor Guzmán Cuyate N°10821	83	3	12
Dulce Corazón	3	2	6
Manitos Tiernas	4	2	5
I.E.S. Pómape	62	3	5
Posta de Salud	-	-	2
174 Florecer	22	2	6
Gotitas de Colores	8	0	5

Para el proyecto se considera que cada establecimiento educativo tenga como mínimo un total de cinco computadoras. Por lo que para el despliegue del proyecto las autoridades locales educativas en conjunto con las Tenencias Gubernamentales y la Municipalidad de La Victoria y Monsefú deben realizar gestiones para que se otorgue equipamiento tecnológico que sirva de complemento al ya existente.

El proyecto toma como indicador las especificaciones del Ministerio de Educación del uso de las TIC donde se menciona que debe existir una computadora por cada 20 alumnos matriculados en cada institución.

E. Cálculo del sistema

La Unión internación de Telecomunicaciones a través del Informe sobre La Medición de la Sociedad de Información del 2016, establece como la tasa mínima de transferencia entre 256 Kbps y 2 Mbps como la tasa más baja para ser considera banda ancha. En el informe del 2018 indica que en número de abonado con acceso mínimo a 2 Mbps va en aumento y una parte considerable supera los 10 Mbps, disminuyendo considerablemente la proporción de la tasa más baja. Cabe resaltar que estas cifras están dadas para cualquier dispositivo sea móvil o fijo.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en la resolución ministerial N°482-2018 MTC/01.03 aprueban que la velocidad mínima efectiva de descarga sea de 4 Mbps y de carga de 1 Mbps para internet fijo o móvil

Dado este escenario y teniendo en consideración el uso educativo que se dará a la red inalámbrica, se asignará un ancho de banda mínimo de 2 Mbps por cada computadora (punto fijo) de cada institución educativa beneficiada, siguiendo las recomendaciones de las UIT. Además, los establecimientos tendrán un tráfico de tipo educativo y los servicios más frecuentes serán la navegación web (50-100+ Kbps), correo electrónico (1-100+ Kbps) y descarga de archivos educativos con un promedio de 20 MB por minuto. Es decir la capacidad máxima total de la red estará determinada por la ecuación numero 1, considerando la cantidad de dispositivos y la velocidad mínima.

$$C_{max} = \text{Número de computadora} \times 2 \text{ Mbps} \quad (1)$$

$$C_{max} = 134 \text{ PCs} \times 2 \text{ Mbps}$$

$$C_{max} = 268 \text{ Mbps}$$

En un análisis preliminar la velocidad mínima para la Red será de 268 Mbps.

D. Horarios de uso de la red

Las instituciones manejan en su mayoría horarios de mañana y tarde. Las salas de cómputo son utilizadas una vez por semana por un aula determinada según el horario manejado por la propia institución y entrevistas realizadas a los directores y/o docentes delegados de cada institución durante la visita en campo, cabe resaltar que este patrón se repite en la mayoría de los entornos rurales.

La hora crítica se define como el momento en que todos los usuarios utilicen el servicio al mismo tiempo, provocando la saturación de la red inalámbrica. Como es poco probable que esto ocurra se define una relación de compartición que establece que la cantidad de usuarios por canal $1/n$ donde n es el número de usuarios con conexión simultáneos. El caso más frecuente de nivel de compartición es de $1/2$ hasta $1/8$, es decir, 0,5 hasta 0,1 [5].

Teniendo en consideración lo anterior la red se utiliza para consultas a través de aplicaciones que consumen un bajo ancho de banda. La red mantiene el factor de simultaneidad de 0,2 del total de usuarios.

E. Ancho de banda para puntos inalámbricos

Se considera una transferencia máxima de 1 Mbps. Dado que el consumo se centra más en acceso a redes sociales, internet, correo electrónico, juegos y música en ese orden en particular según indicadores estadísticos de la INEI. Para el sector educativo un rango máximo de 1 Mbps es un nivel aceptable de transferencia. Bajo esta premisa la capacidad de la red sería un 50% menos que lo estimado en el análisis preliminar. La ecuación 2 ayudará a determinar el nuevo ancho de banda para los puntos inalámbricos o acces point.

$$\begin{aligned} C_{max} &= N^{\circ} \text{ de puntos inalámbricos} \times 1 \text{ Mbps} \\ C_{max} &= 49 \text{ PCs} \times 1 \text{ Mbps} \\ C_{max} &= 49 \text{ Mbps} \end{aligned} \quad (2)$$

Para estimar el número de access point, este se calcula en base a la cantidad de personas por cada unidad educativas. Se toma una conexión del 10 % de cantidad de alumnos la cantidad de estudiantes y una conexión para el 100% del promedio de docentes, este resultado dará la cantidad de puntos inalámbricos a colocar siendo en total 49 puntos inalámbricos.

El acceso a la red de manera inalámbrica a través de los access point será eventual, por los docentes, alumnos y visitantes que accederán de manera esporádica. Se estima un promedio de 5 usuarios por canal manteniendo un factor de acceso simultáneo del 20 %, el cual se aplica en entornos rurales.

El resultado de todas las tasas de velocidad que soportara la red suma una carga total teórica de unos 317 Mbps, todo ello suponiendo el aprovechamiento de la red de manera simultánea. Dado que existe una baja

probabilidad que todos los usuarios se conecten al mismo tiempo, se tomará un factor de simultaneidad del 20% para entornos rurales. Se calcula a partir de la siguiente ecuación 3, tal como se muestra a continuación

$$\begin{aligned} C_{m\acute{a}x} &= \text{Carga total} \times \text{Factor de simultaneidad} \\ C_{m\acute{a}x} &= 317 \text{ Mbps} \times 1 \text{ 20\%} \\ C_{m\acute{a}x} &= 63,4 \text{ Mbps} \end{aligned} \quad (3)$$

Se tiene 64 Mbps de capacidad del canal garantizado para que un usuario tenga salida a internet de manera óptima. Dado un posible crecimiento de usuarios a través del crecimiento de matriculados por institución. El estándar IEEE 802.11 n es capaz de soportar una capacidad teórica de hasta 600 Mbps, por lo cual la red está dimensionada para soportar un crecimiento durante 5 años.

F. Descripción técnica de la Red

El estándar IEEE 802.11 n permite trabajar con la banda 2.4 GHz y 5 GHz, de uso libre en el Perú y es utilizado para la operación de sistemas de radiocomunicaciones, además de ofrecer técnicas de modulación digital de banda ancha, soportando velocidades de transmisión de 300 a 600 Mbps. El estándar IEEE 802.11n utiliza canales de 40 MHz, comparado con sus versiones anteriores proporciona el doble de capacidad, haciendo uso de MIMO, que aprovecha la propagación multicamino y reducción la tasa de bits errados.

Los equipos de comunicaciones de la marca Ubiquiti y Mikrotik cuentan con una amplia variedad de elementos que se adaptan a la necesidad de redes Wi-Fi de larga distancia, son escalables y lo que más resalta es su bajo costo frente a otras marcas y además de ser la primera opción de los usuarios que se dedican al despliegue de infraestructura de bajo costo, como el caso de los WISP Sus dispositivos son más escalables; es decir, podrán crecer o cambiar para mejorar cada vez más su rendimiento. A continuación se detalla brevemente los equipos propuestos

➤ Router Mikrotik RB3011 UiAS - RM

Para la gestión y control de tráfico. Posee rendimiento, frecuente para este tipo de soluciones en redes troncal, se ha optado por la Marca Mikrotik el cual posee puertos Gigabit para el futuro crecimiento de la red [6].

➤ Antena Ubiquiti Networks PowerBeam AC GEN2

Para los enlaces troncales. Este equipo usa tecnología airMAX ac, la PowerBeam AC-Gen2 soporta hasta 450 Mbps reales TCP/IP. Tiene una antena que ofrece 25 dBi de ganancia, opera en el intervalo de frecuencia de 5150 – 5875 MHz [7].

1) Access Point Ubiquiti Rocket 5AC - Lite

Para la red de distribución acceso a la instituciones. Esta estación base es util para redes de larga distancia soporta una velocidad de hasta 450 Mbps. Esta estación va acompañada de una antena sectorial mínimo de 16 dBi [8].

2) Antena Ubiquiti Litebeam 5AC – Gen2

Para las instituciones beneficiarias. Este equipo usa tecnología airMAX ac, la LiteBeam AC-Gen2 soporta hasta 100 Mbps reales TCP/IP. Tiene una antena que ofrece 23 dBi de ganancia, opera en el intervalo de frecuencia de 5150 – 5875 MHz [9].

3) Access Point Tp -Link TL-WR840V

Para los puntos fijos e inalámbricos dentro de la institución beneficiaria. Este equipo soporta una velocidad de transmisión hasta 300 Mbps ideal tanto para las tareas sensibles a banda ancha y trabajo básico en redes de acceso [10].

4) Cable SFTP categoría 6.

La categoría 6 posee características y especificaciones para evitar la diafonía (o crosstalk) y el ruido. Es un estándar de cables para Gigabit Ethernet y otros protocolos de redes que es retrocompatible con otros estándares

G. No existencia de frecuencias 5 GHz

El proyecto será factible en la banda 5 GHz para ello debe verificarse en zona, la no existencia de otras redes operando en la misma frecuencia. Es por ello que se realizaron pruebas para enlace troncal y la red de acceso.

El software utilizado para mapear y visualizar los puntos de acceso que rodean en función de los datos inalámbricos y GPS recopilados fue un escáner de red inalámbrico es Acrylic WiFi Profesional analizador wifi licenciado con el cual se pueden identificar puntos de acceso y canales, identificar y resolver incidencias en redes WiFi 802.11a/b/g/n/ac/ax en tiempo real.

H. Análisis de Cobertura

Para poder verificar la factibilidad técnica del proyecto, es necesario realizar el estudio de cobertura entre las estaciones involucradas entre La Red Troncal y La Red de Acceso. Para el cálculo de cobertura es necesario realizar simulaciones en base a los mapas cartográficos de Radio Mobile; ya que las estaciones suscriptoras tienen un nivel de recepción de -100 dBm se eligió un rango desde los -10 dBm a -120 dBm. En donde -67 dBm y -54dBm serían los niveles óptimos de recepción expresado en color verde y -120 dBm el peor nivel de recepción expresado en color azul. Cabe resaltar que Ubiquiti ofrece 2UISP Design Center” simulador de enlaces punto a punto, punto multipunto, el cual está adaptado a simular radioenlaces de su propia marca.

A continuación, en las siguientes figuras, se muestra el nivel de éxito del enlace troncal punto multipunto entre estaciones. Haciendo uso de las especificaciones técnicas según el tipo de antena directiva a utilizar, y guiándonos de la escala de colores.

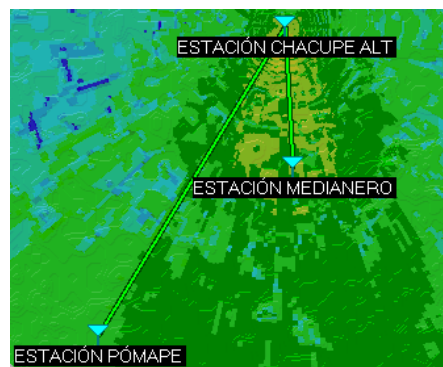


Figura 2.- Cobertura de las estaciones de la Red Troncal, desde las Antenas Directivas desde la Estación Chacupe Alto; simulación realizada en el software Radio Mobile

Para la simulación Radio Mobile, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones de acuerdo con el perfil topográfico.

- La existencia de línea de vista.
- Se recomienda 60% de la primera zona de Fresnel.
- El nivel de recepción de señal respecto al margen de sensibilidad de receptor (>-87 dBm).
- La altura mínima para la antena.
- La distancia punto a punto del enlace.
- Las especificaciones técnicas de los equipos

Los resultados que se obtuvieron de la simulación en Radio Mobile muestran una limpia línea de vista entre las estaciones de Chacupe Alto, Medianero Pómape separadas por una distancia de 3 Km aproximadamente, con un despeje de 2.9 veces la primera zona de Fresnel, el cual es mayor al límite establecido al 60 % requerido (0.6 F1).

Las pérdidas en el espacio libre del enlace punto a punto son alrededor del 103.1 dB y se calculan en base a la distancia recorrida por la señal y la frecuencia de operación.

El nivel de señal de recepción es de -41.1 dBm el cual es un valor mayor al mínimo nivel de sensibilidad de la señal recepción -87 dBm. También se obtiene el valor del margen de desvanecimiento 45.9 dB superior a 10 dB. Dado a los datos expuestos y al análisis de los resultados obtenidos entre las estaciones de Chacupe Alto, Medianero y Pómape es viable.

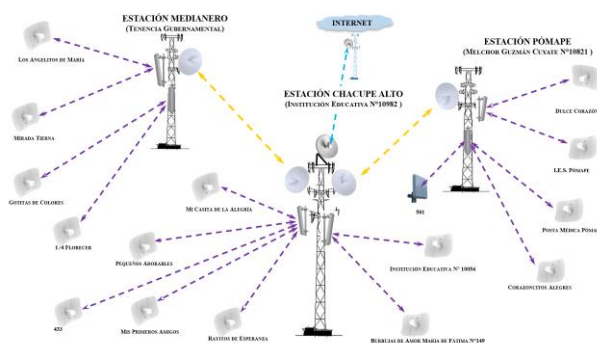


Figura 3.- Arquitectura de la Red Inalámbrica

I. Direccionamiento Lógico

El diseño brindará servicios de internet a 22 instituciones públicas. Para ello teóricamente asignaremos una subred clase C, la cual será proporcionada por la Institución Educativa N°10982, y se añadirá una subred para la administración de los equipos. A continuación, las características de las subredes.

- Protocolo IPv4 - Clase C - Sin VLSM
- Subred Privada asignada: 192.168.0.0. Inicio 192.168.20.0

J. Control de Acceso y Políticas de Privacidad

Hoy en día el acceso internet es una herramienta esencial, sin embargo, para que la eficiencia de la red y de sus usuarios no decaiga mediante un mal uso, se debe establecer un control de acceso a internet aprovechando mejor los contenidos educativos, y concientizar a los miembros de cada institución que utilizar la red de manera inadecuada, afectaría en todos los sentidos al desarrollo integral de la localidad. Una de las soluciones es filtrar el contenido que los usuarios pueden consultar en las horas de enseñanza y trabajo para el caso de la Tenencia Gubernamental y la posta médica.

K. Filtrado web mediante Servidor Proxy

El proxy permitirá que los usuarios pertenecientes a dicha red cada vez que deseen acceder a internet realicen esta petición al proxy, redirigiéndolas este al servidor de destino. Los servidores proxy ven los mensajes HTTP entrantes y salientes de la red y pueden filtrar el contenido web que se considere inapropiado u ofensivo, así como las URL que se determinen. En la siguiente tabla se definen los contenidos que serán restringidos en la red.

TABLA II.
LISTA DE CONTENIDOS

Contenido	Acción	Detalle
Violencia	Restringir	Inapropiado
Entretimiento	Restringir	Inapropiado
Pornografía	Restringir	Inapropiado
Anuncios Publicitarios	Restringir	Inapropiado
Contenidos ilegales	Restringir	Inapropiado
Otros	Permitir	Apropiado

L. Consideraciones del Servidor Proxy

- La configuración del proxy debe estar en modo transparente.
- Permiso y restricción mediante URL.
- Filtro de sitios web HTTP.
- Memoria suficiente para el almacenamiento de registro de actividad.

IV. ANÁLISIS DE INSTALACIÓN, SOPORTE Y COSTO BENEFICIO

La implementación del servicio de internet otorgado por la ISP se realizará por radioenlace, mediante un servicio de internet dedicado 1:1 con una contratación de 60 meses

El costo total del proyecto es la suma total de los costos de equipos telecomunicaciones, los costos de infraestructura, costos de sistema eléctrico, costos de equipamiento informático y los costos de operación de la red. A continuación, se muestran en la tabla.

TABLA III
COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Tipo de Costo	Total
Costos de Infraestructura	4023 USD
Costo de Equipos de Telecomunicaciones	4631.7 USD
Costo de Sistema de Energía y Protección Eléctrica	2830 USD
Costos de Operación	8600 USD
Reservas de Gestión	3976.54 USD
Total	24061.24 USD

El presupuesto total del presente estudio es de 24061.24 USD (Veinticuatro mil sesenta y uno punto veinticuatro dólares)

V. PLATAFORMA EDUCATIVA

Es de suma importancia resaltar que los contenidos que formaran parte durante la habilitación de una LMS (Learning Management System) o simplemente una plataforma educativa, deben ser tratados minuciosamente y analizados por especialistas en educación siguiendo los estándares del MINEDU.

Actualmente existen diversas LMS que se ofrecen de manera comercial o gratuita. Un estudio de la Universidad Politécnica de Valencia estableció sus parámetros de búsqueda de plataformas, utilizando el conteo de búsqueda en todas las herramientas que tiene el buscador Google donde a través de la cantidad de búsqueda y años de antigüedad de la LMS establece un parámetro de selección [11].

De los resultados se eligieron a las plataformas Moodle 56.%, Blackboard 19.7% y Sakai Project 17% ya que destacan de forma importante sobre el resto de LMS en todos los aspectos. Hoy en día son una de las plataformas que diversas universidades prestigiosas utilizan para complementar el servicio educativo.

Moodle es una herramienta de gestión de aprendizaje que permite a los docentes la gestión de sus cursos virtuales para sus alumnos, promueve la interacción grupal interna privada entre estudiantes, permite comunicación a distancia mediante foros, chat y correo. Dispone varios temas y plantillas, se actualiza fácilmente.

Blackboard ofrece una plataforma intuitiva de interactuar con cursos, contenidos, profesores y otros alumnos. Está centrado en la mejora de la educación, ofreciendo diferentes formas de comunicación personalizada e inmediata entre profesores y alumnos y aportando vías para el trabajo, la participación y la colaboración entre alumnos y profesores a través de diferentes plataformas.

La principal ventaja que tiene Blackboard frente a Moodle quizá sea la teleasistencia en tiempo real a través

de videoconferencias que hace que desaparezca la distancia entre docente y alumno, sin embargo, a nivel de gestión de contenidos Moodle logra un aprendizaje de manera más dinámica ya que se encuentra muy bien estructurado y se puede adaptar a las necesidades de la institución educativa ya que tiene como base el constructivismo social.

A. Adaptabilidad Red Inalámbrica a Plataforma Educativa

Dada la aparente ventaja que tiene Blackboard frente Moodle por la funcionalidad streaming, de antemano es necesario evaluar si la red es capaz de soportar esta función conexiones simultaneas.

TABLA IV
ANCHO DE BANDA POR USUARIO

Tipo	Ancho de banda
Audio	48 Kbps
Video	360 Kbps
Aplicaciones Compartidas	500 Kbps
Reserva	175 Kbps
Total	1.083 Mbps

Es necesario un ancho de banda de 1 Mbps para que funcione la ventaja principal de Blackboard sin problemas. Se concluye que la red es capaz de soportar un promedio de 60 conexiones simultaneas, algo que en un entorno rural es muy poco probable que se lleve a cabo. Un estudio realizado por Peñarrieta (2015) estableció en un porcentaje del tipo de tráfico que se consume en zonas rurales con presencia de servicio de internet [12].

TABLA V
ANCHO DE BANDA POR USUARIO

Razones de uso de internet	Tipo de trafico	Porcentaje de uso	Tiempo de uso
Educación y aprendizaje	Navegación web	48.20%	29 min
Fuente de información	Descarga de archivos	23.50%	14 min
Comunicación en general	Mails	20.20%	12 min
Trabajos y otros	Transferencia de archivos	8.10%	5 min

Por lo tanto, en situaciones normales la plataforma educativa que adapta mejor a las condiciones de los establecimientos rurales sería la plataforma educativa gratuita Moodle, por su ventaja en gestión de contenidos, gran variedad de información sobre el mantenimiento de la misma, su rápida adaptabilidad a las necesidades del usuario sea docente o alumno.

B. Adaptabilidad la plataforma elegida en tiempos de Emergencias Nacional: Covid -19

Debido al contexto que vivió el Perú por la propagación del coronavirus (COVID-19), el Estado peruano decidió suspender el inicio de clases en escuelas y universidades indefinidamente, dado que es necesario reducir la brecha digital en las zonas rurales y extrema pobreza que no pueden acceder a internet. El Ministerio de Educación (Minedu) adquirió más de 840,000 tablets

que fueron destinados a escolares y profesores que no puedan acceder a internet, para este último el Estado viene trabajando con el sector educativo para estructurar adecuadamente los contenidos

Es por ello que la inversión que se viene realizando en la educación a distancia debería servir para mitigar la interrupción inmediata causada por el COVID-19 como para establecer nuevos enfoques para desarrollar sistemas de educación más abiertos y flexibles para el futuro, es ahí donde el Estado Peruano debe considerar implementar redes inalámbricas de bajo costo con características que soporten el uso de plataformas educativas de software libre que suplan los efectos colaterales un Estado de emergencia [13].

Moodle se adapta las necesidades en tiempos de emergencia, sobre todos en las zonas rurales, dado que el nivel de conexión de video streaming no es tan alta en este tipo de comunidades por la cantidad de docentes y alumnos, no es necesario optar por la plataforma Blackboard ya que por sus ventajas sobre Moodle mayormente la utilizan los institutos y universidades en zonas urbanizadas donde la población y demanda es mayor.

Para suplir esta desventaja de Moodle respecto a las videoconferencias, Las autoridades de las instituciones beneficiadas y la administración de la Red deben designar la cantidad de usuarios y establecer horarios en donde ser requieran conexiones que generen mayo tráfico como es el caso de las videoconferencias apoyándose en plataformas complementarias que brindan este servicio dado que ya se conoce nivel de consumo y estabilidad que ofrecen. A continuación, en la siguiente tabla se detalla las herramientas más utilizadas que servirían de complemento para la plataforma.

TABLA VI
HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA VIDEOCONFERENCIAS

Herramienta	Costo	Número de Conexiones
Meet	Gratuito	100
Zoom Meeting	Gratuito	100
Webex Meeting	Licencia	100

V. ANÁLISIS DE BENEFICIO DEL PROYECTO

El presente estudio representa para los centros poblados de los distritos de La Victoria y Monsefú, varias mejoras en diversos aspectos que presentan los entornos rurales. Al permitir el acceso a las tecnologías de información y comunicación (TIC) promueve el desarrollo integral de las localidades en diversos aspectos sobre todo en el ámbito educativo y económico. Entre los beneficiados directos del proyecto está un total 851 estudiantes y 35 docentes. Contando también a los 12914 habitantes pertenecientes a los centros poblados de los distritos La Victoria y Monsefú a los cuales el proyecto beneficiara indirectamente.

El hecho de que los usuarios puedan acceder a internet mediante dispositivos móviles dentro del rango de cobertura del diseño, monitoreando y filtrando el contenido de páginas web inapropiadas, representa el acceso a internet para la colectividad en general.

En zonas rurales la plataforma educativa Moodle de software libre es capaz de adaptarse a las necesidades de educación virtual en tiempos de emergencia, tiene la capacidad de gestionar contenidos por encima de muchas otras plataformas LMS, su desventaja frente a plataformas que incluyen streaming no aplicaría dado que dado que el número de personas que se conectarían a la red para este uso es mínimo en comparación con universidades e instituciones en zonas urbanizadas.

VI. CONCLUSIONES

Según los datos proporcionados en campo y al portal web de la Estadística de la Calidad Educativa (ESCALE). Según el censo Educativo 2018. El presente estudio o contempla un total de 22 centros educativos del sector público pertenecientes al distrito La Victoria y Monsefú de la región norte del Perú.

La tecnología empleada para el proyecto Wi-Fi larga distancia (WiLD), sobre el estándar IEEE 802.11, presenta un conjunto de soluciones para transmisiones de voz y datos que alcanza distancias superiores a los 30 Km, mediante el uso de bandas no licenciadas, ideal para brindar conectividad en un contexto donde la prioridad es brindar acceso a internet en el menor tiempo posible.

El diseño de la investigación propone tres puntos troncales que servirán de distribución a las 22 instituciones de los centros poblados de La Victoria y Monsefú. El ancho de banda mínimo requerido al cálculo es de 64 Mbps. Los equipos de telecomunicaciones que cumplen con los requisitos técnicos del estudio Mikrotik y Ubiquiti útiles por su fácil despliegue, configuración y costos de inversión.

La factibilidad del enlace se verifica analizando los resultados que nos da Radio Mobile en donde se puede observar la línea de vista sin obstáculo alguno mediante según el perfil topográfico y el cumplimiento de los requisitos mínimos como son el despeje del 60 % del radio de la primera zona de Fresnel o un valor por mayor o igual a 0.6 F1. También está el nivel de sensibilidad de recepción de entre -54 a -76dBm, así como la altura mínima recomendada para ubicación de los equipos y sus especificaciones técnicas

La inversión del proyecto es relativamente baja comparada con los beneficios expuestos en el presente estudio, tal como se menciona en el análisis costo beneficio del proyecto, este debe manejarse en conjunto con los organismos responsables en el desarrollo de un proyecto como son OSIPTEL, MTC, PRONATEL, MINEDU y el MEF; así como la participación de la sociedad civil local y el WISP, puesto que el diseño de red propuesto es ideal para cubrir necesidades de conectividad para escenarios de emergencia que reduzcan la brecha digital en el ámbito educativo en los centros poblados del Perú donde la geografía no permite llegar a tiempo en medios de conexión cableados.

Mejorar el acceso a las telecomunicaciones trae consigo el interés de las operadoras para la subvención de proyectos afines, crea conocimientos y oportunidades a la población rural, logrando que este preste interés en el desarrollo tecnológico, aprovechando las TIC e incrementar la capacidad productiva de la región y en consecuencia mejorar la calidad de vida.

VII. AGRADECIMIENTO

Se expresa un especial agradecimiento las instituciones expuestas en el presente estudio de La localidad de La Victoria y Monsefú por el gentil apoyo en la proporción de la información su guía y apoyo durante el transcurso del desarrollo del estudio, mi respeto y admiración por la labor que desempeñan y la fortaleza que demuestran.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] OSIPTEL. (2022). Más de 8 millones de hogares peruanos tienen acceso a internet. Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, Lima, Lima, Perú.
- [2] INEI. (2017). *Directorio Nacional de Centros Poblados. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, Perú*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- [3] Camacho, L., Quispe, R., Córdova, C., Liñan, L., & Chavez, D. (2009). *WiLD WiFi based Long Distance. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima*.
- [4] Redón, Á., Ludeña, P., & Martínez, A. (2011). *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para Zonas Rurales. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Madrid*. Obtenido de <http://www.ahas.org/publicacion-del-libro-tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-para-zonas-rurales-aplicacion-a-la-atencion-de-salud-en-paises-en-desarrollo/>
- [5] WNDW. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. Copenhagen. Obtenido de <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-esebook.pdf>
- [6] Mikrotik. (2023). Producto RB3011UiAS-RM. Mikrotik. Obtenido de <https://mikrotik.com/product/RB3011UiAS-RM>
- [7] Ubiquiti. (2023). Guía de inicio rápido de PBE-5AC-Gen2. Ubiquiti. Obtenido de https://dl.ubnt.com/qsg/PBE-5AC-Gen2/PBE-5AC-Gen2_ES.html#_idTextAnchor002
- [8] Ubiquiti. (2023). Guía de inicio rápido de R5AC-Lite. Ubiquiti. Obtenido de https://dl.ubnt.com/qsg/R5AC-Lite/R5AC-Lite_ES.html
- [9] Ubiquiti. (2023). Guía de inicio rápido de LBE-5AC-Gen2. Ubiquiti. Obtenido de https://dl.ubnt.com/qsg/LBE-5AC-Gen2/LBE-5AC-Gen2_ES.html
- [10] TP-LINK. (2023). Router Inalámbrico TL-WR840N 300Mbps. TP-LINK. Obtenido de <https://www.tp-link.com/pe/home-networking/wifi-router/tl-wr840n/>
- [11] Sanchis Albeda, R. (2013). Análisis comparativo de LMS. Universidad Politécnica de Valencia, España. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/31932/Memoria.pdf>
- [12] Peñarrieta Bravo, D. (2015). Diseño de una Red WiFi de largo alcance, a través del espectro no
- [13] Perú, D. G. (2020). *Minedu adquirirá más de 840,000 tablets para escolares y profesores*. Lima, Perú. Obtenido de <https://gestion.pe/peru/coronavirus-peru-minedu-adquirira-mas-de-840000-tablets-para-escolares-y-profesores-para-reducir-brecha-digital-nndc-noticia/>