



Título del artículo Análisis de factores que influyen en la implementación de internet en parroquias rurales del Cantón Taisha

Title in english Analysis of factors influencing the implementation of the Internet in rural parishes of Taisha Canton.

Jairo Fabricio Roldán Urdiales
jaioroldan77@gmail.com
ORCID

José Mauricio Chávez Charro
jmchavez163@gmail.com
ORCID

Resumen

Este artículo examina la problemática del acceso limitado a internet en las zonas rurales del Cantón Taisha, Ecuador, destacando cómo esta carencia impacta negativamente áreas clave como la educación y el desarrollo económico. El objetivo principal de la investigación es realizar un análisis exhaustivo de los factores que afectan la implementación de internet en las parroquias rurales de este cantón, identificando los elementos económicos, sociales y geográficos que influyen en este proceso. La metodología empleada es predominantemente cualitativa, basada en una revisión bibliográfica detallada, así como en un análisis geográfico y socioeconómico del Cantón Taisha, complementado con encuestas dirigidas a los habitantes de las comunidades rurales. Estas encuestas proporcionaron datos valiosos sobre la disponibilidad de internet, las necesidades y barreras percibidas por la población, y sus preferencias en cuanto al uso de tecnologías de conectividad. Los resultados revelan una alta demanda de internet en las comunidades rurales, pero con una oferta limitada y de baja calidad, lo que genera una notable insatisfacción entre los usuarios. Se identificó la falta de recursos económicos como la principal barrera para el acceso,

afectando especialmente a las comunidades más remotas. En base a estos hallazgos, se propuso un diseño de red con una topología punto a multipunto, utilizando tecnología inalámbrica debido a su flexibilidad, rentabilidad, y capacidad para cubrir áreas rurales dispersas. El proyecto propuesto es una solución viable para reducir la brecha digital en el Cantón Taisha, con un presupuesto significativo, pero bien fundamentado.

Palabras claves: zonas rurales; cantón de Taisha; disponibilidad de internet; tecnologías de conectividad; topología punto a multipunto.

Abstract

This article explores the issue of limited internet access in the rural areas of Taisha Canton, Ecuador, emphasizing its adverse effects on critical sectors such as education and economic development. The primary objective of the research is to conduct a comprehensive analysis of the factors hindering the implementation of internet services in the rural parishes of this canton, identifying key economic, social, and geographic elements that influence this process. The research methodology employed was predominantly qualitative, incorporating an extensive literature review, a geographic and socioeconomic analysis of Taisha Canton, and surveys conducted with residents of rural communities. These surveys provided valuable data on internet availability, the population's perceived needs and barriers, and their preferences regarding connectivity technologies. The findings reveal a strong demand for internet access in rural communities, contrasted with limited availability and poor quality, leading to significant dissatisfaction among users. Economic constraints were identified as the primary barrier to access, particularly impacting the most remote communities. Based on these insights, a network design was proposed utilizing a point-to-multipoint topology with wireless technology, chosen for its flexibility, cost-effectiveness, and ability to serve dispersed rural areas. The proposed project aims to bridge the digital divide in Taisha Canton with a substantial yet justified budget.

Keywords Internet access; rural areas; Taisha canton; Internet availability; connectivity technologies; point-to-multipoint topology.

Introducción

En el Cantón Taisha, ubicado en la Amazonía ecuatoriana, el acceso a internet y recursos informáticos es limitado, especialmente en sus parroquias rurales. Esta situación refleja una problemática común en muchas áreas rurales de Ecuador, donde la infraestructura de telecomunicaciones está concentrada en zonas urbanas, dejando a las zonas más remotas con conexiones inadecuadas y costosas. Esta desigualdad en la infraestructura afecta directamente la educación, el acceso a la información y el crecimiento económico de estas comunidades, perpetuando la exclusión social y económica de una parte significativa de la población.

El acceso a internet es considerado un derecho fundamental, ya que permite a las personas acceder a servicios esenciales como la educación, la salud y la participación en la vida cívica. Sin embargo, en las zonas rurales del Cantón Taisha, este acceso sigue siendo un desafío significativo. De las diez parroquias del cantón, solo la cabecera cantonal cuenta con acceso a internet de banda ancha (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2021), mientras que, en el resto de las parroquias, la conectividad se limita a conexiones móviles de baja velocidad, insuficientes para cubrir las necesidades de los habitantes, lo que genera un ciclo de pobreza y aislamiento que es difícil de romper.

Taisha es un cantón de la provincia de Morona Santiago. La cabecera cantonal recibe su mismo nombre. La fecha de cantonización fue el 28 de junio de 1996. Según la CELIR, el cantón posee 6.145 km² aproximadamente. Limita al norte con la provincia de Pastaza (el río Pastaza hace de frontera), al sur con el cantón Tiwintza y la República del Perú, al este con la provincia de Pastaza y la República del Perú y al oeste con los cantones Huamboya, Morona y Tiwintza. La situación geográfica se muestra en la figura.

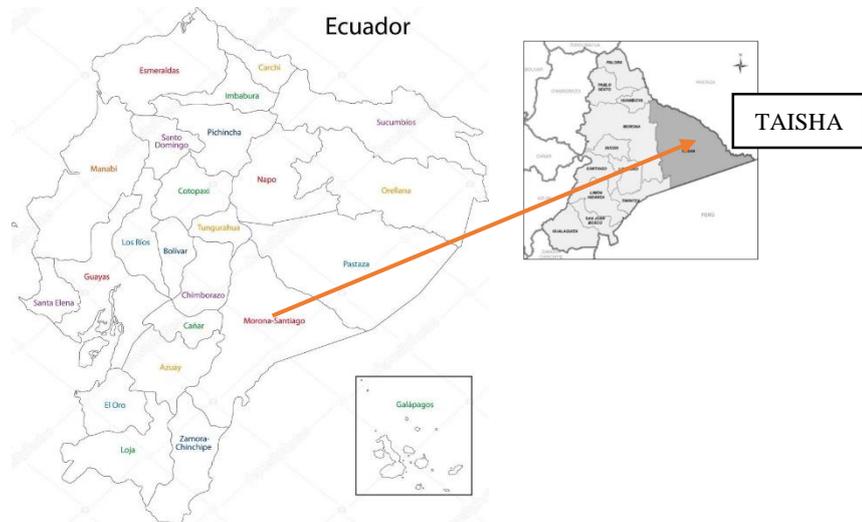


Figura 1 Mapa Geográfico del Ecuador y la provincia de Morona Santiago

El cantón se conforma de 5 parroquias: la parroquia urbana de Taisha y las parroquias rurales de Huasaga, Tuutincentza, Macuma, Pumpuentza. De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2023 realizado por el INEC, la población es 25.700 habitantes, distribuidos de la siguiente manera: Taisha (cabecera cantonal) con 7.817; Huasaga 2.069; Macuma 7.360; Tuutincentza 5.5229 y Pumpuentza 4.225 habitantes.

Diversos estudios realizados en otras regiones del mundo han subrayado la importancia de factores sociales y culturales en la adopción y uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en áreas rurales. Por ejemplo, Salinas y de Benito (2020), destacan que, aunque algunos estudiantes en áreas rurales utilizan herramientas digitales, la falta de alfabetización digital adecuada limita significativamente su capacidad para aprovechar al máximo las TIC. Esta brecha en habilidades digitales no solo impide el acceso a recursos educativos y económicos, sino que también reduce la capacidad de las comunidades para participar en la economía digital global.

Becerra (2020) profundiza en cómo las desigualdades sociales, particularmente en áreas rurales, se ven exacerbadas por la falta de acceso a internet, resaltando que las políticas públicas deben enfocarse no solo en la expansión de la infraestructura, sino también en el desarrollo de capacidades locales. La investigación de Martínez también

aporta que la participación comunitaria y el enfoque en la capacitación de líderes locales son cruciales para superar las barreras sociales que limitan la adopción de nuevas tecnologías en contextos rurales (Martínez, 2020).

Por otra parte, Tarazona (2021) añade que el costo elevado de los servicios de telecomunicaciones y la brecha generacional son barreras críticas que impiden un acceso equitativo a internet en las zonas rurales. En contextos como el del Cantón Taisha, donde los ingresos son bajos y las oportunidades educativas son limitadas, estas barreras sociales y económicas se agravan, profundizando las desigualdades existentes. Además, la resistencia cultural al cambio, la desconfianza hacia nuevas tecnologías y la falta de infraestructura local para apoyar la adopción de TIC complican aún más la situación.

Ante esta situación, surge la pregunta de investigación: **¿Cuáles son los factores que influyen en la implementación de conectividad a internet en las parroquias rurales del Cantón Taisha?** El presente estudio se propone analizar estos factores a través de un enfoque cualitativo, recopilando opiniones de actores clave, incluyendo representantes de autoridades locales, proveedores de servicios de internet y usuarios de las parroquias rurales. Este enfoque permitirá identificar los desafíos y oportunidades específicos que enfrenta el cantón, ofreciendo una visión holística de la problemática.

El estudio también destaca la importancia de la conectividad en el desarrollo rural, abarcando aspectos socioeconómicos, educativos y culturales. En áreas rurales como el Cantón Taisha, mejorar la conectividad puede tener efectos transformadores, permitiendo el acceso a mercados globales, educación en línea, telemedicina, y fortaleciendo la participación comunitaria. La conectividad no es solo una herramienta técnica, sino un catalizador para el desarrollo sostenible y la inclusión social (Ferreira, Higuera, & Barrera, 2021).

El estudio tiene como objetivo general realizar un análisis exhaustivo de los factores que influyen en la implementación de internet en las parroquias rurales del Cantón Taisha. Entre los objetivos específicos se encuentran la identificación de factores

económicos, sociales y geográficos que afectan la implementación de redes de telecomunicaciones y la evaluación del impacto de estas redes en el desarrollo socioeconómico de las parroquias.

Se revisan también las normativas técnicas y las regulaciones existentes, como las establecidas por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), que son fundamentales para comprender el marco legal en que se desarrolla la implementación de internet en estas comunidades rurales, las mismas que buscan asegurar que la provisión de servicios de telecomunicaciones sea equitativa y cumpla con los estándares de calidad necesarios, promoviendo la competencia entre proveedores y fomentando la inversión en infraestructura en zonas rurales (Arcotel, 2020). Sin embargo, la implementación efectiva de estas normativas enfrenta desafíos significativos en contextos como el Cantón Taisha, donde las barreras geográficas y la falta de recursos locales complican el desarrollo de infraestructuras adecuadas.

La implementación de internet en comunidades rurales del Cantón Taisha y áreas similares no solo depende de la infraestructura tecnológica, sino que está profundamente influenciada por factores sociales, económicos, culturales y regulatorios. Abordar estas cuestiones es crucial para reducir la brecha digital y promover la inclusión digital en estas regiones, permitiendo que sus habitantes participen plenamente en la sociedad de la información. (Flores-Cueto, Hernández, & Garay-Argandoña, 2020).

Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica o documental para recopilar información relevante sobre la implementación de internet en áreas rurales, así como sobre los factores económicos, sociales y geográficos que influyen en este proceso. Esta revisión sirvió como base teórica para comprender el contexto y los desafíos específicos que enfrentan las parroquias rurales del Cantón Taisha en relación con la conectividad a internet. La metodología utilizada fue principalmente cualitativa. Esto se evidencia en la forma en que se recopilaron y analizaron los datos.

Se llevó a cabo un análisis detallado de las características geográficas y socioeconómicas del Cantón Taisha, que implicó una evaluación tanto cualitativa como cuantitativa de la zona en términos de topografía, distribución de la población y acceso a recursos y servicios. Este análisis proporcionó una comprensión integral del entorno en el que se desarrollaría el proyecto, combinando métodos cuantitativos, como la recopilación de datos estadísticos y encuestas, con análisis cualitativos para interpretar cómo estas características afectarían la implementación del proyecto.

Además, se realizó una comparación de las distintas tecnologías de conectividad a internet, evaluando sus ventajas y desventajas en función de los requisitos específicos del proyecto. Esta comparación implicó un análisis cualitativo de factores como la velocidad, la cobertura, el precio y la disponibilidad, con el fin de determinar la viabilidad de cada tecnología en el contexto de las comunidades rurales de Taisha.

Además de la revisión bibliográfica y el análisis detallado de las características geográficas y socioeconómicas, se llevó a cabo una encuesta como parte de la metodología utilizada en el estudio. Esta encuesta complementó la investigación cualitativa al proporcionar datos cuantitativos y percepciones directas de los habitantes de las parroquias rurales del Cantón Taisha.

La metodología utilizada para el diseño de la red en el Cantón Taisha implicó un enfoque integrado entre los estudios de Raymundo (2020) y de Iqbal et al (2023) que comenzó con la selección de una topología punto a multipunto, adecuada para las extensas áreas geográficas del cantón. Se realizó un análisis geográfico y topográfico detallado para identificar las mejores ubicaciones para los nodos y antenas, optimizando la cobertura y la calidad de la señal. Además, se calcularon los enlaces de radio para asegurar conectividad efectiva y se seleccionaron equipos específicos que respondieran a las necesidades técnicas y ambientales del proyecto. Finalmente, se estableció un sistema de monitoreo y mantenimiento para garantizar la operatividad y sostenibilidad de la red.

La encuesta se diseñó para recopilar información específica sobre el acceso actual a internet, las necesidades y demandas de conectividad de la población, así como sus

preferencias y barreras percibidas para el uso de tecnologías de internet en sus comunidades. Se utilizaron preguntas estructuradas y abiertas para capturar una amplia gama de opiniones y experiencias. Esta encuesta se puede visualizar en los Anexo 1, así como sus resultados en el anexo 2.

Conforme los datos:

Tabla 1
Población y muestra de las provincias y parroquias

Cantón	Parroquia	Población	Porcentaje	Muestra del área geográfica
TAISHA	TAISHA	1,354	29%	75
TAISHA	HUASAGA	358	8%	20
TAISHA	MACUMA	1,275	28%	71
TAISHA	TUUTINENTSA	907	20%	50
TAISHA	PUMPUENTSA	733	16%	40
		4627	100%	256

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2022).

La población se ha estratificado por edad, limitando el rango de edad de 15 a 50 años. Esto significa que la población total se ha dividido en grupos más pequeños o estratos según esta característica, tras aplicar un muestreo probabilístico estratificado simple a nuestra población total de 4627 del centro cantonal urbano más las comunidades, por lo tanto, la muestra a utilizar es: 256 participantes.

La muestra representada en la tabla 2 se utilizó para la aplicación del instrumento de la encuesta.

Resultados y discusión

El estudio del acceso y servicio de Internet en el Cantón Taisha evalúa la accesibilidad y universalidad del Internet, destacando la variabilidad demográfica y las necesidades de conexión en la región, y el diseño de la red destinada a mejorar el servicio de Internet en áreas rurales, proponiendo soluciones técnicas adaptadas a la geografía y demografía local.

Diseño de la red para brindar servicio de Internet en las zonas rurales del Cantón Taisha

Para diseñar una red que brinde servicio de Internet en las zonas rurales del Cantón Taisha, se aprovechan los datos obtenidos de la encuesta y la información geográfica de las comunidades. A continuación, se presentan los pasos detallados necesarios para realizar este diseño, teniendo en cuenta la demanda insatisfecha, el tráfico generado, la ubicación geográfica y la tecnología adecuada:

Estimación de la demanda insatisfecha

La encuesta sobre la disponibilidad de conexión a Internet muestra una diferencia notable en el acceso entre la cabecera cantonal y las parroquias. En la cabecera cantonal, el 94.67% de la población tiene acceso a Internet, lo que deja al 5.33% sin conexión. Esto indica que, a pesar de una alta tasa de acceso, aún existe una demanda insatisfecha del 5.33%. Por otro lado, en las parroquias, el 88.95% de la población dispone de Internet, mientras que el 11.05% no tiene acceso. Esta diferencia sugiere una mayor brecha en el acceso a Internet en las parroquias, donde la demanda insatisfecha es del 11.05%. Estos datos destacan la necesidad de enfocar esfuerzos adicionales en mejorar la cobertura de Internet en las parroquias para reducir la brecha existente en comparación con la cabecera cantonal.

Cálculo del tráfico total estimado:

Para calcular la demanda insatisfecha proyectada de las comunidades y la cabecera cantonal, utilizamos los datos de proyección de población del INEC y un horizonte temporal de 4 años.

Usando las tasas de crecimiento poblacional del INEC, proyectamos la población de las comunidades y la cabecera cantonal para los próximos 4 años.

Así mismo, calculamos la demanda insatisfecha proyectada utilizando la proyección de población y el porcentaje de población sin acceso a internet:

Tabla 2: Proyección de Población y Demanda Insatisfecha de Acceso a Internet en el Cantón Taisha

Área	Población actual	Tasa de crecimiento anual (%)	Población proyectada	Porcentaje sin acceso a internet	Población sin acceso proyectada
Cabecera Cantonal	7,500	2	8,113	5.33%	432
Parroquias	18,100	2	19,569	11.05%	2,162

En la tabla 2 se puede ver la comparativa de la población actual, la tasa de crecimiento anual y la proyección de población para un periodo de cuatro años tanto para la cabecera cantonal como para las parroquias en el Cantón Taisha. Además, muestra el porcentaje y la cantidad proyectada de la población que carece de acceso a internet, destacando la demanda insatisfecha que puede existir en el futuro. Esta información es crucial para planificar la expansión y mejora de la infraestructura de internet, asegurando que las intervenciones futuras aborden de manera efectiva las necesidades de conectividad de la población en crecimiento.

Cálculos de la demanda y ancho de banda

Con base en los datos obtenidos, se realizó un análisis de la demanda y el ancho de banda necesarios para soportar el tráfico generado por los usuarios de Internet tanto en la cabecera cantonal como en las parroquias. A partir de la encuesta, se determinó que el 57.75% de los habitantes de la cabecera cantonal y el 67.70% de los habitantes de las comunidades utilizan Internet entre 3 y 4 horas al día, con un promedio de 3.5 horas diarias por usuario. Asumiendo un tráfico promedio de 1 Mbps por usuario, se estimó que el tráfico total generado en la cabecera cantonal, con 432 usuarios, sería de 1,512 Mbps ($432 \times 3.5 \times 1$), mientras que, en las comunidades, con 2,162 usuarios, se generaría un tráfico total de 7,567 Mbps ($2,162 \times 3.5 \times 1$). En total, el tráfico proyectado para ambas áreas es de 9 Mbps, lo que representa la demanda que debe ser soportada para garantizar un servicio eficiente.

Identificación de zonas geográficas y distancias

Con base en los datos de la encuesta y distancias entre las parroquias – cabecera cantonal, se ha planificado la ubicación estratégica de los nodos para optimizar la cobertura de señal en las parroquias del cantón Taisha. Las distancias de las parroquias rurales a la cabecera cantonal son las siguientes: Huasaga a 34 km, Tuutinentza a 37.6 km, Macuma a 30 km y Pumpuentza a 37.1 km. Para asegurar una distribución eficiente de la señal, se ha decidido ubicar el nodo principal en la cabecera cantonal de Taisha, considerando su posición estratégica y la cobertura de señal disponible.

Elección de Tecnologías y Equipos: Comparación

1. Fibra Óptica

La fibra óptica destaca por su capacidad de transmisión de datos a velocidades extremadamente altas, lo que la convierte en la opción ideal para manejar grandes volúmenes de información. Esta tecnología es especialmente valorada en aplicaciones que demandan baja latencia, ofreciendo respuestas rápidas y eficientes. Además, su confiabilidad es notable, ya que es menos propensa a sufrir interferencias externas, lo que garantiza una conexión estable y constante. Sin embargo, esta tecnología presenta desafíos, como su elevado costo inicial, que incluye la instalación y el despliegue de la infraestructura necesaria. Además, la implementación de la fibra óptica puede requerir un tiempo considerable, debido a la complejidad del proceso de instalación. Aunque el mantenimiento no es frecuente, cuando es necesario, puede resultar tanto complejo como costoso, lo que añade otra capa de consideración a largo plazo.

2. Redes Inalámbricas (Wi-Fi y LTE)

Las redes inalámbricas, como Wi-Fi y LTE, ofrecen una solución más accesible y económica en comparación con la fibra óptica, especialmente en términos de costos iniciales. Estas redes son particularmente apreciadas por su facilidad de despliegue, lo que las convierte en una opción práctica para áreas rurales o de difícil acceso. La flexibilidad es otro de sus puntos fuertes, ya que estas redes pueden expandirse y reconfigurarse con relativa facilidad para adaptarse a las necesidades cambiantes. No

obstante, presentan limitaciones en cuanto a su capacidad de transmisión, que es inferior a la de la fibra óptica. Además, las redes inalámbricas son más vulnerables a interferencias causadas por factores ambientales o dispositivos electrónicos, lo que puede afectar la calidad de la señal. Otro inconveniente es que su cobertura y alcance pueden ser limitados, especialmente en entornos con obstáculos físicos significativos, lo que puede resultar en una señal debilitada o inconsistente.

Elección de Tecnología

Después de evaluar las ventajas y desventajas de cada tecnología, además se ha tomado en cuenta factores importantes como acceso a las parroquias, servicio de energía eléctrica, factores geográficos, entre otros por lo que se propone la Tecnología Inalámbrica tomando en cuenta la flexibilidad y costo-efectividad en la distribución final a las comunidades.

Por lo tanto, entre los estándares WI-FI, el que ofrece las mejores prestaciones para el tipo de red que deseamos diseñar es el 802.11 a/g, el cual lo utilizaremos de aquí en adelante para el diseño de nuestra red de comunicaciones.

La metodología que se propone se basa en los siguientes pasos:

1. Selección de la topología de red.
2. Calcular el enlace de radio.
3. Selección del equipamiento

Diseño de la Red

Paso 1. Topología de la red

En el presente diseño, se realizó una red de transporte para disponer de una salida a internet en las localidades de Tuutinetza, Macuma, Pumpuentza y Huasaga, para efectos de poder realizar las pruebas de la red de acceso inalámbrica con acceso a internet. Luego de un análisis de marco geográfico y topográfico; se implementó esta red bajo una topología punto a multipunto como se indica en la figura, este tipo de red es la más popular en donde varios clientes (nodos) están conectados a un punto de

acceso central. Los enlaces punto Multipunto permiten establecer áreas de cobertura de gran capacidad para enlazar diferentes puntos remotos hacia una central para implementar redes de datos, voz y video.

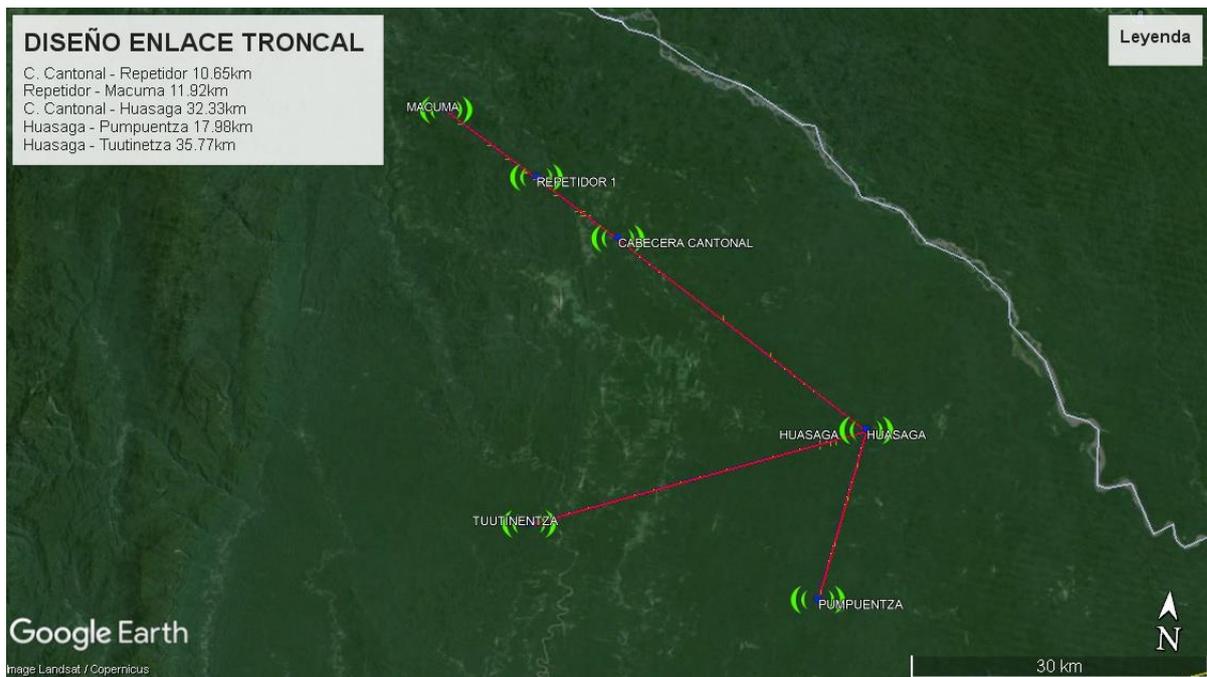


Figura 5 Topología de la red de acceso para las parroquias de Taisha

El enlace 1 en el cual se encuentran los nodos: C. Cantonal - Repetidor 1 - Macuma, contempla la instalación de antenas en tres locaciones aptas para este fin, como se muestra en la figura. Se colocó un repetidor ya que entre estas dos parroquias existe una elevación la cual no permite tener una línea de vista idónea para la propagación de la señal. El nodo C. Cantonal, está ubicado en la parte más alta de la parroquia urbana Taisha. Este sitio es el más adecuado para la colocación de antenas de radiocomunicaciones, dada su altura. En Macuma no existen elevaciones naturales significativas, por lo que se consideró el terreno más alto de esta zona para tener conexión con el repetidor y posterior con el nodo principal C. Cantonal.

Los enlaces 2 y 3 entre los nodos C. Cantonal – Huasaga, Huasaga - Tuutinentza, Huasaga - Pumpuentza mostrado en la figura, se encuentran ubicados en el cerro más alto de cada parroquia, a pocos metros de la zona poblada de la comuna. Estos sitios

han sido elegidos para este estudio de telecomunicaciones, dada su ubicación ideal y altura, ya que este cantón se caracteriza por tener un área mayormente plana.

Existe equipamiento Wifi que permite establecer enlaces de hasta 50Km con una velocidad de transmisión de hasta 54Mbps por lo que las distancias no constituyen un problema, además de que el terreno es en su mayoría plano por lo que no existen obstrucciones en la línea de visión.

Paso 2: Cálculo del enlace de radio

Análisis de factibilidad

Las coordenadas de los puntos donde pueden estar ubicadas las antenas que forman el enlace inalámbrico se listan en la tabla.

Tabla 3: Coordenadas de los nodos a colocar

Nodos	Latitud	Longitud	Altura (m)
C. Cantonal	02°31'92.23" S	77°45'48.6" W	353,3
Repetidor 1	02°26'71.67" S	77°53'54.2" W	544,4
Macuma	02°20'89.17" S	77°62'55.3" W	624
Huasaga	02°48'10.76" S	77°21'88.8" W	293,5
Pumpuentza	02°63'91.11" S	77°24'77.2" W	278
Tuutinentza	02°59'04.72" S	77°51'58.9" W	385,4

Distancia entre los puntos

Para obtener la distancia entre dos puntos de la tierra, se requiere los datos de latitud y longitud como los que se mencionaron en la tabla anterior. Normalmente los datos se los tiene en grados, minutos y segundos, por lo que se debe convertir los grados con decimales a radianes.

Tabla 4: Distancia entre los nodos

SITIO	DISTANCIA (km)
C. Cantonal – Repetidor 1	10,65

Repetidor 1 - Macuma	11,92
C. Cantonal - Huasaga	32,33
Huasaga - Pumpuentza	17,98
Huasaga - Tuutinentza	35,77

Se puede observar que, en el enlace troncal, luego de crear el enlace y ajustar los parámetros de antenas y de modo de operación (Master/Slave), el software presenta una bird's view del enlace, en donde a primera instancia se observa la presencia o ausencia de la línea de vista (LOS). Para un enlace multipunto-a multipunto, es imprescindible la presencia de una LOS. De igual manera, el software presenta las zonas de Fresnel en la totalidad del enlace, como se observa en la figura. La figura muestra los patrones de radiación de las antenas respecto a la línea de vista.

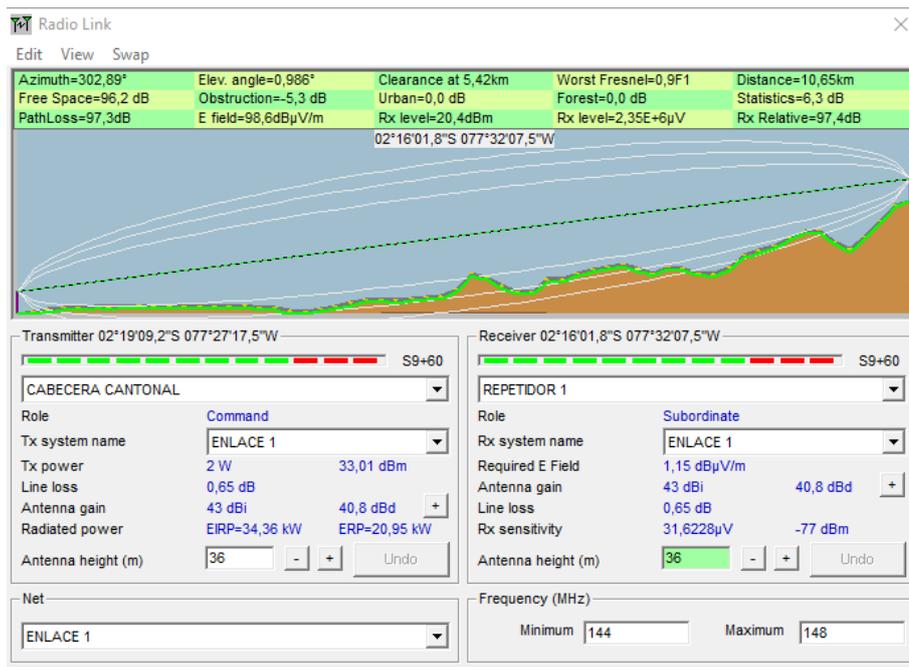


Figura 2 Simulación de línea de vista para el enlace C. Cantonal – Repetidor 1

Paso 3. Selección de los equipos

Tras calcular el enlace, se decidió instalar antenas ePMP Force 180 en las torres para distribuir la señal a los suscriptores residenciales en Macuma, Tuutinentza Pumpuentza y Repetidor 1. Los clientes finales también usarán esta antena,

configurada como módulo de suscriptor. La elección de la ePMP Force 180 se justifica por su alto rendimiento en ganancia y cobertura, además de su tamaño compacto, ideal para los usuarios. Las especificaciones técnicas se detallan en una tabla.

Tabla 5 Especificaciones de la antena

Rango de Frecuencia	5 GHz: 4910 - 5970 MHz
Ancho de Canal	5 10 20 40 MHz
Sensibilidad de recepción nominal en un canal de 20 MHz	-93 dBm a -72 dBm
Rango de potencia de transmisión	-17 dBm a +30 dBm
Grado de protección IP	IP55
Tipo de antena	Integrada
Ganancia máxima	16 dBi

Para las torres de la C. Cantonal y Huasaga se instalará la antena ePMP Force 200, utilizada en la red de transporte y certificada con IP55. Esta antena destaca por su alta directividad y ganancia, con un lóbulo principal que concentra la mayor parte de la energía en la dirección 0°, lo que asegura una cobertura óptima en esa dirección. Los otros lóbulos, de menor potencia, ofrecen una cobertura limitada, por lo que la antena debe ser instalada teniendo en cuenta la orientación de su lóbulo principal.

Paso 4: Monitoreo y Mantenimiento

1. Sistema de Monitoreo

La implementación de un sistema de monitoreo es esencial para supervisar el rendimiento de la red en tiempo real. Este sistema permite detectar y resolver problemas rápidamente, garantizando una operación eficiente y estable. Las herramientas avanzadas de gestión de red facilitan la identificación proactiva de fallos, optimizando el desempeño y minimizando el tiempo de inactividad.

2. Mantenimiento Programado

Establecer un calendario de mantenimiento regular es crucial para garantizar el óptimo funcionamiento de la red, ya que permite detectar y corregir fallos antes de que se

agraven. Además, planificar actualizaciones tecnológicas periódicas asegura que la red esté al día con las innovaciones y sea escalable, adaptándose a las futuras necesidades y garantizando un servicio continuo y mejorado.

Cálculo de costos

Tabla 6 Costos de los componentes

Componente	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Cambium Networks ePMP Force 200	2 unidades	230	640
Cambium Networks ePMP Force 180	100 unidades	125	12500
Instalación de antena ePMP Force 200	2 unidades	100	200
Cables y material de instalación	6 unidades	200	1800
TOTAL	-	-	15140

Tabla 7 Coste de operación

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Derechos de instalación de equipos	1	100	100
Salida a internet 100 Mbps	1	2700	2700
Derechos de uso de frecuencia	1	20	20
Mantenimiento de red	1	200	200
Total			3020

La tabla 8 muestra los gastos de operación involucrados en la red inalámbrica. Los costos en la tabla de coste de operación son mensuales y recurrentes.

Los derechos de uso de frecuencia fueron calculados en base a la normativa dispuesta por el Reglamento de Derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, en la categoría de Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso).

▪ Conclusiones

El diseño de la red para brindar servicio de internet en las zonas rurales del Cantón Taisha es un proyecto ambicioso que busca cerrar la brecha digital en esta región. La implementación del enlace troncal constituye la columna vertebral de esta red, permitiendo una conexión de alta capacidad y baja latencia. Esta infraestructura es esencial para soportar la demanda actual y futura de datos, asegurando una base sólida para el crecimiento tecnológico de las comunidades rurales.

Los resultados revelan una población diversa, mayoritariamente de adultos entre 30 y 40 años y una cantidad significativa de jóvenes. Esto resalta la necesidad de soluciones de conectividad que impulsen la educación, el empleo y el acceso a información. Aunque el nivel educativo es relativamente alto, preocupa la presencia de personas sin educación formal, lo que subraya la importancia de soluciones que mejoren tanto la conectividad como las brechas educativas.

Además, la mayoría de los encuestados vive en áreas rurales, lo que destaca la importancia de atender las necesidades de conectividad en estas zonas aisladas. Aunque muchos hogares tienen acceso a Internet y teléfonos móviles, el costo sigue siendo una barrera significativa, y gran parte de la población considera el servicio inaccesible por razones financieras. Además, existe una notable insatisfacción con la calidad del servicio, debido a problemas de velocidad, estabilidad y confiabilidad en las conexiones.

La elección de nodos de distribución en puntos estratégicos como Huasaga, Tuutinentza, Macuma y Pumpuenta facilita una distribución eficiente del tráfico de datos, garantizando que incluso las áreas más remotas puedan acceder a servicios de internet de calidad. Los equipos seleccionados, son de alta capacidad, cruciales para mantener una red robusta y confiable, capaz de manejar grandes volúmenes de tráfico sin problemas.

El despliegue de redes inalámbricas, como Wi-Fi y LTE, permite conexiones de largo alcance, ofreciendo flexibilidad y costo-efectividad en su implementación. En áreas de alta densidad poblacional, los puntos de acceso Wi-Fi proporcionan internet de alta velocidad, mientras que las estaciones base en zonas rurales dispersas garantizan una cobertura amplia. Para asegurar la sostenibilidad, es clave implementar un sistema de monitoreo en tiempo real para detectar problemas y realizar mantenimientos regulares, lo que mantendrá la red actualizada y capaz de adaptarse al crecimiento de la demanda

El presente estudio, aunque ha logrado avances importantes, presenta limitaciones. Entre ellas, la viabilidad económica es un reto, especialmente en áreas con pocos recursos. También se sugiere profundizar en cómo las características socioeconómicas afectan el acceso a Internet. Se recomienda investigar modelos de financiamiento y subsidios para hacer el servicio más asequible, y explorar innovaciones tecnológicas que reduzcan los costos de infraestructura y operación, mejorando el acceso para toda la población.

En conclusión, el presupuesto total estimado para la implementación de esta red inalámbrica representa una inversión significativa, pero necesaria, para cerrar la brecha digital en las zonas rurales del Cantón Taisha. Este proyecto no solo proporcionará acceso a internet de alta calidad a las comunidades rurales, sino que también contribuirá al desarrollo socioeconómico de la región, mejorando el acceso a la información, oportunidades educativas y crecimiento económico.

Referencias bibliográficas

Becerra, L. (2020). Tecnologías de la información y las comunicaciones en la era de la cuarta revolución industrial: tendencias tecnológicas y desafíos en la educación en ingeniería. . *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(28), 76-81.

Hernández, M., y Ovando, M. (2022). Factores culturales que influyen en la adopción de las TIC e internet: una revisión de la literatura. *PAAKAT: revista de tecnología y sociedad*, 12(22).

Iqbal, M., Velasco, L., Ruiz, M., Costa, N., Napoli, A., Pedro, J., y Comellas, J. (2023). Supporting heterogenous traffic on top of point-to-multipoint light-trees. *Sensors*, 23(5), 2500.

Martínez, M. (2020). La desigualdad digital en México: un análisis de las razones para el no acceso y el no uso de internet. . *PAAKAT: revista de tecnología y sociedad*, 10(09).

Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2021). *Potencialización de los Infocentros*.

Raymundo, A. (2020). Implementación de un diseño de red de acceso inalámbrico utilizando tecnología punto y multipuntos para el anexo Pucarumi, del distrito de Ascensión, Huancavelica.

Salinas, J., y de Benito, B. (2020). Competencia digital y apropiación de las TIC: claves para la inclusión digital. . *Campus Virtuales*, 9(2), 99-111.

Tarazona, C. (2021). Tensiones respecto a la brecha digital en la educación peruana. . *Revista peruana de investigación e innovación educativa*, 1(2), e21039-e21039.

Zhu, Y., Gan, C., Lin, W., y Gong, G. (2022). Design and simulation of optical network architecture based on point-to-multipoint direct communication between optical network units for data center. *Photonic Network Communications*, 44(1), 1-9.