

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA DE SISTEMAS



“Propuesta de implementación de una Red de Internet Mediante Antenas en el
Distrito de Tournavista desde Pucallpa-Ucayali, con el Distribución en Sedes
Claves”

ESTUDIANTE:

Salvador Flores Nilver

DOCENTE:

Ing. Baldeón Canchaya Walter T.

CURSO:

Fundamentos de Comunicación y Telecomunicaciones

HUANUCO – PERÚ

2024

ÍNDICE

1	Capítulo 1: Introducción	4
1.1	Contexto y Justificación del Proyecto.....	4
1.2	Objetivos del Proyecto.....	6
1.2.1	Objetivo General.....	6
1.2.2	Objetivos Específicos.....	6
1.3	Alcance del Proyecto	7
1.3.1	Evaluación inicial:	7
1.3.2	Diseño de la red:	8
1.4	Conectividad en Tournavista:.....	8
1.5	Elección de la Ruta de Conexión: Pucallpa como Mejor Opción.....	10
1.5.1	Desde Puerto Inca:	10
1.5.2	Desde Pucallpa:.....	11
1.5.3	Factores de evaluación:	12
2	Capítulo 2: Marco Teórico	12
2.1	Fundamentos de Redes de Comunicación	13
2.2	Tipos de Conexiones a Internet.....	14
2.3	Topologías de Red.....	15
2.4	Enlaces Punto a Punto (PtP)	16
2.5	Herramientas de Planificación y Simulación.....	18
2.5.1	Google Earth	18
2.5.2	UBIQUITI airLink	18
2.5.3	Packet Tracer.....	19
3	Capítulo 3: Análisis del Entorno	19
3.1	Características Geográficas de Pucallpa y Tournavista.	19
3.2	Estudio de Factibilidad Técnica del Enlace	20
3.3	Requerimientos de Infraestructura.....	22
3.3.1	Antenas y Torres de Comunicación	22
3.3.2	Energía y Protección	23
3.4	Impacto Ambiental y Social del Proyecto.....	23
3.4.1	Impacto Ambiental.....	23
3.4.2	Impacto Social	24

4	Capítulo 4: Diseño de la Red	25
4.1	Diseño de Enlaces Punto a Punto (PtP) entre Pucallpa y Tournavista.....	26
4.1.1	Diseño y simulación con UBIQUITI airLink:	27
4.1.2	Descripción de la Simulación de Enlaces Punto a Punto (PtP) en UBIQUITI airLink	27
4.1.3	Equipos necesarios.....	36
4.1.4	En el origen (donde recibes la fibra óptica):.....	36
4.1.5	En el destino (donde instalarás el receptor y el router):.....	37
4.1.6	Selección de Proveedores de Servicio de Internet	39
4.1.7	Configuración y pruebas	44
4.2	Distribución de la Red en las 3 Sedes Principales	44
4.2.1	Red en el Puesto de Salud.....	44
4.2.2	Red en el Colegio.....	46
4.2.3	Red en la Municipalidad	48
4.2.4	Diseño general	50
4.3	Selección de Equipos de Red.....	52
4.3.1	Antenas Ubiquiti	52
4.3.2	Routers, Switches y Access Points.....	53
4.4	Configuración de la Red en Packet Tracer.....	54
5	Capítulo 5: Implementación y Pruebas	55
5.1	Planificación de la Instalación	55
5.2	Configuración y Pruebas de los Enlaces Inalámbricos	56
5.3	Configuración de la Red Local en las Sedes.....	57
5.4	Pruebas de Conectividad y Rendimiento	58
5.5	Mantenimiento y Escalabilidad.....	59
6	Capítulo 6: Aspectos Administrativos.....	60
6.1	Recursos Humanos.....	60
6.2	Presupuesto	64
7	Referencias.....	68

1 Capítulo 1: Introducción

El acceso a internet es un factor clave en el desarrollo social, económico y educativo de cualquier comunidad. En zonas rurales o remotas, como el distrito de Tournavista en los alrededores de la provincia de Puerto Inca perteneciente a la región de Huánuco, la falta de conectividad dificulta el acceso a recursos esenciales como la educación, la salud y la comunicación. Este proyecto busca resolver esta problemática implementando una red de internet mediante antenas desde la ciudad de Pucallpa hasta Tournavista, distribuyendo el servicio en tres sedes principales: el puesto de salud, el colegio y la municipalidad.

El objetivo de esta propuesta es no solo ofrecer conectividad a estas sedes, sino también mejorar la calidad de vida de los habitantes del distrito al facilitar el acceso a servicios esenciales como la telemedicina, la educación a distancia y la gestión administrativa digital. La simulación de este sistema de redes se realizará utilizando la herramienta Packet Tracer, permitiendo visualizar el diseño, la topología y el rendimiento del sistema propuesto antes de una implementación real.

1.1 Contexto y Justificación del Proyecto

El distrito de Tournavista es uno de los cinco que conforman la provincia de Puerto Inca, ubicada en el departamento de Huánuco en el centro del Perú. Limita por el Noroeste con las provincias de Padre Abad y coronel Portillo; por el Noreste con el distrito de Honoria; por el Sureste con las provincias de Coronel Portillo y Atalaya (Ucayali); y, por el Suroeste con el distrito de Puerto Inca.

Tournavista es una comunidad rural ubicada en la región selva del Perú y geográficamente dispersa. Debido a que se encuentra alejado de la Provincia de Puerto Inca y de la ciudad de Pucallpa, enfrenta limitaciones importantes en cuanto al acceso a servicios básicos como internet, lo cual afecta directamente a las instituciones clave de la comunidad. La falta de conectividad limita el acceso a la educación virtual, herramientas de telemedicina y servicios digitales de gobierno, creando una brecha tecnológica que impacta negativamente en el bienestar de sus habitantes.

En el contexto global actual, la conectividad es esencial para la participación en la sociedad de la información. El internet se ha convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo humano, permitiendo el acceso a conocimiento, recursos educativos, servicios de salud remotos y oportunidades laborales. Sin embargo, las zonas alejadas suelen quedar rezagadas en la implementación de infraestructura de telecomunicaciones debido a los altos costos y las dificultades técnicas que presenta su geografía.

Este proyecto surge de la necesidad de cerrar esta brecha digital en el distrito de Tournavista, llevando internet desde la ciudad de Pucallpa mediante antenas de largo alcance, aprovechando la tecnología inalámbrica de enlaces Punto a Punto (PtP). La instalación de internet en las tres sedes principales que son: el puesto de salud, el colegio y la municipalidad, tiene el potencial de mejorar considerablemente la calidad de vida de los habitantes, proporcionando acceso a servicios esenciales de forma eficiente y moderna.

Se eligió como punto de inicio la ciudad de Pucallpa, en la región Ucayali, debido a su mayor desarrollo en telecomunicaciones y la disponibilidad de servicios de internet de alta velocidad, así como también por su geografía favorable. Este proyecto no solo propone un diseño

técnico, sino también un análisis profundo de las condiciones geográficas y sociales, asegurando que la solución sea sostenible y adaptable a las necesidades locales.

El uso de herramientas como Google Earth y UBIQUITI airLink permitirá un diseño técnico optimizado, asegurando que las condiciones geográficas no sean un impedimento para el éxito del proyecto. Además, la simulación de la red en Packet Tracer ayudará a planificar y prever la correcta distribución del internet en las tres sedes, garantizando un servicio estable y eficiente.

1.2 Objetivos del Proyecto

1.2.1 Objetivo General

“Proponer la implementación de una red de internet mediante antenas de largo alcance entre Pucallpa - Ucayali y Tournavista-Huánuco, distribuyendo el servicio en tres sedes clave del distrito: el puesto de salud, el colegio y la municipalidad.”

1.2.2 Objetivos Específicos

- **Diseñar y planificar un enlace Punto a Punto (PtP) entre Pucallpa Tournavista** utilizando las herramientas **Google Earth y UBIQUITI airLink** para analizar el terreno y las posibles interferencias.
- Seleccionar los equipos y tecnologías más adecuados para garantizar la calidad del servicio de internet.
- Evaluar las características geográficas y técnicas para definir el mejor trayecto del enlace inalámbrico.

- **Proponer la instalación de antenas Ubiquiti y la infraestructura de soporte necesaria** (torres, puntos de energía y equipos de protección) para establecer una conexión de internet estable y de alta calidad.
- **Distribuir el acceso a internet en las tres sedes clave de Tournavista** (puesto de salud, colegio y municipalidad), asegurando que cada una de estas instituciones cuente con un servicio adecuado para sus necesidades.
- **Simular la red local y su distribución en las sedes** utilizando **Packet Tracer**, previendo problemas potenciales y optimizando el diseño de la red.
- Analizar y mitigar los posibles impactos ambientales y sociales del proyecto.

1.3 Alcance del Proyecto

El proyecto se enfoca en llevar el servicio de internet desde la ciudad de Pucallpa hasta Tournavista y distribuirlo en tres sedes principales dentro del distrito. Se usará tecnología de antenas inalámbricas para establecer un enlace de larga distancia entre ambas localidades, aprovechando la geografía favorable en algunos tramos y sorteando los obstáculos en otros con el uso de torres y equipos de alta potencia.

El alcance del proyecto incluye las siguientes fases:

1.3.1 Evaluación inicial:

- **Análisis geográfico:** Identificación y evaluación del terreno mediante Google Earth para trazar la línea de visión entre Pucallpa y Tournavista.

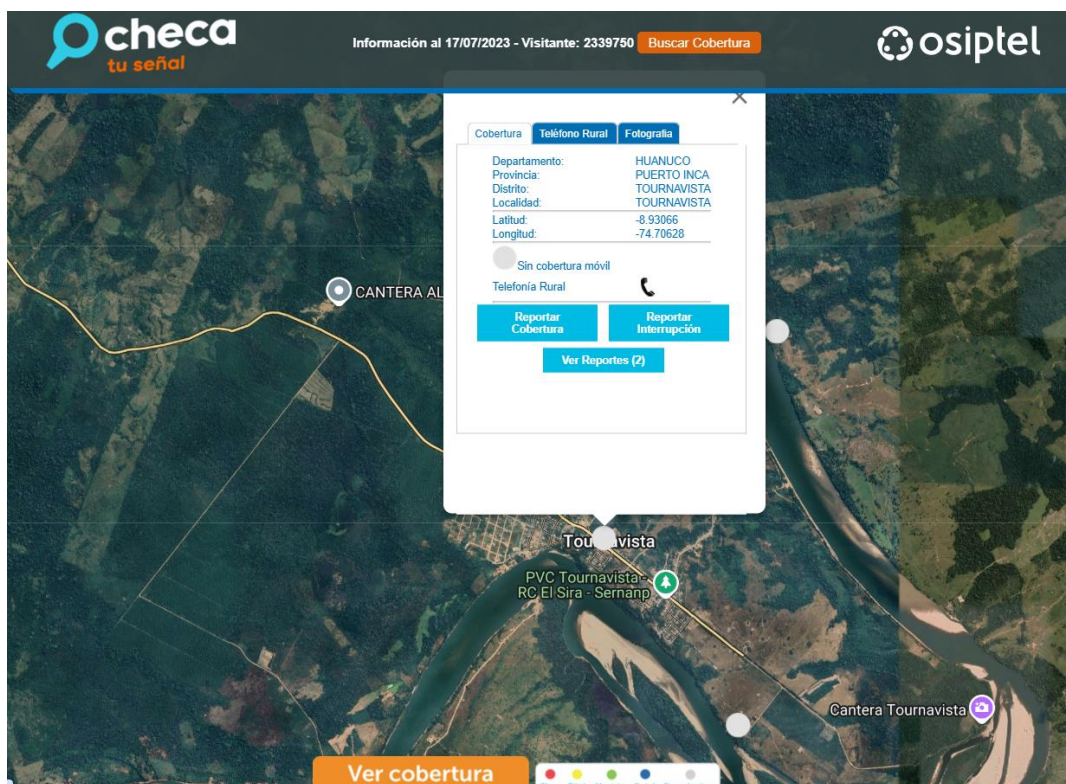
- Perfil de elevación realizado mediante Google Earth para identificar posibles interferencias.
- Comparación de alternativas de conexión desde Puerto Inca y Pucallpa.

1.3.2 Diseño de la red:

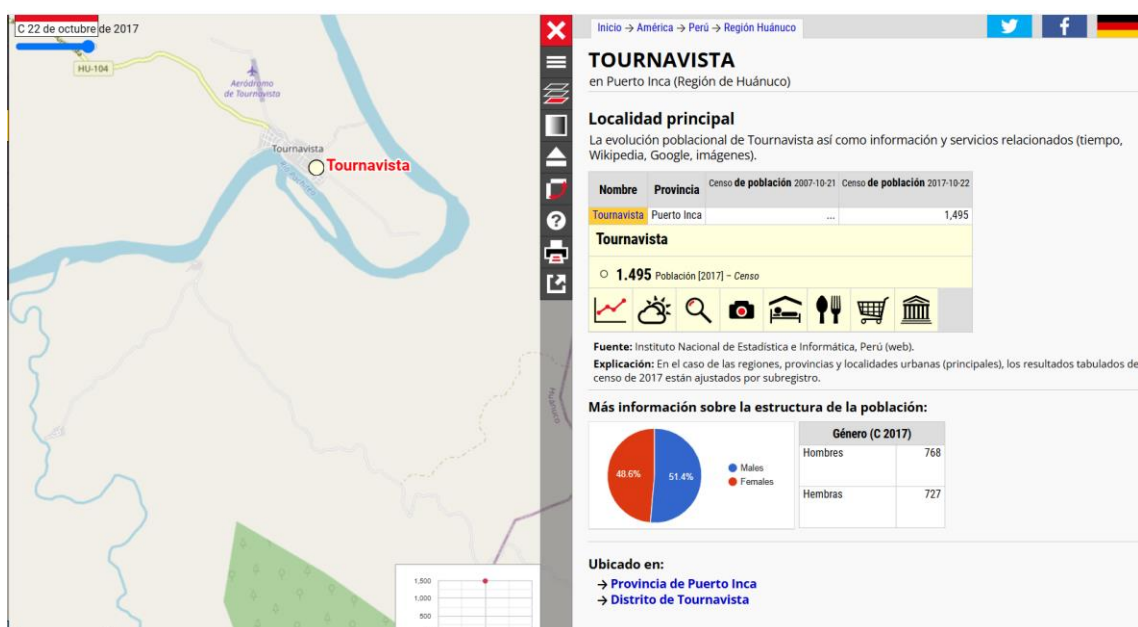
- **Diseño y simulación del enlace PtP:** Utilización de UBIQUITI airLink para simular la viabilidad del enlace, seleccionando el equipo adecuado (antenas, frecuencia, potencia) para garantizar una señal de calidad.
- **Distribución del servicio en las sedes:** Configuración y distribución del acceso a internet en el puesto de salud, el colegio y la municipalidad, asegurando que cada sede reciba una conexión adecuada para sus requerimientos.
- Selección de antenas, routers, switches y demás equipos necesarios para la implementación.

Este proyecto se limita a Tournavista, pero podría ser replicado en otras comunidades rurales de la región que enfrentan problemas similares de conectividad.

1.4 Conectividad en Tournavista:



Habitantes en Tournavista:



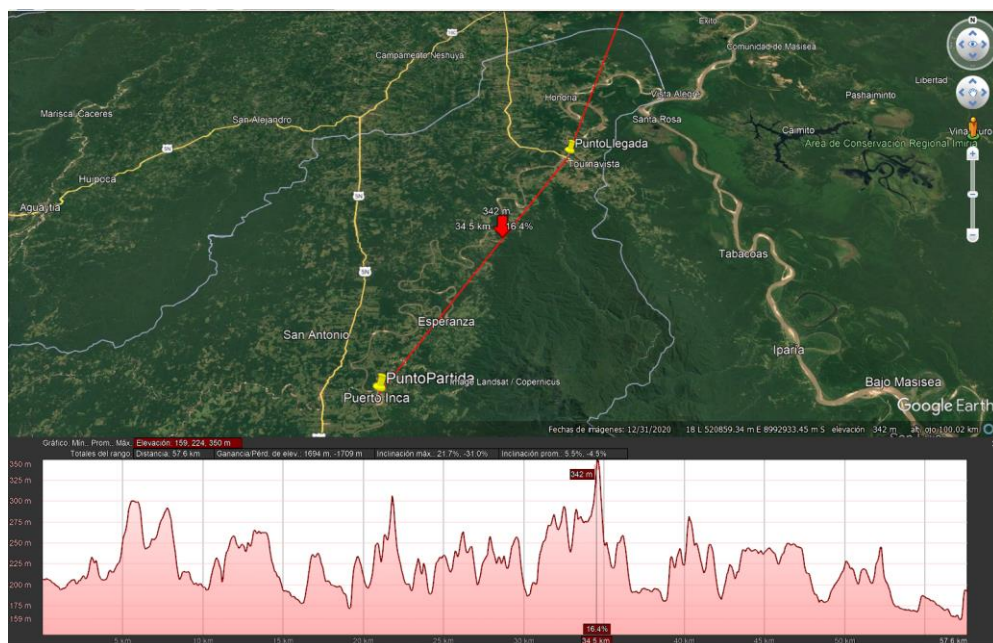
1.5 Elección de la Ruta de Conexión: Pucallpa como Mejor Opción

Para poder llevar el internet hasta el distrito de Tournavista, tenemos dos opciones, la primera es desde la provincia de Puerto Inca y el segundo es desde la ciudad de Pucallpa. Para definir la mejor alternativa de conexión, se evaluaron dos rutas posibles:

1.5.1 Desde Puerto Inca:

- **Distancia:** 57.6 km
- **Ventajas:** Distancia más corta a Tournavista.
- **Desventajas:** Infraestructura limitada, menor disponibilidad de servicios de internet de alta velocidad, y mayor complejidad técnica debido a las características geográficas de la ruta.

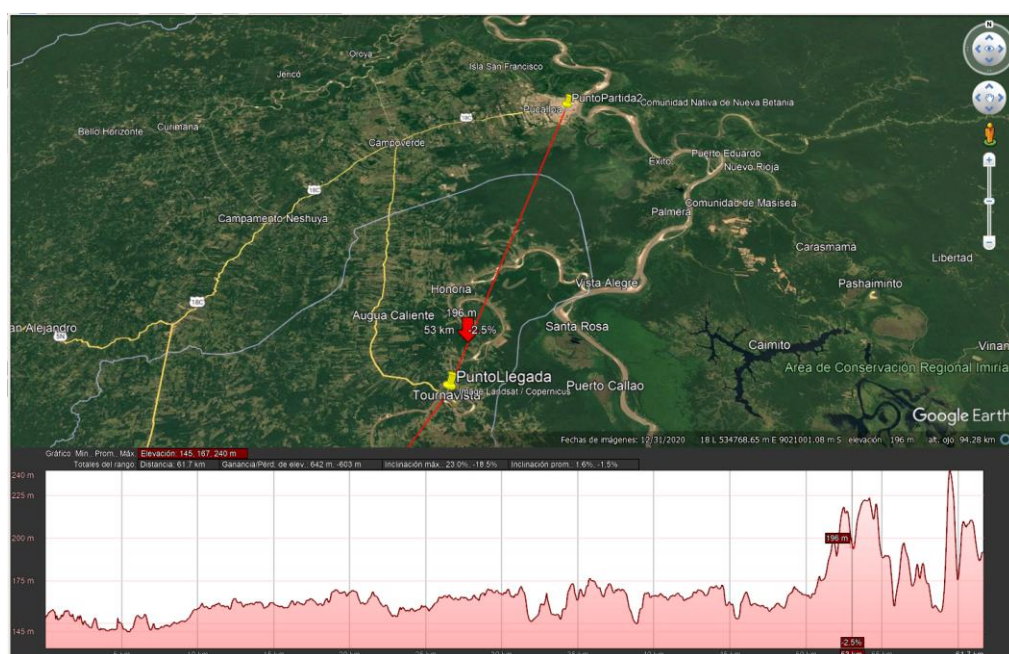
Perfil de elevación desde Puerto Inca hasta Tournavista:



1.5.2 Desde Pucallpa:

- **Distancia:** 61.7 km
- **Ventajas:**
 - Infraestructura robusta y presencia de proveedores de internet confiables.
 - Mayor disponibilidad de tecnologías modernas como fibra óptica y enlaces inalámbricos de alta capacidad.
 - Mejor perfil de elevación, con menores interferencias según el análisis realizado con Google Earth.
 - Soporte técnico más accesible y menor probabilidad de interrupciones del servicio.
- **Desventajas:** Mayor distancia comparada con Puerto Inca.

Perfil de elevación desde Pucallpa hasta Tournavista:



1.5.3 Factores de evaluación:

- **Distancia:** La conexión desde Pucallpa, aunque más larga, ofrece menor cantidad de obstáculos geográficos importantes.
- **Perfil de elevación:** Google Earth reveló que el trayecto entre Pucallpa y Tournavista tiene menor interferencia por montañas o zonas boscosas densas.
- **Calidad del servicio:** Los proveedores en Pucallpa ofrecen mayor velocidad y confiabilidad.
- **Costo-beneficio:** Aunque el costo inicial puede ser ligeramente mayor, la calidad del servicio y la reducción de riesgos a largo plazo justifican la inversión.

Por estas razones, se eligió la ruta Pucallpa-Tournavista como la más viable y beneficiosa para el desarrollo del proyecto.

2 Capítulo 2: Marco Teórico

En este capítulo se abordarán los conceptos fundamentales necesarios para la implementación del proyecto de conexión a internet mediante antenas en el distrito de Tournavista. Se explicarán los principios básicos de redes de comunicación, los tipos de conexiones a internet disponibles, las topologías de red, y los enlaces Punto a Punto (PtP). Además, se detallarán las herramientas de planificación y simulación que se utilizarán para el diseño y ejecución del proyecto.

2.1 Fundamentos de Redes de Comunicación

Una red de comunicación es un sistema que permite la transmisión de datos entre dispositivos de manera eficiente y confiable. Existen diferentes tipos de redes de comunicación, que pueden ser clasificadas según su tamaño (redes de área local, redes de área amplia, etc.), su topología (cómo están organizados los nodos de la red), y los medios de transmisión que utilizan.

Los componentes principales de una red de comunicación incluyen:

- **Dispositivos finales:** Como computadoras, servidores, teléfonos, etc., que generan, procesan y consumen datos.
- **Medios de transmisión:** Los cables o señales inalámbricas a través de los cuales se transmiten los datos.
- **Dispositivos de red intermedios:** Equipos como routers, switches y puntos de acceso que facilitan la transmisión de datos entre los dispositivos finales.
- **Protocolos de comunicación:** Son reglas que rigen el intercambio de datos, como TCP/IP, que es la base de internet.
- **Ancho de banda:** La capacidad máxima de transmisión de datos en un enlace o red.
- **Latencia:** El tiempo que tarda un paquete de datos en viajar desde el origen hasta el destino.
- **Fiabilidad:** La capacidad de la red para garantizar la entrega de datos sin errores ni pérdidas.

Las redes de comunicación permiten la conexión de dispositivos en todo el mundo y son esenciales para el funcionamiento de internet. En el contexto de este proyecto, las antenas y enlaces inalámbricos se utilizarán para crear un medio de transmisión a través del cual los datos puedan ser enviados desde la ciudad de Pucallpa hasta San Tounavista.

2.2 Tipos de Conexiones a Internet

Las conexiones a internet pueden clasificarse en varios tipos según el medio que utilizan para transmitir datos. Entre los más relevantes para este proyecto se encuentran las conexiones de fibra óptica y las conexiones inalámbricas.

- **Fibra Óptica:** La fibra óptica es una tecnología avanzada que utiliza pulsos de luz para transmitir datos a alta velocidad. Este tipo de conexión ofrece una gran capacidad de ancho de banda y una alta confiabilidad, lo que la hace ideal para largas distancias y para soportar grandes volúmenes de tráfico de datos. Sin embargo, la instalación de fibra óptica puede ser costosa y complicada en áreas rurales, donde se necesita tender cables a través de terrenos accidentados.
- **Conexiones Inalámbricas:** Las conexiones inalámbricas no requieren cables físicos y transmiten los datos utilizando ondas de radio. Estas conexiones pueden ser de corto alcance (Wi-Fi) o de largo alcance (enlaces Punto a Punto). Los enlaces inalámbricos son una opción viable en zonas rurales o remotas, donde la instalación de cables no es práctica. En este proyecto, se utilizarán enlaces inalámbricos de largo alcance para conectar Pucallpa con Tournavista mediante antenas.

- **Conexión satelital:** Recurre a satélites geoestacionarios para transmitir datos. Aunque tiene cobertura global, presenta alta latencia y costos elevados, por lo que no es la mejor opción para este proyecto.
- **Redes celulares:** Usan infraestructura de torres de comunicación y estándares como 4G o 5G. Su cobertura en áreas rurales puede ser limitada y no es la opción más eficiente para enlaces dedicados.

Entre las tecnologías de conexión inalámbrica más comunes se incluyen:

- **Wi-Fi:** Tecnología de red de área local (LAN) que permite a dispositivos como computadoras, smartphones y tablets conectarse a internet de manera inalámbrica.
- **Enlaces Punto a Punto (PtP):** Tecnología que permite establecer una conexión directa entre dos puntos utilizando antenas direccionales. Este tipo de enlace es ideal para distancias largas y se utiliza en el proyecto para llevar internet desde Pucallpa a Tournavista.

2.3 Topologías de Red

La topología de red describe la disposición física o lógica de los dispositivos en una red.

Las principales topologías incluyen:

- **Topología en Estrella:** En esta topología, todos los dispositivos están conectados a un dispositivo central (como un switch o un router). Es fácil de implementar y mantener, y en caso de fallo de uno de los dispositivos conectados, el resto de la red no se ve afectado.

- **Topología en Anillo:** Los dispositivos están conectados en serie formando un anillo cerrado. Los datos viajan en una dirección a través del anillo hasta llegar al dispositivo destinatario. Aunque este tipo de red ofrece un alto rendimiento, es vulnerable a fallos, ya que la interrupción en un solo enlace puede afectar a toda la red.
- **Topología de Malla:** En una red de malla, cada dispositivo o nodo está conectado a varios otros dispositivos o nodos, lo que proporciona múltiples rutas para el flujo de datos. Esta topología es altamente redundante y confiable, ya que permite la transmisión de datos incluso si algunos enlaces fallan.
- **Topología de árbol:**
Extiende la topología en estrella, permitiendo la conexión jerárquica de nodos. Es útil para expandir la red en el futuro, agregando nuevos puntos de acceso.

Para este proyecto, se utilizará una topología en estrella en la distribución local del internet en las tres sedes principales de Tournavista. Cada sede (el puesto de salud, el colegio y la municipalidad) estará conectada a un dispositivo central (router o switch) que gestionará el tráfico de datos.

2.4 Enlaces Punto a Punto (PtP)

Los enlaces Punto a Punto (PtP) son conexiones inalámbricas que utilizan antenas direccionales para transmitir datos directamente entre dos ubicaciones. Este tipo de enlace es ideal para conectar dos puntos que están separados por largas distancias, siempre y cuando exista una línea de visión clara entre ambos.

Las características clave de los enlaces PtP incluyen:

- **Antenas Direccionales:** Las antenas utilizadas en los enlaces PtP están diseñadas para transmitir y recibir señales en una dirección específica, lo que mejora la eficiencia y el alcance de la conexión.
- **Frecuencias de Operación:** Los enlaces PtP suelen operar en frecuencias de 5 GHz o superiores, lo que permite una transmisión de datos más rápida y menos interferencias.
- **Zona de Fresnel:** Es el área alrededor de la línea de visión directa entre dos antenas donde las señales de radio pueden desviarse o interferirse debido a obstáculos. Para asegurar una buena conexión, es importante que esta zona esté despejada de obstáculos como edificios o colinas.
- **Capacidad de transmisión:** Puede alcanzar velocidades de hasta 1.95 Gbps en condiciones óptimas.
- **Latencia baja:** Garantiza un flujo de datos continuo, esencial para aplicaciones críticas.
- **Adaptabilidad:** Los equipos modernos permiten ajustar frecuencias y canales para evitar interferencias.

Ventajas:

- Instalación relativamente rápida y económica comparada con el tendido de fibra óptica en zonas rurales.
- Escalabilidad: Se pueden agregar nuevos enlaces a medida que crece la demanda.

En este proyecto, los enlaces PtP se utilizarán para llevar internet desde el distrito de Pucallpa perteneciente a la Región de Ucayali hasta Tournavista perteneciente a la provincia de Puerto Inca, región Huánuco, atravesando una distancia considerable y superando las barreras geográficas mediante el uso de torres y antenas de alta potencia.

2.5 Herramientas de Planificación y Simulación

Para asegurar el éxito del proyecto, se emplearán varias herramientas de planificación y simulación. Estas herramientas permitirán un análisis detallado del terreno, la simulación de los enlaces y la planificación de la distribución del internet en las sedes principales.

2.5.1 Google Earth

Google Earth es una herramienta de mapeo global que permite visualizar imágenes satelitales y datos geoespaciales en 3D. Se utilizará en este proyecto para analizar la geografía entre Pucallpa y Tournavista, permitiendo identificar las ubicaciones óptimas para las torres y antenas. Con Google Earth, se podrá trazar la ruta del enlace inalámbrico y asegurarse de que no haya obstáculos significativos en la línea de visión entre las antenas.

2.5.2 UBIQUITI airLink

UBIQUITI airLink es una herramienta en línea que permite simular enlaces inalámbricos, se puede acceder mediante el siguiente enlace: <https://airlink.ubnt.com/#/ptmp> . Utilizando las coordenadas geográficas obtenidas de Google Earth, airLink calcula la viabilidad del enlace Punto a Punto, proporcionando información sobre la distancia, la potencia de la señal, y el impacto de la zona de Fresnel. Esta herramienta es esencial para planificar los enlaces inalámbricos entre Pucallpa y Tournavista, asegurando que la conexión sea estable y eficiente.

2.5.3 Packet Tracer

Packet Tracer es una herramienta de simulación de redes desarrollada por Cisco. Se utilizará en este proyecto para diseñar y simular la red interna que distribuirá el internet en las tres sedes principales de Tournavista. Packet Tracer permite configurar routers, switches y dispositivos finales, lo que facilita la visualización y prueba de la infraestructura de red antes de su implementación física.

3 Capítulo 3: Análisis del Entorno

En este capítulo se realizará un análisis detallado de las características geográficas del área de Pucallpa y Tournavista, así como un estudio de factibilidad técnica del enlace inalámbrico que conectará ambos puntos. También se describirán los requerimientos de infraestructura necesarios para el proyecto, incluyendo antenas, torres de comunicación, energía y protección de los equipos. Finalmente, se analizará el impacto ambiental y social de la implementación del proyecto.

3.1 Características Geográficas de Pucallpa y Tournavista.

La ciudad de Pucallpa es la capital de Ucayali que se sitúa en la cuenca del río Ucayali. Es una región predominantemente plana, con abundantes ríos y vegetación amazónica. El clima es tropical con lluvias frecuentes que pueden afectar la infraestructura de telecomunicaciones.

Pucallpa cuenta con servicios de internet por fibra óptica y torres de telecomunicaciones, lo que facilita el acceso a conexiones de alta capacidad.

Por su parte, Tounavista es un distrito que pertenece a la provincia de Puerto Inca, en la región Huánuco. Terreno mayormente rural, con áreas de colinas y selva. La distancia lineal aproximada a Pucallpa es de **61 km.** y aproximadamente a **57 km.** de la provincia de Puerto Inca. El clima es similar al de Pucallpa y la vegetación densa. Esta geografía representa un reto para la transmisión de señales inalámbricas, ya que es fundamental contar con una línea de visión clara entre las antenas para evitar la obstrucción de la señal. Las comunicaciones en Tournavista son deficientes debido a la falta de infraestructura avanzada en telecomunicaciones.

Uno de los aspectos más importantes a considerar en este análisis es la **zona de Fresnel**, que es el espacio alrededor de la línea directa entre dos antenas en un enlace inalámbrico. Para garantizar la estabilidad de la señal, esta zona debe estar despejada de obstáculos como colinas, árboles o edificios. Por lo tanto, se necesitarán puntos elevados para instalar las antenas.

3.2 Estudio de Factibilidad Técnica del Enlace

El éxito del proyecto depende en gran medida de la viabilidad técnica de establecer un enlace inalámbrico fiable entre Pucallpa y Tournavista. Se utilizará un enfoque basado en la planificación de **enlaces Punto a Punto (PtP)**, que permite transmitir internet a largas distancias utilizando antenas direccionales.

Para realizar este análisis, se usarán herramientas como **Google Earth y UBIQUITI airLink**. Con **Google Earth**, se identificarán los puntos geográficos más adecuados para instalar las torres de comunicación en ambos extremos del enlace. Posteriormente, con **UBQUITI**

airLink, se simulará el enlace inalámbrico, calculando aspectos críticos como la distancia, la potencia de la señal y la cobertura del enlace.

Los principales factores que se analizarán son:

- **Distancia entre los puntos:** Pucallpa y Tournavista están separados por aproximadamente 61.7 km en línea recta, lo que es factible para un enlace inalámbrico siempre que se utilicen antenas de alta ganancia y torres lo suficientemente altas para despejar obstáculos.
- **Perfil de elevación:** Existen áreas montañosas y densas de selva entre ambos puntos. Se identificarán ubicaciones para torres intermedias que garantizarían la línea de vista directa (LoS).
- **Capacidad del enlace:** Se requiere un enlace de al menos 500 Mbps para satisfacer la demanda de las tres sedes principales y permitir una futura expansión.
- **Potencia de la señal:** Se calculará la potencia de la señal requerida para mantener un enlace estable en condiciones climáticas variadas y en presencia de obstáculos.
- **Zona de Fresnel:** Se asegurará que la zona de Fresnel esté libre de obstáculos, ajustando la altura de las torres de comunicación si es necesario.
- **Interferencias:** Se estudiarán las posibles interferencias de otras señales de radio o microondas en la región para evitar degradaciones en la calidad del enlace. La frecuencia de operación sugerida es en el rango de 5 GHz, donde las interferencias son mínimas en áreas rurales.

3.3 Requerimientos de Infraestructura

La infraestructura es uno de los elementos clave para la implementación exitosa del proyecto. Se necesitarán diferentes tipos de equipamiento, incluyendo antenas y torres de comunicación, además de los sistemas de energía y protección necesarios para mantener la operatividad de la red.

3.3.1 Antenas y Torres de Comunicación

- **Antenas PtP:** Se instalarán antenas del modelo Ubiquiti airFiber 5XHD que soportan velocidades de hasta 1Gbps con un rango de operación en frecuencia de 4.9 GHz a 6.2 GHz. Esto es crucial para enlaces de largo alcance como el que se establecerá entre Pucallpa y Tournavista.
- **Torres de Comunicación:** Dado que el terreno es húmedo y la línea de visión entre los dos puntos puede estar obstaculizada por la presencia de árboles de gran tamaño, se requerirá la instalación de torres de comunicación. Estas torres deben ser lo suficientemente altas para superar cualquier obstáculo y garantizar una línea de visión despejada entre las antenas, la altura recomendada es entre 30 y 50 metros, dependiendo de las características del terreno. Se considerarán torres de acero galvanizado para garantizar resistencia a la corrosión en climas húmedos.
- **Cableado y Conectores:** Para conectar las antenas a los dispositivos transmisores y receptores, se necesitarán cables de alta calidad con conectores adecuados para minimizar la pérdida de señal como cables Ethernet de categoría 6 o superior, y módulos SFP para la conexión de fibra en el nodo principal de Pucallpa.

3.3.2 Energía y Protección

- **Energía Eléctrica:** Las antenas y equipos de red requieren una fuente de energía estable y confiable. En Tournavista, donde el acceso a la red eléctrica puede ser limitado o intermitente, y en el lugar donde se colocará la antena para el repetidor, se va considerar el uso de sistemas solares fotovoltaicos para garantizar suministro continuo.
- **Sistemas de Respaldo:** Para asegurar que la red funcione sin interrupciones, se instalarán sistemas de respaldo de energía como baterías y generadores. Estos sistemas permitirán que la red siga operando en caso de fallos en el suministro eléctrico.
- **Protección contra Sobretensiones y Rayos:** Dado que la región está expuesta a fenómenos climáticos como tormentas eléctricas, se instalarán protectores contra sobretensiones y sistemas de puesta a tierra para proteger el equipo contra daños causados por descargas eléctricas.
- **Climatización:** En los gabinetes de equipos, uso de ventilación o aires acondicionados para prevenir sobrecalentamientos.

3.4 Impacto Ambiental y Social del Proyecto

3.4.1 Impacto Ambiental

La instalación de antenas y torres de comunicación puede tener un impacto ambiental significativo, especialmente en zonas rurales o naturales. Para minimizar estos efectos, se tomará en cuenta lo siguiente:

- **Ubicación de las torres:** Las torres se instalarán en zonas previamente evaluadas para evitar dañar áreas de gran valor ecológico o zonas protegidas. Uso de energía solar en Tournavista promueve prácticas sostenibles y reduce la dependencia de combustibles fósiles.
- **Equipos:** Uso de equipos de bajas emisiones electromagnéticas, siguiendo estándares internacionales.
- **Minimización del uso de materiales contaminantes:** Se utilizarán materiales de bajo impacto ambiental y reciclables siempre que sea posible, como parte de una estrategia sostenible.
- **Recuperación de áreas afectadas:** Tras la instalación de la infraestructura, se implementarán medidas para recuperar las áreas impactadas, replantando vegetación nativa y minimizando el impacto visual en la región.

3.4.2 Impacto Social

El proyecto de conectividad no solo busca llevar internet a Tournavista, sino también generar un impacto positivo en la comunidad local. Entre los beneficios sociales del proyecto se incluyen:

- **Acceso a la Información y la Educación:** Con la implementación de internet en las tres sedes principales del distrito, los residentes podrán acceder a recursos educativos en línea, lo que mejorará la calidad de la educación en el colegio local.
- **Mejora en la Atención Médica:** El acceso a internet en el puesto de salud permitirá que el personal médico se conecte a redes de salud nacionales e

internacionales, mejorando su capacidad para brindar diagnósticos y tratamientos precisos.

- **Gestión Pública Eficiente:** La municipalidad contará con acceso a internet, lo que facilitará la digitalización de sus procesos administrativos y permitirá una mejor comunicación con otras instituciones gubernamentales.
- **La brecha Digital:** La reducción de la brecha digital en comunidades rurales, promoviendo igualdad de oportunidades.
- **Intervención en la comunidad:** Capacitación a las autoridades y población sobre el uso de internet y dispositivos tecnológicos.
- **Generación de empleos:** Se generará empleo para los pobladores locales durante la instalación y mantenimiento de la infraestructura.

Referencia: Manual de Buenas Prácticas en Telecomunicaciones Rurales, Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú, © 2024.

4 Capítulo 4: Diseño de la Red

En este capítulo se desarrollará el diseño de la red para llevar internet desde la ciudad de Pucallpa-Ucayali hasta el distrito de Tournavista-Huánuco, distribuyéndolo en las tres sedes principales: el puesto de salud, el colegio y la municipalidad. Se abordarán los aspectos relacionados con los enlaces Punto a Punto (PtP), la infraestructura de red en cada una de las

sedes, la selección de los equipos adecuados y la configuración de la red utilizando la herramienta de simulación Packet Tracer.

4.1 Diseño de Enlaces Punto a Punto (PtP) entre Pucallpa y Tournavista

El enlace principal que transportará el internet desde Pucallpa hasta Tournavista se establecerá mediante una configuración de enlaces Punto a Punto (PtP). Este tipo de enlace es ideal para distancias largas, ya que permite la transmisión de datos utilizando antenas direccionales, lo que reduce las interferencias y maximiza la eficiencia de la señal.

Para el diseño de este enlace se considerarán los siguientes aspectos clave:

- **Distancia del enlace:** La distancia aproximada entre Pucallpa y Tournavista es de 67.1 Km en línea recta, por ello se dividirá en varios tramos para superar las barreras geográficas y garantizar la línea de vista directa (LoS).
- **Altura de las torres:** Se colocarán torres de comunicación en puntos estratégicos determinados por el análisis del perfil de elevación. Las torres tendrán una altura mínima de 40 m para superar obstáculos y reducir pérdidas por obstrucción.
- **Antenas y equipos:** Se seleccionarán antenas de alta ganancia como las de la serie Ubiquiti airFiber 5XHD y Ubiquiti airFiber 60LR. Estas antenas están diseñadas específicamente para enlaces PtP de largo alcance, ofreciendo una señal estable y fiable.
- **Configuración de frecuencias:** Se optará por frecuencias en el rango de los 5 GHz para evitar congestiones y garantizar una mayor estabilidad en la transmisión de datos.

- **Capacidad del enlace:** Los enlaces PtP tendrán una capacidad de hasta 1 Gbps, lo cual permite distribuir el internet de manera eficiente en las sedes principales.

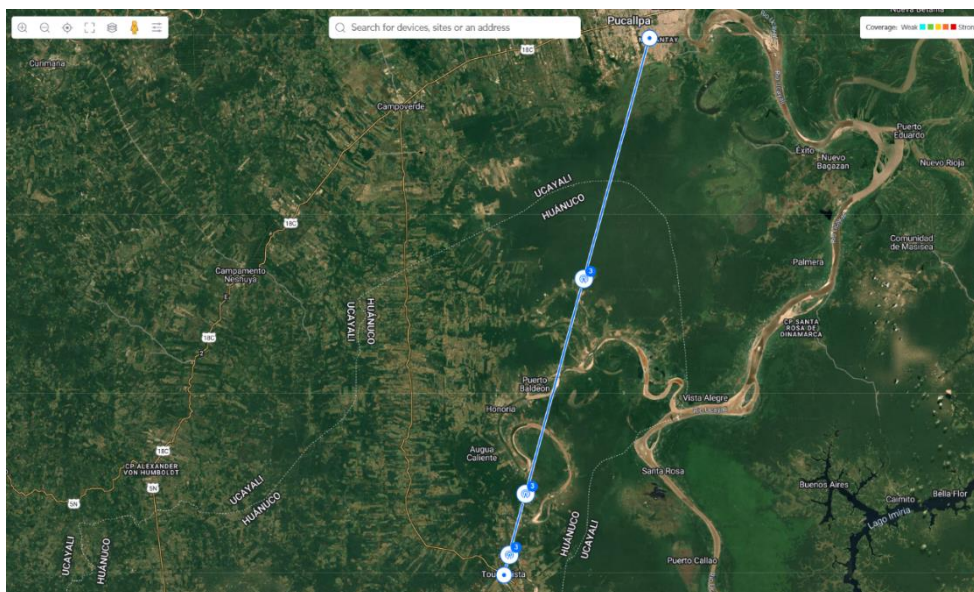
4.1.1 Diseño y simulación con UBIQUITI airLink:

Utilizando la herramienta **UBIQUITI airLink** y **Google Earth**, se realizará una simulación del enlace para validar la factibilidad del diseño. Esta herramienta permite simular las condiciones reales del terreno, evaluar la calidad del enlace y ajustar las configuraciones necesarias para optimizar el rendimiento.

4.1.2 Descripción de la Simulación de Enlaces Punto a Punto (PtP) en UBIQUITI airLink

1. Ubicación del Enlace:

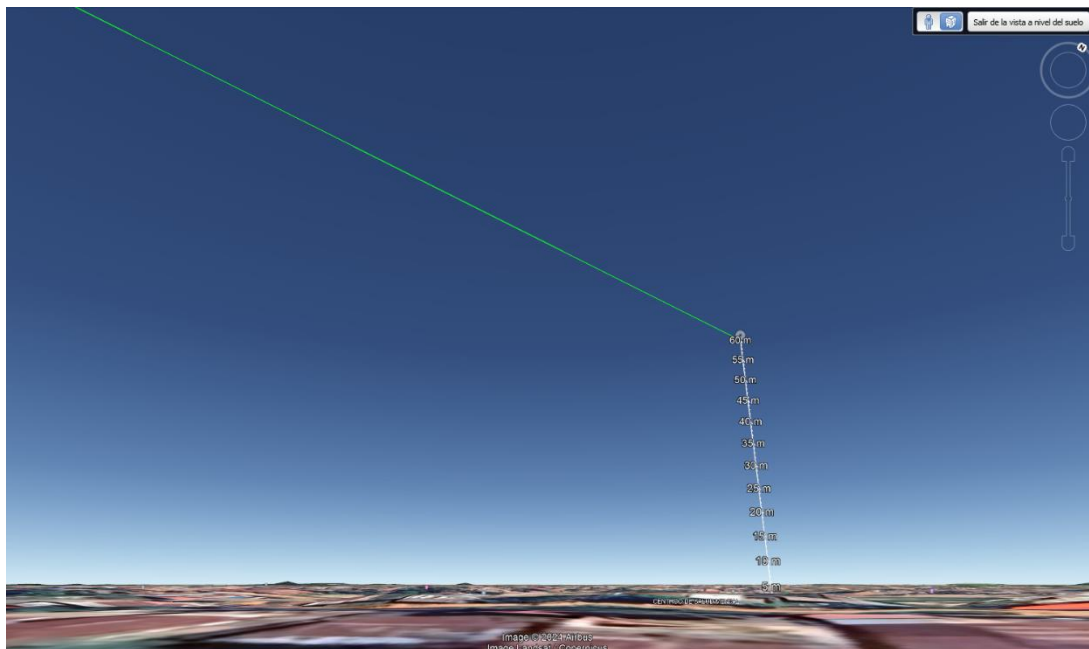
- El enlace **PtP** conecta dos localidades: **Pucallpa**, una zona urbana que es la capital de Ucayali, y **Tournavista**, un distrito más rural. La distancia total aproximada entre ambas localidades es de **61.7 km**, lo cual justifica el uso de N antenas para asegurar la calidad del enlace.



2. Colocación de Antenas:

- La topografía entre Pucallpa y Tournavista incluye obstáculos geográficos (montañas y valles), que pueden interferir con una transmisión directa. Por ello, se ha instalado una antena intermedia en una elevación que asegura la línea de visión (LoS) necesaria para evitar interrupciones en el servicio.
- Esta antena intermedia permite mantener una capacidad de transmisión de hasta 1.95 Gbps en cada tramo, asegurando un ancho de banda amplio para las necesidades de las sedes del proyecto (municipalidad, puesto de salud y colegio).

1. Primera torre:



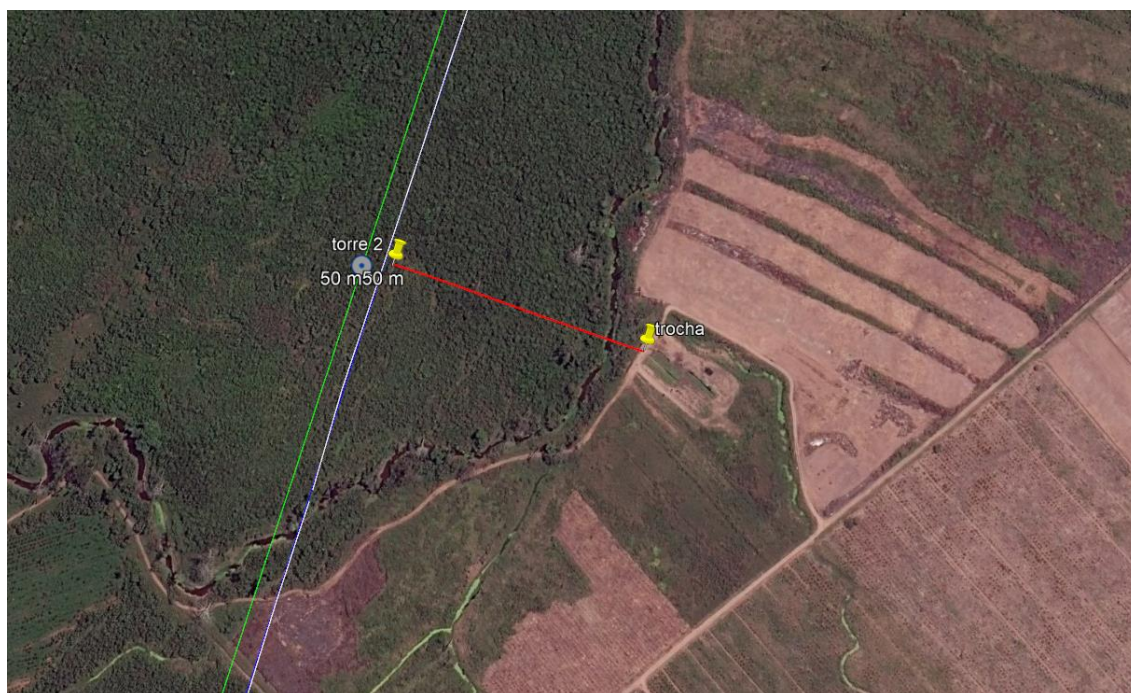
Ubicación referencial:



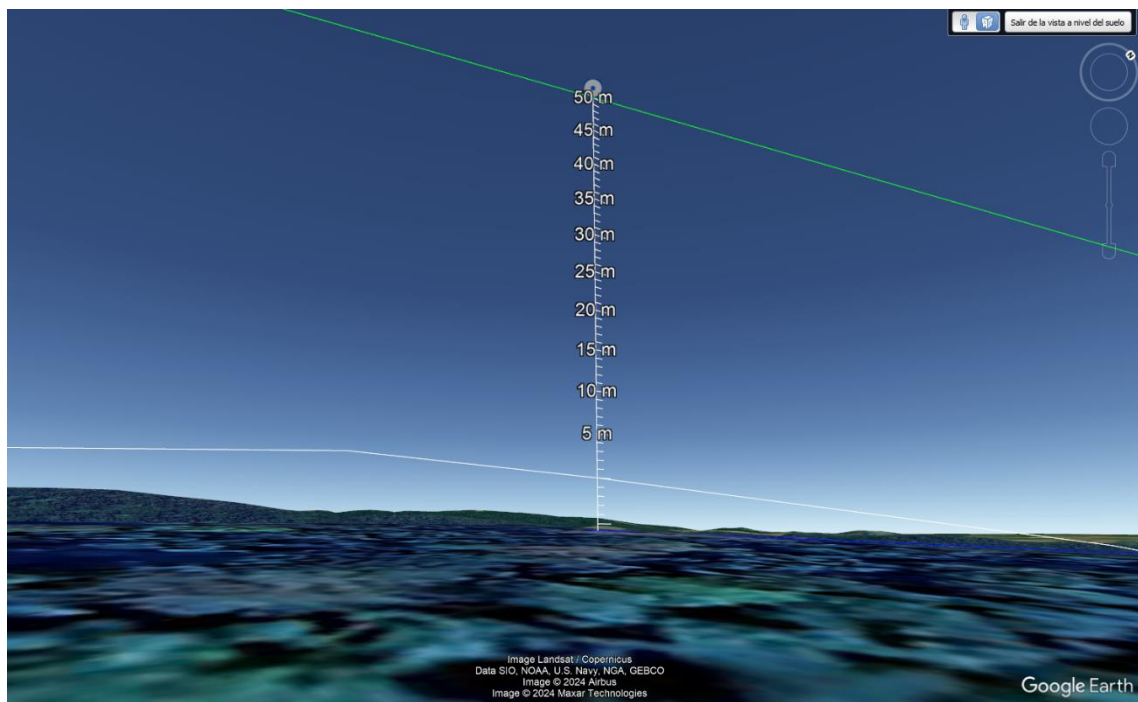
2. Segundo Torre:



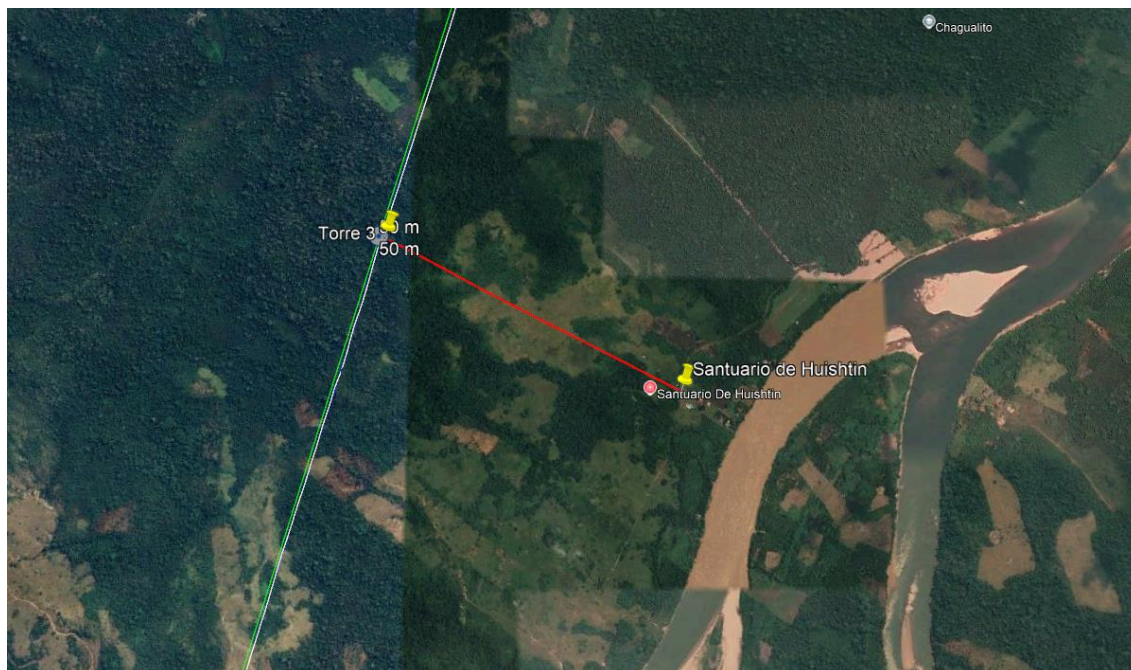
Ubicación referencial:



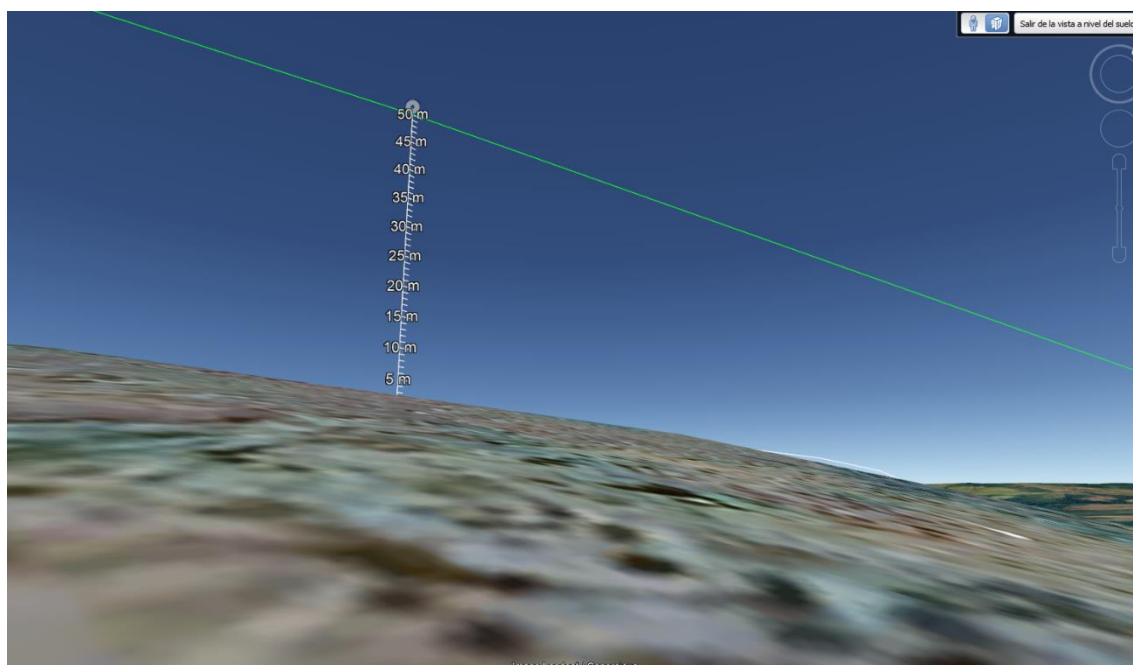
3. Tercer Torre:



Ubicación referencial:



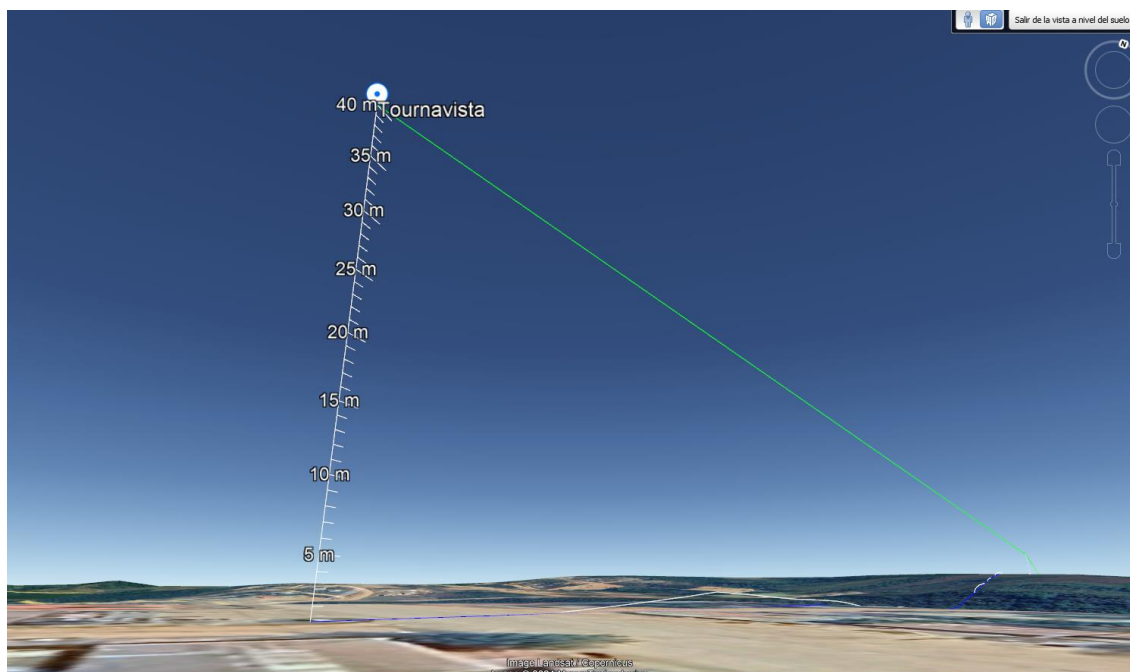
4. Cuarto Torre:



Ubicación referencial:



5. Quinto Torre:




3. Distancia y Topología del Enlace:

- La distancia aproximada entre alguna de las estaciones es de 9 km, lo cual es adecuado para el uso de antenas airFiber 60 LR según las recomendaciones de Ubiquiti, que soportan enlaces de hasta 12 km en condiciones óptimas, y la distancia aproximada entre las otras estaciones es de 31.5 km que es ideal para las antenas AirFiber 5XHD que soportan enlaces de hasta 100 km. En la simulación vemos que la velocidad de transferencia es de hasta 1.95 Gbps en los enlaces de airFiber 60 LR y 876 Mbps en los enlaces de airFiber 5XHD, lo

- El diseño se compone de cuatro dispositivos **airFiber 5XHD** conectados a través de un UISP Switch. Cada uno de estos dispositivos es capaz de manejar grandes cantidades de datos a altas velocidades (hasta 2 Gbps por enlace), lo que garantiza una conexión estable y rápida





airFiber 5XHD
AF-5XHD
\$429.00

True 1+ Gbps spectrally efficient, noise resilient PTP technology specifically designed for WISP's.


- 📶 5 GHz, 100+ km link range
- 📶 1000+ Mbps throughput
- 📶 Dedicated spectral analysis radio
- 📶 Integrated GPS sync
- 📶 2+ Mpps processing

– 1 +

Add to Cart

- El **UISP Switch** permite la distribución del tráfico entre los diferentes enlaces, manteniendo un equilibrio en el uso de ancho de banda. Cada enlace tiene una capacidad de **1 Gbps** por cable hacia el switch, que luego distribuye el tráfico a las antenas para el enlace de largo alcance




Conmutador UISP
UISP-S
\$109.00

Conmutador PoE Gigabit de ocho puertos y capa 2 diseñado para aplicaciones MicroPoP y para la construcción de redes seguras y de alto rendimiento.

- (8) Puertos GbE RJ45 con salida PoE pasiva de 27 V
- (1) Puerto SFP
- ⚡ Disponibilidad total de PoE de 110 W (27 V)*, 15 W/puerto (2 pares)/30 W/puerto (4 pares)
- ⚙ Aislamiento de puertos, limitación de velocidad y funcionalidad de vigilancia DHCP
- 🔧 Gestión autónoma a través de interfaz web local** e integración de aplicaciones UISP

*Cuando se alimenta con el adaptador de CA/CC incluido.
**Disponible para conmutadores actualizados a la versión 1.6.0 y posteriores.
Se puede colocar al aire libre cuando se encuentra dentro de la caja UISP (se vende por separado).

4.1.3 Equipos necesarios

4.1.4 En el origen (donde recibes la fibra óptica):

1. ONT (Optical Network Terminal):

- Proporcionado por el proveedor de Internet para convertir la señal óptica en una eléctrica (Ethernet).
- Marca común: Huawei, ZTE.

2. Switch PoE Gigabit:

- Si necesitas alimentar la antena AirFiber con Power over Ethernet (PoE).
- Ejemplo: Ubiquiti PoE Gigabit Switch.

3. Antena AirFiber 60 LR (unidad emisora):

- Actúa como transmisor, apuntando hacia el receptor.
- **Frecuencia:** 60 GHz con 5 GHz de respaldo.
- **Características:** Alta velocidad, baja latencia.

4.1.5 En el destino (donde instalarás el receptor y el router):

1. Antena AirFiber 60 LR (unidad receptora):

- Recibe la señal desde el origen.

2. Switch PoE Gigabit (opcional):

- Para conectar varios dispositivos o alimentar la antena AirFiber en el punto receptor.

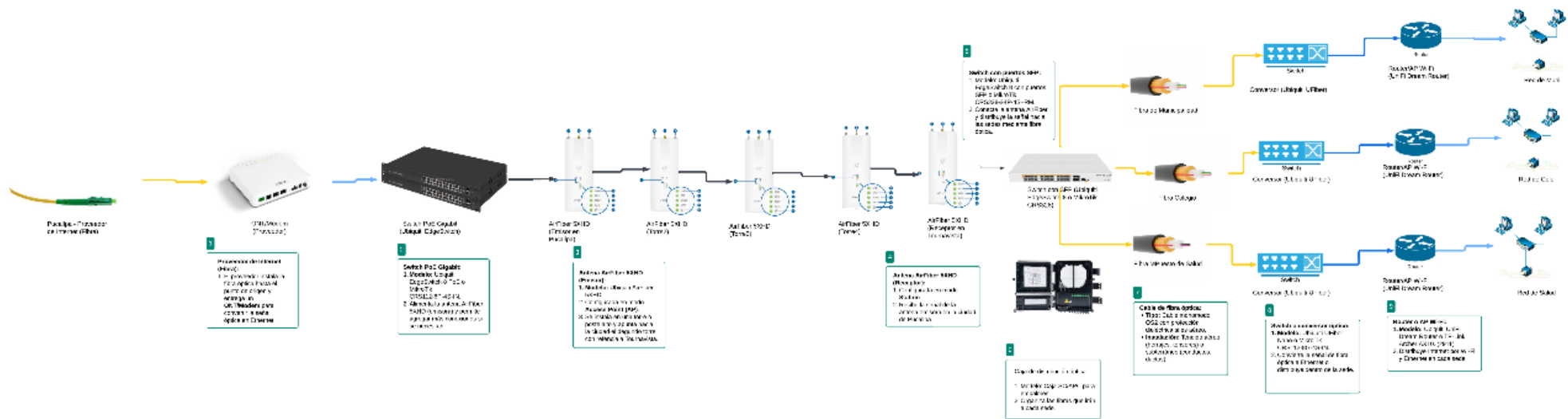
3. Router Wi-Fi o Gateway:

- Para distribuir Internet localmente.
- Ejemplo: Ubiquiti Dream Router, Mikrotik hAP ac³ o TP-Link Archer AX10.

4. APs (Access Points) adicionales (opcional):

- Si necesitas mayor cobertura en el lugar receptor.

- Ejemplo: Ubiquiti UniFi 6 Lite.



4.1.6 Selección de Proveedores de Servicio de Internet

Para tener saber la cantidad de megas optima, más adelante, se hará un cálculo que será de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} &\textit{Consumo del servicio o Aplicación} * \textit{Cantidad de Dispositivos} \\ &= \textit{Cantidad de megas que se necesita} \end{aligned}$$

4.1.6.1 Cálculo de la Cantidad Óptima de Megas

Para calcular la cantidad de megas necesarios en cada sede, consideremos el consumo promedio de las principales aplicaciones o servicios utilizados, multiplicado por el número de dispositivos simultáneamente conectados.

1. Red en el Puesto de Salud

Servicios principales:

- Videollamadas para telemedicina (Zoom/Google Meet): Consumo promedio de 2 Mbps por dispositivo en alta calidad.
- Acceso a bases de datos y navegación en internet: Consumo promedio de 1 Mbps por dispositivo.

Cantidad de dispositivos conectados:

10-15 dispositivos simultáneos.

Cálculo:

$$\text{Videollamada: } 2 \text{ Mbps} * 10 \text{ dispositivos} = 20 \text{ Mbps}$$

$$\text{Navegación y acceso a bases de datos: } 1 \text{ Mbps} * 10 \text{ dispositivos} = 10 \text{ Mbps}$$

Total, requerido:

$$20 \text{ Mbps} + 10 \text{ Mbps} = 30 \text{ Mbps}$$

Se recomienda un mínimo de 30 Mbps para el puesto de salud, garantizando un margen adicional para picos de tráfico.

2. Red en el Colegio

Servicios principales:

- Acceso a plataformas de aprendizaje (Google Classroom, Moodle, etc.):
Consumo promedio de 1 Mbps por dispositivo.
- Videollamadas para clases en línea: Consumo promedio de 2 Mbps por dispositivo.
- Navegación en internet para estudiantes y docentes: Consumo promedio de 1 Mbps por dispositivo.

Cantidad de dispositivos conectados:

30-50 dispositivos simultáneos.

Cálculo:

*Plataformas educativas: 1 Mbps * 30 dispositivos = 30 Mbps*

*Videollamadas: 2 Mbps * 30 dispositivos = 60 Mbps*

*Navegación por internet: 1 Mbps * 30 dispositivos = 30 Mbps*

Total, requerido:

$$30 \text{ Mbps} + 60 \text{ Mbps} + 30 \text{ Mbps} = 120 \text{ Mbps}$$

Se recomienda un mínimo de 120 Mbps para el colegio, asegurando la conectividad estable en laboratorios y aulas.

3. Red en la Municipalidad

Servicios principales:

- Conexión a plataformas gubernamentales: Consumo promedio de 1 Mbps por dispositivo.
- Navegación y uso de aplicaciones administrativas: Consumo promedio de 0.5 Mbps por dispositivo.
- Videovigilancia con cámaras IP (calidad estándar): Consumo promedio de 2 Mbps por cámara.

Cantidad de dispositivos conectados:

- Dispositivos administrativos: Hasta 20 dispositivos.
- Cámaras de seguridad: 5 cámaras promedio.

Cálculo:

*Plataformas de navegación: $1.5 \text{ Mbps} * 20 \text{ dispositivos} = 30 \text{ Mbps}$*

*Videovigilancia: $2 \text{ Mbps} * 5 \text{ camaras} = 10 \text{ Mbps}$*

Total, requerido:

$$30 \text{ Mbps} + 10 \text{ Mbps} = 40 \text{ Mbps}$$

Se recomienda un mínimo de 40 Mbps para la municipalidad, permitiendo un margen adicional para futuros dispositivos o servicios.

4.1.6.1.1 Requerimiento Total de Megas

Para garantizar una distribución eficiente del internet, el enlace PtP principal debe soportar la suma de los requerimientos de las tres sedes, más un margen adicional del 20% para futuros crecimientos o imprevistos.

Suma de requerimientos:

$$30 \text{ Mbps}(\text{salud}) + 120 \text{ Mbps}(\text{Colegio}) + 40 \text{ Mbps}(\text{Municipalidad}) = 190 \text{ Mbps}$$

Margen adicional (20%):

$$190 \text{ Mbps} * 0.2 = 38 \text{ Mbps}$$

Total, requerido:

$$190 \text{ Mbps} + 38 \text{ Mbps} = 228 \text{ Mbps}$$

Por lo tanto, el enlace principal entre Pucallpa y Tournavista debe garantizar una capacidad mínima de **228 Mbps** para cubrir todas las necesidades actuales y futuras de las sedes principales.

Por ello para este proyecto, se recomienda contratar un proveedor de internet con capacidad de proporcionar un servicio dedicado. Aquí tenemos un ejemplo con el proveedor Claro Perú:

4.1.6.2 Plan de Internet Dedicado Empresarial:

- **Proveedor:** Claro.
- **Velocidad Recomendada:** Un plan de 300 Mbps de internet dedicado, que permitirá a las tres sedes conectarse de manera eficiente y sin saturación del ancho de banda.

4.1.6.3 Cobertura y Fiabilidad:

Claro garantiza una alta disponibilidad (SLA) de más del 99%, lo cual es ideal para mantener una conexión estable entre Pucallpa y Tournavista, además de ofrecer opciones de backup.

4.1.6.4 Equipos Complementarios:

Claro puede complementar su servicio con routers y equipos de distribución de red que trabajen en conjunto con la red Ubiquiti ya instalada.

4.1.7 Configuración y pruebas

Vamos a realizar pruebas de velocidad y estabilidad de la conexión en el entorno simulado, asegurando que las condiciones reales coincidan con lo planificado en la simulación Ubiquiti AirFiber.

Para ello se mostrará en los softwares.

4.2 Distribución de la Red en las 3 Sedes Principales

Una vez que el enlace Punto a Punto haya sido establecido, el siguiente paso es distribuir el internet en las tres sedes principales: el puesto de salud, el colegio y la municipalidad. Para cada una de estas sedes se diseñará una red local (LAN) que conectará los dispositivos internos, como computadoras, impresoras y otros equipos necesarios para sus operaciones diarias.

4.2.1 Red en el Puesto de Salud

La red en el puesto de salud tiene como objetivo mejorar los servicios médicos mediante la conexión a internet. Esta red permitirá:

- **Acceso a bases de datos de salud:** Los profesionales de la salud podrán acceder a registros médicos, diagnósticos y tratamientos en tiempo real.

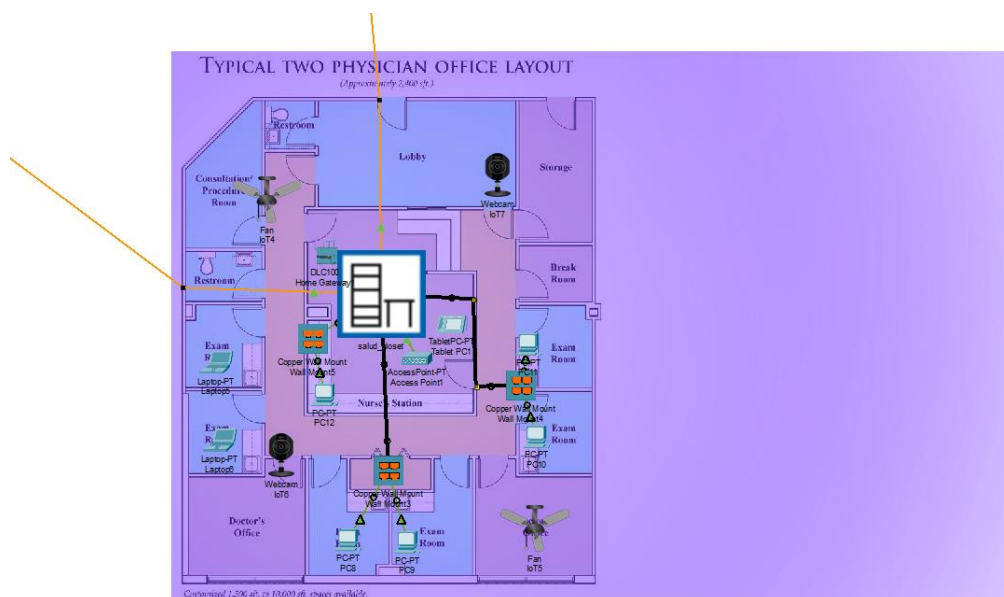
- **Videoconferencias:** Se habilitará la posibilidad de realizar telemedicina, conectando a los médicos locales con especialistas en otras ciudades o países.
- **Seguridad de la red:** Se implementarán medidas de seguridad para proteger la confidencialidad de los datos médicos, como la implementación de firewalls y la segmentación de la red.

Requerimientos:

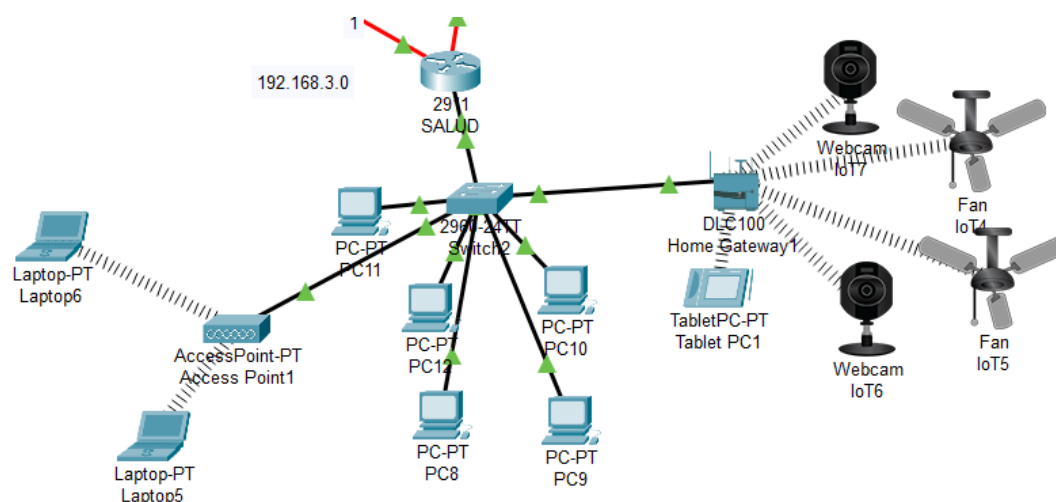
- Capacidad para soportar videollamadas para telemedicina.
- Acceso a bases de datos médicas en línea.
- Conectividad para 10-15 dispositivos simultáneos.

4.2.1.1 Diseño en Packet Tracer:

Topología Física:



Topología Lógica:



4.2.2 Red en el Colegio

La red en el colegio está diseñada para proporcionar a los estudiantes y docentes acceso a recursos educativos en línea. Se priorizarán los siguientes aspectos:

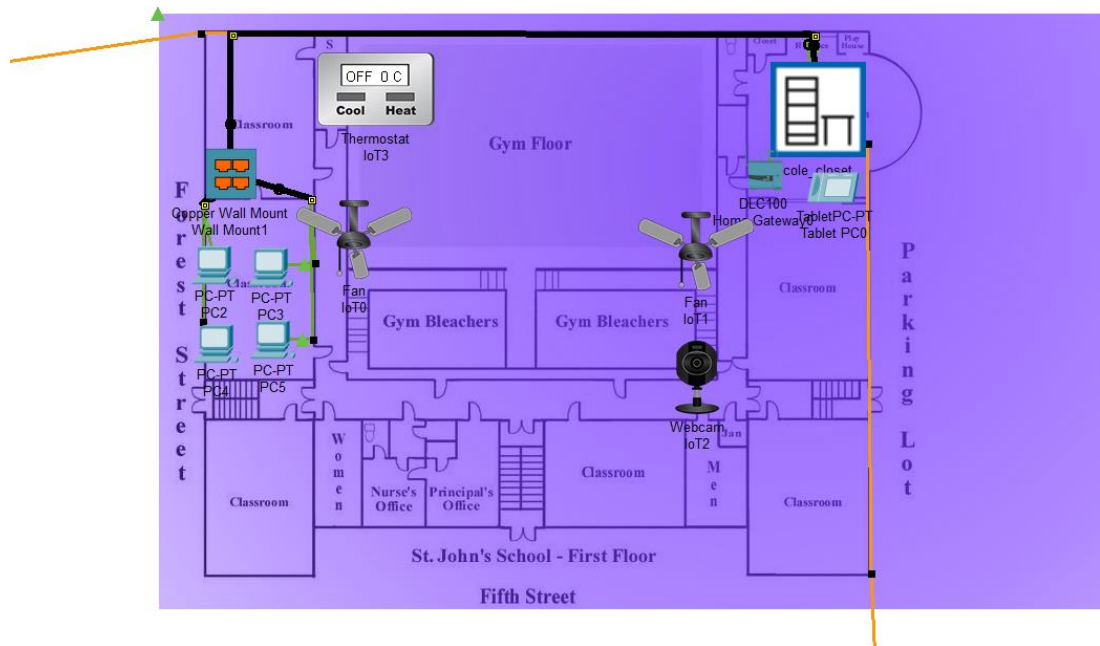
- **Wi-Fi en aulas y oficinas:** Se instalarán puntos de acceso inalámbricos (APs) en diferentes zonas del colegio para garantizar la cobertura total.
- **Acceso a plataformas de aprendizaje:** Los estudiantes podrán utilizar la red para acceder a plataformas educativas, como Google Classroom o Moodle, lo que mejorará el proceso de enseñanza y aprendizaje.
- **Red segura:** Se implementarán medidas de control de acceso para garantizar que solo los usuarios autorizados puedan conectarse a la red.

Requerimientos:

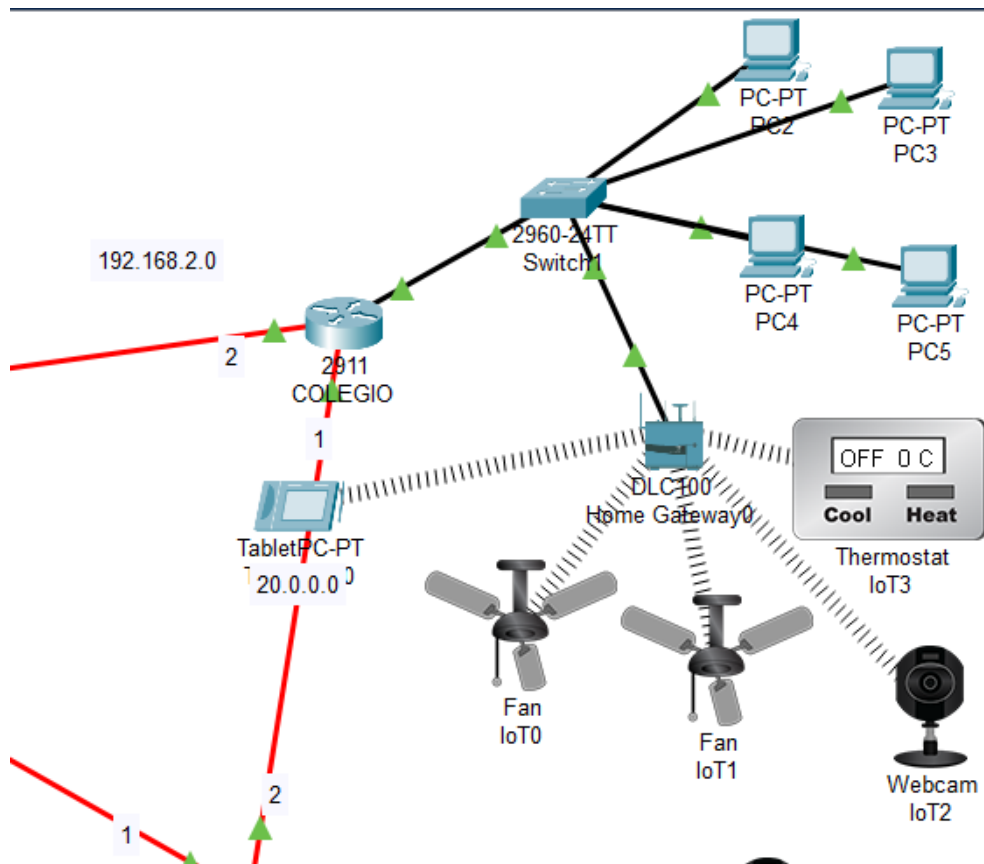
- Conexión para laboratorios de computación y aulas con acceso a plataformas educativas.
- Soporte para 30-50 dispositivos simultáneos.

4.2.2.1 Diseño en Packet Tracer:

Topología física:



Topología lógica:



4.2.3 Red en la Municipalidad

La red en la municipalidad se centrará en mejorar la gestión administrativa mediante la digitalización de procesos y la conexión a servicios gubernamentales. Los elementos clave de esta red son:

- **Conexión a plataformas gubernamentales:** La municipalidad podrá acceder a sistemas de gestión pública, lo que mejorará la eficiencia de los servicios brindados a la población.

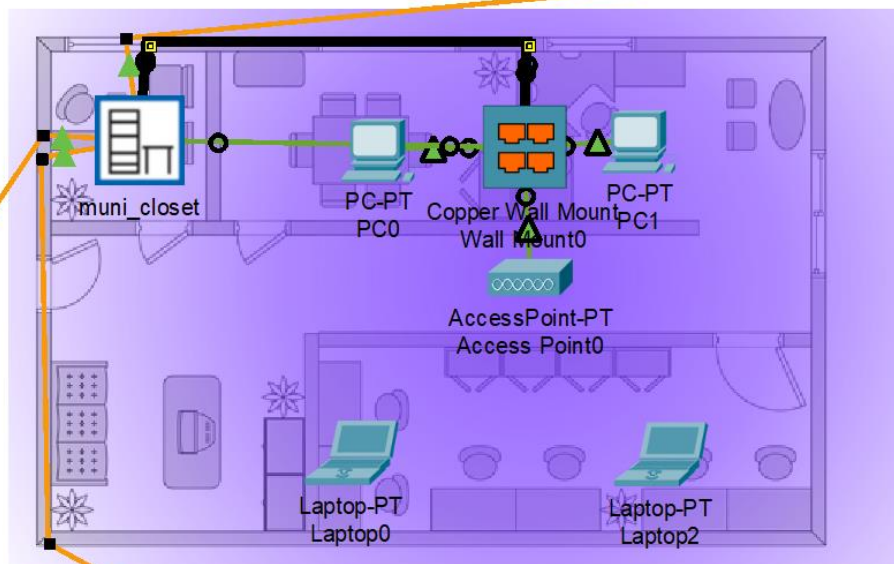
- **Mejora en la comunicación interna:** Los empleados municipales podrán comunicarse y compartir información de manera más rápida y eficiente utilizando la red interna.
- **Videovigilancia:** Se integrará la red con sistemas de cámaras de seguridad para mejorar la seguridad en la sede municipal.

Requerimientos:

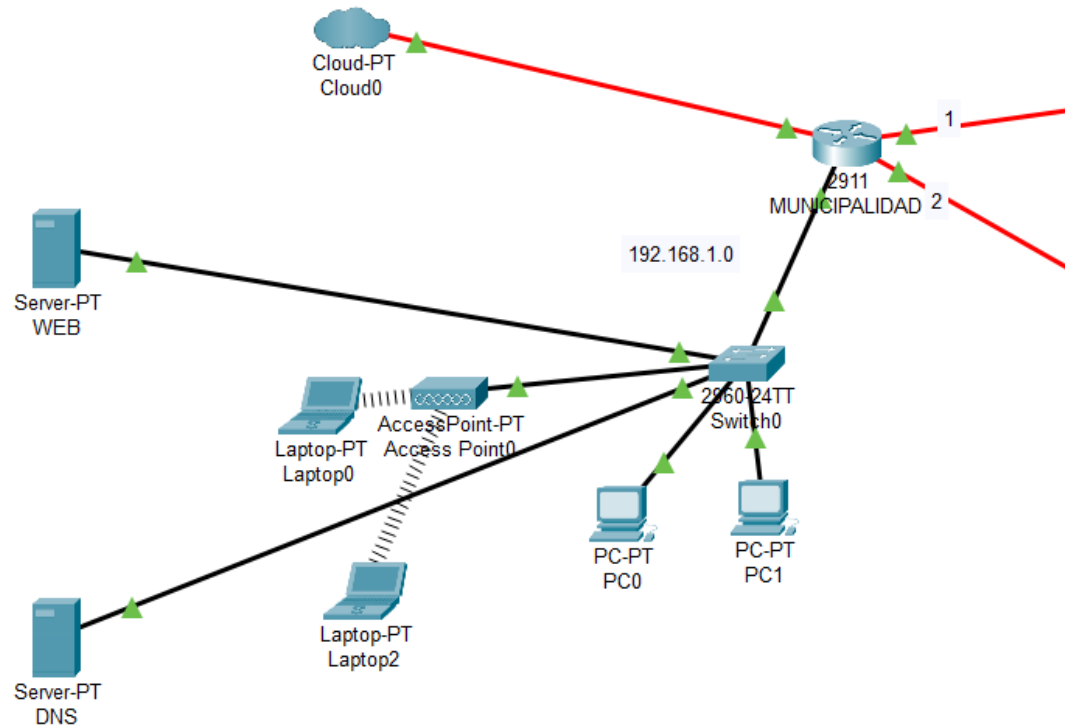
- Conectividad para trámites y servicios municipales en línea.
- Soporte para hasta 20 dispositivos simultáneos.

4.2.3.1 Diseño en Packet Tracer

Topología Física:

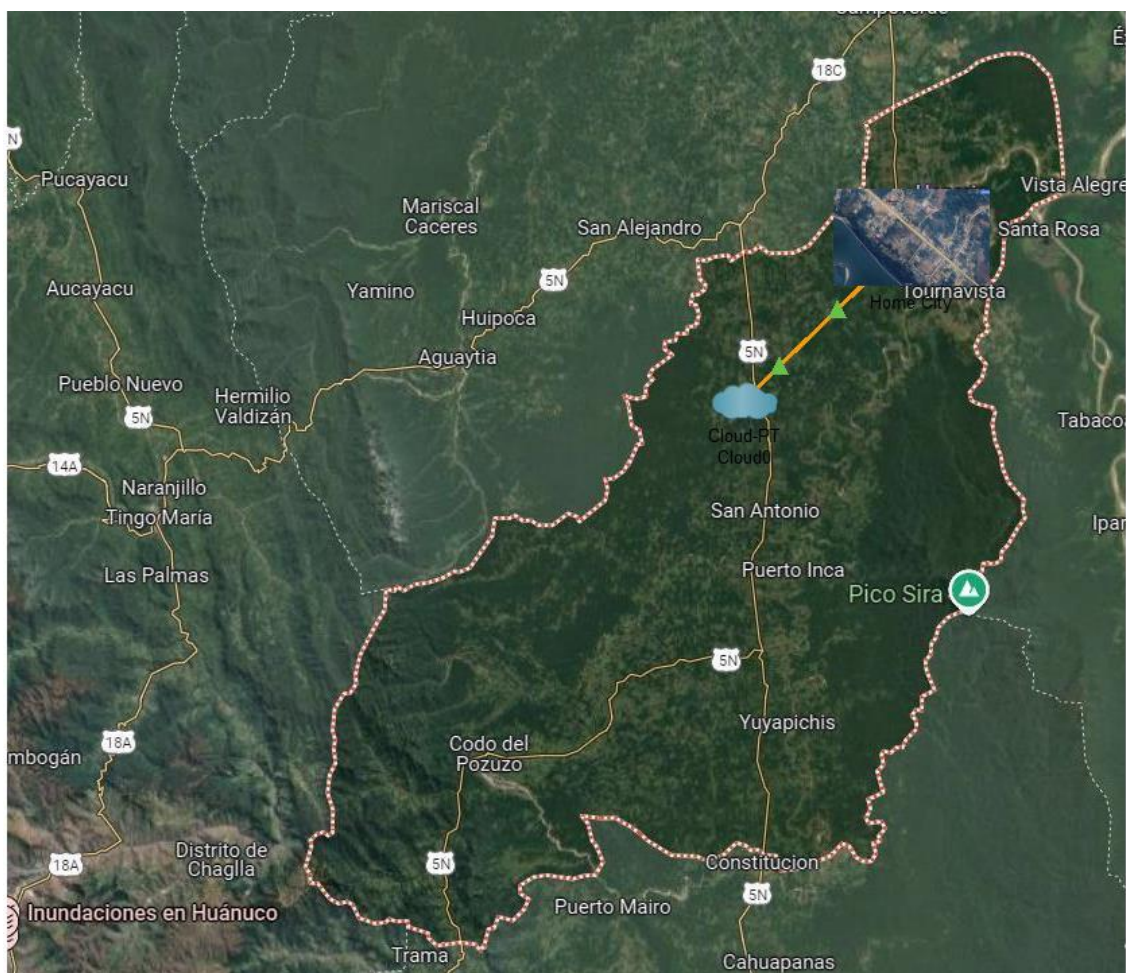


Topología Lógica:



4.2.4 Diseño general

4.2.4.1 Topología física General:



Ambos modelos ofrecen:

- **Alta ganancia** para mantener una señal fuerte a largas distancias.
- **Facilidad de instalación**, lo que permite que se implementen rápidamente en las torres de comunicación.
- **Compatibilidad con Ubiquiti airMAX** para gestionar y optimizar la red a través del software propietario de Ubiquiti.

4.3.2 Routers, Switches y Access Points

La distribución de la red local en cada sede se realizará utilizando routers y switches para gestionar el tráfico de datos y puntos de acceso inalámbricos (APs) para proporcionar conectividad Wi-Fi.

- **Routers:** Se utilizarán routers como el Ubiquiti EdgeRouter, que ofrece gran capacidad de procesamiento de datos y múltiples puertos para la conexión de varios dispositivos.
- **Switches:** Se instalarán switches gestionados para segmentar las redes de cada sede y proporcionar conexiones rápidas entre los dispositivos.
- **Access Points:** Para garantizar una cobertura Wi-Fi adecuada en cada sede, se utilizarán APs de la serie Ubiquiti UniFi, que ofrecen una gestión centralizada y fácil configuración.

4.4 Configuración de la Red en Packet Tracer

La herramienta **Packet Tracer** de Cisco se utilizará para simular la red y configurar todos los dispositivos que se implementarán en el proyecto. Esto permitirá probar el diseño antes de su implementación física y verificar que todo funcione correctamente.

En **Packet Tracer** se realizarán las siguientes configuraciones:

- **Enlaces PtP:** Se configurarán los enlaces entre Huánuco y San Francisco de Cayrán, simulando el tráfico de datos entre las antenas. Se evaluará la calidad de la señal y la capacidad de transmisión.
- **Redes LAN en las sedes:** Se simularán las redes locales de cada sede, configurando los routers y switches para segmentar las redes de acuerdo con las necesidades de cada lugar (puesto de salud, colegio y municipalidad).
- **Seguridad de la red:** Se configurarán firewalls y otras medidas de seguridad para proteger las redes de posibles ataques externos o accesos no autorizados.
- **Gestión de ancho de banda:** Se implementarán políticas de gestión de ancho de banda para priorizar ciertos tipos de tráfico, como la telemedicina en el puesto de salud o el acceso a plataformas educativas en el colegio.

5 Capítulo 5: Implementación y Pruebas

Este capítulo describe detalladamente las actividades necesarias para implementar la solución de red, así como las pruebas y ajustes requeridos para garantizar el correcto funcionamiento de los enlaces y la red en las tres sedes principales.

5.1 Planificación de la Instalación

La planificación es una etapa crítica para garantizar que la implementación de la red se lleve a cabo de manera eficiente y sin contratiempos.

Actividades principales:

1. **Cronograma de actividades:** Definir las fechas y tiempos específicos para cada etapa de instalación (torres, antenas, configuración de equipos y pruebas).
2. **Asignación de recursos:** Determinar el personal técnico, herramientas y equipos necesarios para cada fase.
3. **Logística:** Coordinar el transporte de materiales (antenas, cables, routers, switches) desde Pucallpa hacia Tournavista, considerando las características geográficas de la región.
4. **Permisos y licencias:** Gestionar los permisos necesarios con las autoridades locales para la instalación de torres y antenas en puntos estratégicos.
5. **Capacitación:** Entrenar al equipo técnico en el uso de las herramientas de configuración y prueba, como UBIQUITI airLink y Packet Tracer.

5.2 Configuración y Pruebas de los Enlaces Inalámbricos

Fase 1: Configuración de equipos inalámbricos

- Instalación de antenas Ubiquiti: Montar las antenas en las torres previamente instaladas en Pucallpa y Tournavista. Asegurarse de que estén alineadas correctamente para optimizar el enlace Punto a Punto (PtP).
- Configuración básica: Acceder a la interfaz de administración de las antenas para configurar:
 - Direcciones IP estáticas.
 - Canales de frecuencia para minimizar la interferencia.
 - Ancho de banda del canal (20 MHz o 40 MHz según disponibilidad).
 - Nivel de potencia de transmisión.
- Prueba de alineación: Usar herramientas como el alineador de señal de Ubiquiti para ajustar la posición de las antenas y maximizar el RSSI (Received Signal Strength Indicator).

Fase 2: Pruebas iniciales del enlace

- Pruebas de conectividad: Verificar que el enlace esté operativo mediante pruebas de *ping* desde Pucallpa a Tournavista.
- Pruebas de velocidad: Usar herramientas como iPerf para medir el rendimiento en términos de velocidad (Mbps), latencia (ms) y pérdida de paquetes (%).

- Pruebas bajo carga: Simular tráfico real para evaluar el comportamiento del enlace durante el uso simultáneo por múltiples dispositivos.

Requerimientos aceptables:

- Velocidad mínima: ≥ 228 Mbps.
- Latencia: ≤ 20 ms
- Pérdida de paquetes: $\leq 1\%$

5.3 Configuración de la Red Local en las Sedes

Sede 1: Puesto de Salud

- **Router principal:** Configurar un router como puerta de enlace para distribuir internet a los dispositivos internos.
- **Red segura:** Implementar una red segmentada para proteger los datos médicos sensibles (VLAN).
- **Configuración de acceso:** Establecer contraseñas WPA3 para Wi-Fi y limitar la conectividad según las direcciones MAC autorizadas.

Sede 2: Colegio

- **Puntos de acceso (APs):** Instalar APs en ubicaciones estratégicas para garantizar cobertura total en aulas y laboratorios.

- **Prioridad de tráfico:** Configurar QoS (Quality of Service) para priorizar plataformas educativas y videollamadas sobre el tráfico general.
- **Control de usuarios:** Usar un controlador de red como Ubiquiti UniFi para monitorear y administrar los dispositivos conectados.

Sede 3: Municipalidad

- **Integración de servicios:** Configurar acceso a plataformas gubernamentales mediante túneles VPN seguros.
- **Videovigilancia:** Integrar cámaras IP en la red y asegurarse de que las grabaciones se almacenen en servidores locales o en la nube.
- **Soporte de dispositivos:** Garantizar la conectividad estable para al menos 20 dispositivos simultáneos.

5.4 Pruebas de Conectividad y Rendimiento

Una vez configurada la red, se realizarán pruebas exhaustivas para verificar su funcionalidad y rendimiento.

Pruebas principales:

1. Pruebas de conectividad interna:

- Realizar pruebas de *ping* entre los dispositivos conectados en la red local para asegurarse de que puedan comunicarse entre sí.
- Verificar el correcto enrutamiento hacia la puerta de enlace.

2. Pruebas de rendimiento:

- Usar herramientas como Speedtest para medir la velocidad real que recibe cada sede.
- Simular tráfico en horas pico para evaluar la estabilidad de la red.

3. Pruebas de servicios críticos:

- Acceso a plataformas educativas desde el colegio.
- Realización de videollamadas desde el puesto de salud.
- Conexión a sistemas de gestión pública desde la municipalidad.

4. **Monitoreo continuo:** Implementar sistemas de monitoreo como Nagios o PRTG para registrar métricas de rendimiento en tiempo real.

Criterios de éxito:

- Cobertura completa en las sedes.
- Velocidades superiores al 90% de lo planificado.
- Tiempo de inactividad máximo de 1%.

5.5 Mantenimiento y Escalabilidad

Mantenimiento preventivo:

1. Inspeccionar periódicamente las torres, antenas y equipos para prevenir fallas.
2. Actualizar el firmware de los routers y puntos de acceso para mantener la seguridad y estabilidad.

3. Realizar pruebas semestrales de rendimiento y conectividad.

Mantenimiento correctivo:

1. Atender rápidamente cualquier incidencia reportada por los usuarios de las tres sedes.
2. Contar con un inventario de repuestos clave (antenas, cables, routers).

Escalabilidad:

1. Ampliación de ancho de banda: En caso de aumento de usuarios o servicios, negociar con el proveedor de internet para incrementar la capacidad del enlace.
2. Nuevas sedes: Diseñar y agregar puntos de acceso adicionales en caso de que otras instituciones requieran conectividad.
3. Red redundante: Evaluar la posibilidad de implementar enlaces de respaldo (failover) para garantizar la continuidad del servicio.

6 Capítulo 6: Aspectos Administrativos

Este capítulo aborda los aspectos clave necesarios para la gestión administrativa del proyecto, como la identificación de los recursos humanos requeridos y la estimación del presupuesto necesario para la implementación y operación del proyecto.

6.1 Recursos Humanos

La implementación del proyecto para llevar internet desde Pucallpa hasta Tournavista y su distribución en las tres sedes principales (puesto de salud, colegio y municipalidad) requiere la

participación de un equipo multidisciplinario. Cada miembro del equipo desempeñará un rol esencial en las diferentes etapas del proyecto: planificación, diseño, instalación, configuración, pruebas y mantenimiento.

Perfiles Profesionales Requeridos

1. Jefe de Proyecto

- Responsable de la supervisión general del proyecto, planificación, seguimiento de cronogramas y coordinación entre los equipos.
- Requisitos: Experiencia en gestión de proyectos tecnológicos y conocimientos en telecomunicaciones.
- Duración: Todo el proyecto.

2. Ingeniero en Telecomunicaciones

- Encargado del diseño de la red, elección de equipos y planificación de los enlaces inalámbricos.
- Requisitos: Experiencia en redes de comunicación y enlaces inalámbricos (PtP y LAN).
- Duración: Planificación e implementación.

3. Técnico de Redes

- Apoya en la instalación de equipos, configuración de routers, switches, antenas y puntos de acceso.

- Requisitos: Conocimiento en configuración de hardware de red y herramientas de monitoreo.
- Duración: Implementación.

4. Especialista en Seguridad Informática

- Garantiza que las redes implementadas cuenten con medidas de seguridad robustas para proteger los datos.
- Requisitos: Experiencia en firewalls, segmentación de redes y protocolos de seguridad.
- Duración: Configuración y mantenimiento.

5. Técnico Electricista

- Responsable de la instalación de infraestructura eléctrica para antenas y equipos en las sedes.
- Requisitos: Experiencia en sistemas eléctricos para equipos de telecomunicaciones.
- Duración: Implementación.

6. Auxiliar Logístico

- Encargado de la gestión y transporte de equipos desde Pucallpa hasta Tournavista.
- Requisitos: Organización y manejo de inventarios.
- Duración: Implementación.

7. Personal de Soporte Técnico Local

- Brinda asistencia técnica en Tournavista para el mantenimiento y solución de problemas a largo plazo.
- Requisitos: Conocimientos básicos en redes e internet.
- Duración: Mantenimiento.

Organigrama del Equipo

Un organigrama detallado se presenta para visualizar la jerarquía y comunicación entre los integrantes del equipo.



6.2 Presupuesto

El presupuesto incluye los costos asociados con la adquisición de equipos, instalación, capacitación, mantenimiento y otros aspectos administrativos.

Cuadro de Desglose del Presupuesto

Categoría	Detalle	Costo (USD)
Equipos y Materiales	Antenas Ubiquiti (8 antenas)	1,000
	Switches y Routers	600
	Access Points (Wi-Fi en 3 sedes)	450
	Torres de comunicación	3,000
	Cableado estructurado y accesorios	500
Subtotal Equipos y Materiales	5,550	
Costos de Personal	Jefe de Proyecto (3 meses)	1,800
	Ingeniero en Telecomunicaciones (3 meses)	2,400
	Técnico de Redes (2 meses)	1,200
	Especialista en Seguridad Informática	1,500
	Técnico Electricista (1 mes)	800
	Auxiliar Logístico (1 mes)	600
Subtotal Costos de Personal	8,300	
Capacitación y Soporte	Capacitación al personal local	500
	Soporte técnico (primer año)	1,200
Subtotal Capacitación y Soporte	1,700	
Transporte y Logística	Transporte de equipos	300
	Viáticos del personal (3 meses)	1,000
Subtotal Transporte y Logística	1,300	

Mantenimiento y Gastos	Mantenimiento de equipos (anual)	1,000
	Gastos administrativos y otros	800
Subtotal Mantenimiento y Gastos	1,800	
Total General	18,650	

Este cuadro resume los costos de cada categoría y facilita la visualización del presupuesto necesario para el proyecto.

Los costos pueden variar según el lugar de compra y la región.

Producto	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Costo Total (USD)	Notas
ONT/Modem (Proveedor)	1	Incluido por proveedor	0.00	Generalmente entregado por el ISP sin costo adicional.
Ubiquiti EdgeSwitch 8 PoE (Gigabit)	1	200.00	200.00	Switch PoE Gigabit para alimentar el AirFiber.
Ubiquiti AirFiber 60 LR (Emisor)	1	500.00	500.00	Antena emisora para el enlace PtP.

Ubiquiti AirFiber 60 LR (Receptor)	1	500.00	500.00	Antena receptora para el enlace PtP.
Ubiquiti EdgeSwitch 8 con puertos SFP	1	300.00	300.00	Switch para distribuir a las sedes mediante fibra óptica.
Módulos SFP monomodo (Ubiquiti UFiber)	3	60.00	180.00	Un módulo SFP para cada conexión de fibra hacia las sedes.
Fibra óptica monomodo OS2	Según distancia	1.00/m	300.00	Estimado para 300 m de fibra, costo incluye conectores.
Ubiquiti UFiber Nano (Conversor)	3	150.00	450.00	Conversor de fibra a Ethernet en cada sede.
Ubiquiti UniFi Dream Router	3	250.00	750.00	Router/AP Wi-Fi para distribuir Internet en cada sede.
Herrajes y soportes para tendido aéreo	Según necesidad	50.00	150.00	Tensores, abrazaderas y soportes para fibra óptica.
Postes/Torres para antenas	2	150.00	300.00	Para la instalación de las antenas en Ciudad A y Ciudad B.

Cajas de distribución óptica	1	50.00	50.00	Caja para organizar las fibras en Ciudad B.
Herramientas de instalación	1 set	200.00	200.00	Incluye fusionadora, cortadora, peladora, etc., si no se subcontrata.

Fuentes posibles de Financiación

- **Municipalidad de Tournavista:** Apoyo financiero directo.
- **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC):** Subsidios para proyectos de conectividad rural.
- **ONGs:** Organizaciones interesadas en fomentar el desarrollo tecnológico en áreas rurales.

7 Referencias

Ubiquiti Networks. (2024). *Ubiquiti Network Management System*. Recuperado de

<https://www.ui.com>.

SolarWinds. (2024). *Herramientas de monitoreo de red*. Recuperado de

<https://www.solarwinds.com>.

Cisco. (2024). *Guía de diseño de redes locales*. Recuperado de <https://www.cisco.com>.

ITU. (2023). *Manual para proyectos de conectividad en zonas rurales*. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Google Earth. (2024). *Análisis de perfiles de elevación y distancia*. Recuperado de <https://earth.google.com>.

Kurose, J., & Ross, K. (2020). *Computer Networking: A Top-Down Approach* (8th ed.). Pearson.

Ubiquiti Networks. (2024). *Ubiquiti airMAX Configuration and Installation Guide*. Retrieved from www.ui.com.

Cisco Systems. (2023). *Packet Tracer Networking Basics*. Cisco Networking Academy.

Stallings, W. (2021). *Data and Computer Communications* (11th ed.). Pearson.

Speedtest. (2024). *Speedtest by Ookla*. Retrieved from www.speedtest.net.

Forouzan, B. A. (2007). *Data Communications and Networking*. McGraw-Hill.

Minoli, D. (2003). *Telecommunications Technology Handbook*. Artech House.

Cisco Systems. (2020). *Introduction to Networks: Companion Guide*. Cisco Press.

Ubiquiti Networks. (2020). *airLink* [Online Tool]. Available at: <https://airlink.ui.com>

Ubiquiti Networks. (2020). *Ubiquiti AirMAX Guide*. Ubiquiti Publications.

Google. (2020). *Google Earth* [Software]. Available at: <https://earth.google.com>

International Telecommunication Union (ITU). (2019). *Manual for Use of Radio Links*.

ITU Publications.

Cisco Networking Academy. (2020). *Packet Tracer Simulation Tool*. Cisco.